



ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ И УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ

ТАМБОВ 2004

**СЕКЦИЯ 3
SECTION 3**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА**

**AUTOMATED SYSTEMS OF HEAT
AND MASS TRANSFER PROCESSES SCIENTIFIC INVESTIGATIONS
AND DESIGN**

Л е к ц и и

М.Н. Гамрекели

Уральский государственный лесотехнический университет
(Екатеринбург)

**МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК
ГАЗОДИСПЕРСНОГО ФАКЕЛА В РАПЫЛИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ С ТЕПЛОПОДВОДОМ ОТ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СТЕНОК**

Этот процесс протекает при температурах стенки 500...1000 °С и достаточно сложен для экспериментальных исследований.

Автор адаптировал известные и предложил другие методики, которые могут обеспечить комплексное изучение процессов тепломассообмена в таких аппаратах. Дисперсность, плотность орошения объема камеры и скорости капель предварительно определяли в холодной модели из оргстекла.

1 Дисперсность распыливания

Пробы капель улавливали на предметные стекла размером 10×10 мм, покрытые тонким слоем (толщиной около 1 мм) смеси цилиндрических масел № 2 и 11 в пропорции 2:1. При выборе иммерсионной среды были приняты во внимание такие благоприятные ее свойства, как достаточно большая вязкость, в

результате чего предотвращалось слияние капель (при слишком большой вязкости происходит дополнительное дробление капель); меньшая плотность среды по сравнению с плотностью распыливаемой жидкости (чтобы капли могли утонуть в слое); среда была химически нейтральной и не смешивалась с жидкостью; она обладала небольшим поверхностным натяжением; капли контрастно выделялись на фоне иммерсионной среды, в то же время среда оставалась в достаточной мере оптически прозрачной; это позволяло проводить качественную фотосъемку в проходящем свете при минимальном времени экспозиции. В наших опытах применяли предметные органические стекла, которые плохо смачиваются, и поэтому капли не растекались.

При отборе капель предметные стекла, покрытые слоем масла, размещали в стержне механизма улавливания в специальных ячейках с шагом 30 мм. Стержень располагался по диаметру в поперечном сечении аппарата; одновременно он служил осью цилиндра со щелью. Поворотом цилиндра отсекали поток капель, предотвращая заливание предметных стекол жидкостью. Необходимое время улавливания устанавливали кратным времени цикла подачи (для отбора усредненных проб капель по всему циклу) и находили опытным путем по накоплению достаточного числа капель на предметном стекле. При каждом исследуемом режиме пробы капель отбирали не менее трех-четырех раз. Капли улавливали на расстоянии ~300 мм от сопла форсунки и фотографировали непосредственно на осциллографическую фотобумагу типа РО чувствительностью 700° с помощью биологического микроскопа МБС-1 и микрофотонасадки МФМ-8 с увеличением 35,3. Увеличенные на фотографии капли разбивали на восемь размерных групп и подсчитывали число капель. Затем рассчитывали средние поверхностный и объемно-поверхностный диаметры при числе капель 1500...3000.

2 Распределение распыленной жидкости в объеме аппарата

Плотность орошения поперечного сечения аппарата определяли на расстоянии 145, 245, 340, 450, 550 мм от среза сопла форсунки. В ячейках стержня, используемого для отбора капель, размещали мерные пробирки. Поворотом цилиндра отсекали поток распыленной жидкости. Такая конструкция пробоотборника имеет преимущество по сравнению с секторными накопителями [1], так как меньше влияет на траектории движения капель. Время накопления выбирали с таким расчетом, чтобы пробирки наполнялись не более, чем на 2/3 (для предотвращения выброса жидкости).

3 Скорости капель

Применяемый в исследовательской практике метод высокоскоростной киносъемки [2, 3] дает возможность фотографировать положение капель во времени и определять скорости их движения. Этот метод достаточно сложен и не позволяет фотографировать капли диаметром меньше 10 мкм, так как зернистость киноплёнки становилась соизмеримой с размером капель. Значительные трудности представляло также определение скорости капель, движущихся на разных расстояниях от оси факела. В то же время при расчетах распылительной сушки удобнее пользоваться не скоростью отдельных капель, а средней скоростью полидисперсной группы капель. Поэтому был выбран метод двух фотометрических датчиков, который с успехом использовался ранее для исследования скорости движения сухих частиц [4]. В нашем случае такая метка в виде периодически изменяющейся световой прозрачности потока в факеле распыла создавалась за счет циклического дозирования жидкости плунжерным насосом-дозатором. Закономерности скорости капель по длине факела распыленной воды определялись на «холодной» модели сушилки. В стенке модели на различном расстоянии от форсунки выполнены штуцеры для фотометрических датчиков. Частями фотометрического датчика являются трубка-световод с диаметром отверстия 3 мм и подсветка – электрическая лампочка накаливания. Проводились опыты для подбора двух фотоспротивлений с близкой инерционностью. Затем один из датчиков устанавливали непосредственно у среза сопла форсунки, другой – на задаваемом расстоянии. По смещению впадин фототока двух датчиков на осциллограммах определяли время прохождения каплями участка. По полученному графику времени перемещения капель строили график их скоростей.

4 Средства измерения температур процесса распылительной сушки и прокалики

Наиболее эффективным способом нагрева такого аппарата является пропускание электрического тока через его стенку, выполненную из жаростойкого и коррозионностойкого сплава ХН70Ю, обладающего высоким электрическим сопротивлением.

4.1 *Стабилизация температуры процесса.* Шины от низковольтного силового трансформатора ТУ-75А₃, по которым подводят ток к торцам трубы, крепятся на специальных токоподводящих плитах из нержавеющей стали. За счет переключения напряжения на высокой стороне обеспечивался ступенчатый подвод мощности непосредственно к аппарату в широком диапазоне от 1 до 54 кВт (всего 22 ступени). Максимальная сила тока в низковольтном контуре во время опытов достигла 8000 А.

В опытах заданная температура стенки аппарата автоматически поддерживалась за счет поддержания заданного расхода исходного раствора. Постоянство подводимой к аппарату электрической мощности на каждой ступени обеспечивалась за счет поддержания напряжения с помощью индуктивного регулятора в виде железного водоохлаждаемого балласта, перемещаемого в низковольтном контуре электрической цепи аппарата.

4.2 *Устройства для измерения температур стенки камеры.* Температуры регистрировали электронными потенциометрами-самописцами типа ЭПП-09МЗ. Температуру греющей стенки по высоте камеры 2 м измеряли девятью упруго прижимными с внешней стороны хромель-алюмелевыми термопарами. Такая конструкция термопары предотвращала обрыв спая при температурных изменениях длины трубы – корпуса сушилки и в то же время позволяла измерять температуру с достаточной точностью. Термопары предварительно тарировали (допускаемая погрешность образцовой термопары составляла $\pm 0,5$ °С).

Для оценки точности внешних прижимных термопар проводили контрольные замеры внутренней поверхности стенки специальной контактной термопарой, вставляемой в аппарат через радиальный штуцер. Наличие емкостных фильтров в схеме потенциометров исключали при измерении температур погрешность в результате действия электромагнитного поля в контуре аппарата.

4.3 *Методика измерения температурных полей в аппарате.* Изучение температурных полей и границ испарения факела распыленной жидкости проводили в стационарном режиме после полной стабилизации температур в аппарате.

Применение отсосных термопар [5] в зоне активного испарения факела, для которой характерны сложный профиль скоростей и температурная неоднородность, неприемлема, так как приводит к значительным искажениям температурных полей. Поэтому температуру среды в аппарате измеряли специальной термопарой, спай которой был экранирован пятью полированными экранами из жаростойкого сплава, в которых имелись отверстия для прохода к спаю измеряемой парогазовой среды. Экранная защита термопары характеризуется следующими данными: число экранов $n_э = 5$; длина каждого экрана $L_э = 100$ мм; толщина стенки экрана – 0,3 мм; диаметры экранов $D_{э1}, D_{э2} \dots D_{э5}$ – соответственно – 5, 8, 12, 15, 18 мм. Сферический спай, установленный в центре системы экранов, имеет диаметр $d_{сп} = 1,5$ мм. Перемещая термопару в координатном устройстве, проводили измерение в нужной точке по высоте и радиусу аппарата.

Была разработана методика оценки погрешности измерений экранированной термопарой температуры парогазовой среды [6]. Расчетная погрешность измерений экранированной термопарой по предложенной методике составляет 0,5...0,8 %.

5 Определение границ испарения факела распыленной жидкости

В основу методики определения контура факела по границам его полного испарения были положены экспериментально установленные автором представления о том, что сухие частички солей жесткости, растворенных в воде, не образуют устойчивого налета на горячей металлической поверхности, в то время как влажные частички солей присыхают к ней. Налета не наблюдается и тогда, когда металлическая поверхность хорошо орошается каплями воды, в результате чего образуется пленка, защищающая поверхность стержня от налета и окисления. Границы испарения факела распыленной воды определяли с помощью пробного зачищенного до блеска полого стержня диаметром 5 мм из нержавеющей стали, который устанавливали через штуцер поперек факела в диаметральной сечении аппарата. Внутри стержня находилась термопара, измеряющая температуру его поверхности. После полной стабилизации процесса стержень вводился последовательно во все штуцеры в сечениях по высоте аппарата, уровни расположения которых и прижимных термопар совпадали. На поверхности стержня наблюдались три

характерных участка: блестящий участок металла без налета (ядро факела диаметром с наиболее плотным орошением), второй участок с налетом солей жесткости и третий участок окисленной поверхности стержня без налета. Ось симметрии этих участков совпадала с осью факела распыла.

После извлечения пробного стержня из аппарата измеряли длину характерных участков отложения солей жесткости. Перемещая пробный стержень из одного сечения аппарата в другое, определяли контур границ испарения факела.

Таким образом, благодаря применению рассмотренного комплекса методик удалось экспериментально оценить характеристики факела распыла, его поперечные границы, дальноточность (длину зоны испарения) и температурные поля в широком диапазоне удельных расходов распыливаемого воздуха и температур процесса.

Список литературы

- 1 Витман Л.А. Распыливание жидкости форсунками / Л.А. Витман, Б.Д. Кацнельсон, И.И. Палеев; Под ред. С.С. Кутателадзе. М. – Л.: ГЭИ, 1962.
- 2 Manning W.P. and Gauvin W.H. A.I.Ch.E. Journal. Vol. 6, N 2, 1960.
- 3 York J.L. and Stubbs H.E. Trans. Am. Soc. Mech. Engrs., Vol. 74, 1157, 1952.
- 4 Фефелов А.И. и Костромин Л.А. // Заводская лаборатория. 1957. II.
- 5 Calcination of Radioactive Wastes. Brit. Chem. Engng., Vol. 8, N 10, 1963.
- 6 Гамрекели М.Н. Оценка погрешности измерений экранированной термопарой в распылительном сушильно-прокалочном аппарате / М.Н. Гамрекели // Тр. ун-та / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2002. Вып. 2. С. 101 – 106.

*И.Г. Коршунов, С.Г. Талуц, В.И. Горбатов,
А.А. Старостин, А.А. Уймин,
Н.А. Черепанов, Ю.В. Глаголева*

Уральская государственная горно-геологическая академия
Институт теплофизики УрО РАН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЛН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ*

Повышенный интерес к исследованиям теплофизических свойств твердых тел при высоких температурах и давлениях стал проявляться в середине двадцатого века, когда дальнейшее развитие металлургии, авиации, космонавтики, энергетики и других отраслей машиностроения требовало создания новых конструкционных материалов, способных работать в условиях высоких температур и давлений. Измерение теплофизических свойств веществ в указанных случаях целесообразно проводить с использованием нестационарных методов измерения. В 60 гг. XX столетия основатель нашего научного коллектива В.Е. Зиновьев использовал для высокотемпературных измерений температуропроводности переходных металлов нестационарный метод плоских температурных волн, который был реализован с помощью методики, предложенной О.А. Краевым и А.А. Стельмах. Эти работы, а также работы других авторов, в частности Л.П. Филиппова, указывали на большую перспективу применения метода температурных волн для высокотемпературных теплофизических исследований.

Действительно, дальнейшее совершенствование и модернизация метода плоских температурных волн позволило нам разработать и создать несколько оригинальных измерительных комплексов, предназначенных для определения теплофизических свойств металлов, сплавов, диэлектриков, композиционных материалов при высоких температурах и давлениях. В качестве источников температурных волн были использованы модулированные потоки электронов, протонов и модулированное излучение лазеров. Высокие давления создаются с помощью наковален Бриджмена. Аппаратура позволяет выполнять измерения теплофизических свойств веществ от 300 до 3000 К при темпах нагрева до 1000 К/с как в твердом, так и в жидком состоянии на образцах в форме пластин толщиной от 0,05 мм до 2 мм.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 03-02-16371-а)

В последние годы в нашем научном коллективе разработан и создан новый автоматизированный измерительный комплекс на базе метода температурных волн, в котором параметры переменного температурного поля на поверхности образца определяются принципиально новым способом, основанном на изменении поляризации зондирующего образец лазерного луча. Этот комплекс представляет собой теплофизический микроскоп, так как позволяет изучать пространственное распределение теплофизических свойств в образце с локальностью 100 мкм в диапазоне температур 80...300 К. Его применение позволило нам, например, обнаружить анизотропию температуропроводности металлов и сплавов с суб-микро- и нанокристаллической структурой, полученной методом деформации сдвигом под давлением, а также измерить температуропроводность контактных зон биметаллов, изготовленных высокоэнергетическим ударным нагружением металлов контактных пар.

Предложенный нами способ определения параметров температурного поля с помощью зондирующего лазерного излучения имеет большую перспективу, так как открывает новые широкие возможности использования метода температурных волн для создания принципиально новых высокоэффективных методов измерения теплофизических свойств твердых тел, как при низких, так и при высоких температурах.

О.В. Семенович

Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ И УЗЛАХ,
ИМЕЮЩИХ СЛОЖНУЮ СТРУКТУРУ**

Одним из основных факторов, влияющих на ресурс, надежность и работоспособность подвергаемых нагреву деталей и узлов является их температурный режим. Этим объясняется актуальность для различных областей машиностроения и техники задач моделирования температурных полей в элементах конструкций. Следует отметить, что исследуемые объекты имеют, как правило, сложную пространственную конфигурацию и внутреннюю структуру: состоят из материалов, имеющих существенно различные теплофизические свойства; могут содержать внутренние источники тепла.

Для решения таких задач широко применяется метод конечных элементов (МКЭ). Существует достаточно много пакетов программ, реализующих МКЭ. Однако следует заметить, что во многих из них используются линейные элементы. Это влечет за собой ряд негативных обстоятельств, которые фактически блокируют основные преимущества МКЭ. Реальные границы расчетной области искажаются. Еще более существенно то, что применение линейных функций формы эквивалентно предположению о линейности градиентов искомой функции. Использование нелинейных (квадратичных, кубических) функций формы устраняет эти недостатки и позволяет получать более точное решение при меньших затратах компьютерных ресурсов. Но при этом требуются более сложные алгоритмы нодализации (построения сетки расчетных узлов). В докладе будет представлен такой алгоритм, предложенный автором и реализованный в разработанном им программном комплексе (ПК). Рассматриваемый ПК позволяет решать стационарные и нестационарные задачи теплопроводности. На внутренних границах конструктивных элементов исследуемого объекта может быть учтено термическое сопротивление на поверхностях контакта. На внешних границах задаются граничные условия 1-го или 3-го рода. При задании граничных условий 3-го рода предполагается, что величина коэффициента теплоотдачи может быть представлена суммой двух слагаемых: конвективной и радиационной составляющих. Дискретные аналоги задач строятся с помощью метода конечных элементов в вариационной формулировке [1–3].

Для дискретизации расчетной области применяются двумерные (четырёхугольные) и трехмерные (семейство шестигранных призм) серендиповы элементы: линейные, квадратичные и кубические [1–3]. Эти семейства элементов выбраны потому, что по сравнению с разбиением на элементы в форме тетраэдров (в двумерном случае – треугольников) удается существенно уменьшить число узлов и, следовательно, количество уравнений в решаемой системе, а также обеспечивается большая наглядность расчетной сетки. В

явном виде функции формы для всех указанных элементов приведены в работе [1]. В зависимости от конфигурации исследуемого тела и его составных элементов могут использоваться как изопараметрические, так и субпараметрические элементы. Дискретизация исследуемой области на элементы проводится в два этапа: 1) выделяются макроэлементы; 2) макроэлементы разбиваются на конечные элементы. Разбиение на макроэлементы осуществляется пользователем. Дискретизация макроэлементов выполняется соответствующими программами ПК. При этом учитываются теплофизические свойства макроэлементов, наличие источников тепла, характер тепловыделения.

После того, как завершена процедура дискретизации, с целью минимизации профиля матрицы решаемой системы выполняется перенумерация элементов и узлов. Для этого применяются алгоритмы, рекомендованные в монографии [4]. Особо заметим, что минимизируется не ширина ленты, а именно профиль матрицы. Это объясняется тем, что в процессе решения применяется метод LDL^T -факторизации, использующий для хранения матриц профильную схему (во многом схожую с рассмотренной авторами [5]). Известно, что матрицы системы всегда разреженные. Важно учитывать данное обстоятельство, так как в результате удастся существенно снизить количество требуемых памяти и процессорного времени. В сравнении с методами, использующими ленточные схемы хранения, памяти необходимо меньше на треть (в зависимости от конфигурации объекта эта оценка может несколько варьироваться). Выигрыш же в процессорном времени, по сравнению с гауссовскими процедурами, составляет 20–25 раз. Это опровергает высказываемое в солидных изданиях, например – [6], но, тем не менее, ошибочное мнение о том, что разреженность матриц учитывать не целесообразно.

Даже в случае, когда можно пренебречь зависимостью теплофизических свойств и характера тепловыделения от температуры, граничные условия и, следовательно, глобальные матрицы теплоемкости и теплопроводности и вектор тепловой нагрузки от температуры зависят. Поэтому на каждом шаге по времени применяется итерационная процедура. В рассматриваемом ПК реализовано несколько итерационных методов. Предпочтение тому или иному отдается исходя из специфики задачи. Для решения нестационарной задачи во времени по выбору пользователя может применяться либо неявный метод переменных направлений (схема Дугласа-Гана) [7, 8], либо неявный метод дробных шагов (метод расщепления) [9].

Чтобы убедиться в точности пространственной дискретизации, используется прием, основанный на известном факте [2, 3]: увеличение порядка аппроксимации более эффективно, чем уменьшение пространственного шага вдвое. Вычисления проводятся с использованием (для аппроксимации температурного поля) квадратичных элементов. По достижении сходимости, выполняется пересчет (полученное решение служит нулевым приближением) на сетке кубичных элементов. Если новый результат совпадает, в пределах требуемой точности, с предыдущим – более детальная дискретизация не требуется. В противном случае, элементы, для которых необходимо дальнейшая детализация, разбиваются, узлы и элементы перенумеровываются, и расчет повторяется. Элементы, содержащие точки, в которых отмечено расхождение результатов, заменяются девятью (в случае двумерной расчетной области) или двадцатью семью (для трехмерной) новыми элементами. Смежные с их вершинами и/или ребрами (вершинами и/или ребрами, и/или гранями) элементы также разбиваются на более мелкие. При этом учитывается очевидный факт, что треугольник можно рассматривать как четырехугольник, две из сторон которого являются продолжающимися друг друга отрезками одной и той же линии. Такая процедура позволяет локализовать подвергающуюся дискретизации подобласть.

Список литературы

- 1 Семенович О.В. Расчет температурных полей в интегральных микросхемах. Математическая модель процессов теплообмена и методика расчета / О.В. Семенович. Минск, 1997. 45 с. (Препринт / НАН Беларуси. Ин-т проблем энергетики; ИПЭ-28).
- 2 Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. М.: Мир, 1981. 304 с.
- 3 Зенкевич О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич, К. Морган. М.: Мир, 1986. – 318 с.
- 4 Писсанецки С. Технология разреженных матриц / С. Писсанецки. М.: Мир, 1988. 410 с.
- 5 Джордж А. Численное решение больших разреженных систем уравнений / А. Джордж, Дж. Лю. М.: Мир, 1984. 333 с.
- 6 Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И. Мяченков, В.П. Мальцев, В.П. Майборода и др.; Под общ. ред. В.И. Мяченкова. М.: Машиностроение, 1989. 520 с.

7 Андерсон Д. Вычислительная гидродинамика и теплообмен: В 2-х т. / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер Пер. с англ. М.: Мир, 1990. Т. 1. 384 с.

8 Douglas J., Gunn J.E. A General Formulation of Alternating Direction Methods – Part I. Parabolic and Hyperbolic Problems. Numerische Mathematik. 1964. Vol. 6. P. 428 – 453.

9 Яненко Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики / Н.Н. Яненко. Новосибирск: Наука, 1967. 217 с.

Доклады

А.А. Балашов, Ю.Л. Муромцев, Н.Ф. Майникова

Тамбовский государственный технический университет

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Информационно-измерительная система (ИИС) теплофизического контроля предназначена для осуществления способов неразрушающего определения теплофизических характеристик (ТФХ) твердых материалов и контроля структурных превращений в полимерных материалах [1]. ИИС (рис. 1) включает в себя сменные измерительные зонды (ИЗ), блок усилителей, измерительно-вычислительное устройство (ИВУ), персональный компьютер (ПК), периферийные устройства (ПУ) и программное обеспечение (ПО).

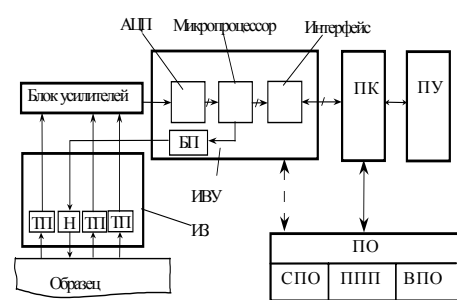


Рис. 1 Структурная схема ИИС

ИЗ состоит из круглого плоского нагревателя (Н), встроенного в подложку зонда, и трех термоэлектрических преобразователей (ТП).

ИВУ включает в себя блок питания (БП) и микропроцессорное устройство, выполненное на базе одноплатной системы Zila-1000.

ИВУ реализует алгоритмы определения теплофизических характеристик и контроля температурно-временных параметров структурных превращений в полимерных материалах, ведет управление режимами эксперимента, осуществляет передачу необходимой информации в ПК.

Ядром ИВУ является 16-битный микроконтроллер P80CL580 с тактовой частотой 11 МГц. Память микроконтроллера разбита на три части:

1) оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), предназначенное для записи программ контроля при проведении отладки алгоритмов определения ТФХ материалов и контроля температурно-временных параметров структурных превращений в полимерах, хранения экспериментальных данных и переменных;

2) перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), в которое записывается откорректированная и окончательно проверенная программа;

3) постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с операционной системой контроллера, под управлением которой осуществляется работа микропроцессорного устройства.

В состав ИВУ также входят: 12-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на 16 каналов, имеющий защиту от входных перегрузок, жидкокристаллический индикатор (4×20), клавишная клавиатура (4×4), блок управления нагревом, последовательный интерфейс RS 232 для связи с ПК, параллельный интерфейс Centronics.

В качестве ПК используется IBM-совместимый компьютер.

К периферийным устройствам системы относятся дополнительные средства вывода (принтеры, графопостроители, дисплеи), внешние накопители и т.п.

Программная часть ИИС классифицируется на системное, прикладное и технологическое (вспомогательное) обеспечения.

Системное программное обеспечение (СПО) осуществляет управление работой ИИС и представлено следующим комплексом программ.

1 Программа Dani 52. Загружается в ПК, входящий в состав ИИС. Программа выполняет функции редактора текстов программ для устройства Zila-1000, их синтаксической проверки, преобразования и загрузки в ОЗУ микроконтроллера. Терминальный модуль программы Dani 52 обеспечивает взаимодействие пользователя с микропроцессорным устройством, позволяя управлять его работой и отображать результаты при выполнении загруженной программы.

2 Операционная система и интерпретатор Zila-Basic записаны в ПЗУ. Под управлением операционной системы осуществляется работа микропроцессорного устройства. Интерпретатор Zila-Basic (модифицированный Intel-Basic) производит последовательную обработку и выполнение инструкций программы, загруженной в ОЗУ или записанной в ППЗУ. Кроме стандартных операторов, функций и ключевых слов, составляющих ядро языка программирования Basic, интерпретатор Zila-Basic предоставляет разработчику дополнительный набор команд и переменных для управления специализированными системными устройствами (таймером, аналоговыми, цифровыми, релейными портами, устройствами ввода-вывода, памятью и т.д.).

3 Внешние коммуникационные программы функционируют в ПК и служат для организации обмена данными между ПК и ИВУ, расширяя возможности программной оболочки Dani 52. К числу таких программ относится модуль Hyper Terminal из дистрибутивного комплекса Windows 95/98, обеспечивающий настройку параметров соединения ПК и ИВУ посредством последовательного интерфейса, передачу управляющих команд в ИВУ, прием результатов измерений в виде большого массива данных и запись полученной информации на диск.

Для реализации алгоритмов контроля разработан пакет прикладных программ (ППП) для ИВУ и ПК, составляющих прикладное ПО ИИС, которое представляется совокупностью следующих программных модулей определенного функционального назначения [2–5].

1 Интерфейсная программная часть формирует многоуровневое меню, обеспечивающее удобное и эффективное взаимодействие оператора с ИИС, включая выбор различных режимов работы, а также управляет другими модулями прикладного ПО.

2 Программные модули измерения тепловой информации обеспечивают снятие термограмм нагрева, а также фиксирование начального распределения температуры в исследуемом теле.

3 Модуль проведения градуировки.

4 Программные модули начального расчета текущих значений ТФХ (теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости, тепловой активности) и соответствующих значений температуры изделия, времен, а также дисперсий параметров моделей.

5 Модуль взаимодействия ИВУ с ПК осуществляет передачу сигналов (результатов измерений и команд управления) между ними.

6 Модуль ввода-вывода позволяет выполнять ввод исходных данных с клавиатуры ИВУ или ПК, а также вывод на дисплей результатов измерения тепловой информации.

Вспомогательное ПО (ВПО) состоит из программ тестирования, организации обработки и хранения измерительной информации на ПК. В ходе проектирования ИИС, включая разработку ее аппаратных средств, алгоритмического и программного обеспечений, были использованы современные пакеты программ Microsoft Excel, Maple, Advanced Grapher, Borland Delphi, что позволило проводить эффективный и детальный анализ системы на всех этапах ее создания.

Список литературы

1 Многомодельный метод неразрушающего теплофизического контроля структурных превращений в полимерных материалах / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, Ю.Л. Муромцев, А.С. Чех // Вестник ТГТУ. 2003. Т. 9, № 2. Рубрика 01. Препринт № 07. 36 с.

2 Регистрация аномалий тепловой активности материалов: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, А.А. Балашов, А.С. Чех (Тамб. гос. техн. ун-т). № 2003610932; заявлено 26.02.03; зарегистрировано 16.04.03.

3 Определение тепловой активности: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, А.А. Балашов, А.С. Чех (Тамб. гос. техн. ун-т). - № 2003610580; заявлено 8.01.03; зарегистрировано 6.03.03.

4 Определение ТФХ: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, Ю.Л. Муромцев, А.С. Чех (Тамб. гос. техн. ун-т). № 2003610931; заявлено 26.02.03; зарегистрировано 16.04.03.

5 Регистрация аномалий ТФХ: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, Ю.Л. Муромцев, А.С. Чех (Тамб. гос. техн. ун-т). № 2003611204; заявлено 31.03.03; зарегистрировано 23.05.03.

*О.С. Дмитриев, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев,
И.С. Касатонов*

Тамбовский государственный технический университет

ПРОГРАММНОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Качественные показатели изделий из полимерных композитов на основе связующих горячего отверждения во многом определяются однородностью температурно-конверсионного поля в некоторых пределах и отсутствием превышения температуры начала термической деструкции связующего на стадии отверждения. Этого можно достичь путем задания температурно-временного режима специального вида на поверхности изделия. Наиболее полно проблема расчета и выбора режимов решается путем комплексного применения методов математического моделирования, автоматизированного проектирования, оптимизации, контроля и управления. Разрабатываемая система должна иметь единую информационную и техническую базу, т.е. построена по принципу интеграции автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) и систем автоматизированного проектирования (САПР), составляющих интегрированную информационно-измерительную систему (ИИС).

Для определения параметров математической модели процесса отверждения разработан ряд методов. В качестве метода определения теплофизических характеристик композитов $C(T, \square, \square)$, $\square(T, \square, \square)$ в зависимости от температуры T , степени отверждения \square и содержания связующего \square , а также мощности тепловыделений $W(t)$ и полного теплового эффекта Q_p использован метод интегральных характеристик, при помощи которого получены расчетные формулы и алгоритмы обработки опытных данных, составляющие ядро математического обеспечения АСНИ. Кинетические параметры, т.е. энергия активации процесса отверждения $E(\square)$ и кинетическая функция $\varphi(\square)$, входящие в уравнение кинетики, определяются методом равных конверсий по мощности тепловыделений $W(t)$, измеренной при отверждении двух или более образцов, нагреваемых по различным температурно-временным режимам $T_{cp}(t)$. По изменению толщины $L(t)$ отверждаемого образца при вытекании связующего определяются реологические параметры: энергия активации E_{\square} и эффективная вязкость $\square(\square)$.

Исследованные параметры математической модели являются основой для проектирования процесса отверждения, т.е. поиска температурно-временного режима на поверхностях изделия, соответствующего исследованным свойствам исходного материала, доставляющего минимум критерию оптимальности при выполнении связей в виде математических моделей, соответствующих рассматриваемому методу формования изделий, а также ограничениях, налагаемых на процесс отверждения и формирующих качество изделия. Алгоритмы решения оптимизационных задач составляют ядро математического обеспечения САПР.

Основу математического обеспечения интегрированной ИИС составляют: математические модели процесса отверждения, методы определения параметров математических моделей, метод определения диэлектрических характеристик, метод определения функций взаимосвязи кинетических и диэлектрических параметров исследуемого материала. Для реализации математического обеспечения в виде алгоритмов обработки измерительной информации предназначено алгоритмическое обеспечение ИИС процесса отверждения композитов. На основе алгоритмического обеспечения ИИС разработана и создана прикладная часть программного обеспечения.

Программное обеспечение ИИС процесса отверждения композитов состоит из двух основных частей: системного программного обеспечения (ПО) и прикладного ПО.

Системное ПО включает в себя операционную систему. Прикладное ПО представляет собой совокупность программных модулей, выполняющих операции над данными: получение, хранение и обработку. По комплексу решаемых задач все прикладное ПО обеспечение подразделяется на следующие модули:

1) экспериментальные – служат для получения исходной информации об эксперименте, управления проведением эксперимента и сбора экспериментальной информации;

2) коррекции экспериментальных данных – обеспечивают расчет необходимых поправок и устраняют систематические погрешности исходных данных;

3) расчетные (модули основной обработки) – решают задачи определения теплофизических, кинетических, реологических и диэлектрических характеристик на основе информации, полученной экспериментальными модулями, а также определяют функции взаимосвязи кинетических и диэлектрических характеристик и выполняют расчет оптимальных режимов отверждения изделий из композитов;

4) ведения базы данных – получает информацию от управляющего модуля и запоминает ее в базе данных, передает информацию из базы данных в управляющий модуль по его запросу;

5) вывода информации – осуществляет представление информации, получаемой от управляющего модуля в виде удобном оператору ПЭВМ (таблицы или графики);

6) управляющий – производит распределение потоков данных от экспериментальных, расчетных модулей, модулей коррекции и вывода в модуль ведения базы данных и обратно путем осуществления необходимых запросов; передает управление описанным выше модулям в соответствии с алгоритмом функционирования и требованиями пользователя ИИС.

Для эффективной работы подсистемы ИИС процесса отверждения композитов программное обеспечение работает в режиме диалога с экспериментатором, позволяющее пользователю в интерактивном режиме управлять расчетами и экспериментом.

В.А. Дунаев, А.Л. Ганюшин, Р.А. Скачков

Тульский государственный университет

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ДОГОРАЮЩЕЙ СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУЕ С УЧЕТОМ КИНЕТИКИ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

Рассматривается система компьютерного моделирования турбулентных потоков многокомпонентных химически реагирующих смесей газов, построенная на основе численного решения общих уравнений газовой динамики и химической кинетики.

Создание современных технических устройств в энергомашиностроении требует детального рассмотрения происходящих физико-химических процессов. В частности, это проблемы взаимодействия

двигательных установок и функциональных блоков, сопряженных с ними и испытывающих воздействие истекающих струй с догоранием, когда скорости химических реакций соизмеримы с характерными временами газодинамических процессов. В настоящее время не существует общей теории, описывающей закономерности протекания процессов в турбулентных потоках многокомпонентных, химически реагирующих смесей газов. Это приводит к тому, что разработчикам часто приходится сталкиваться с неразрешимыми трудностями, возникающими в силу ограниченности полуэмпирических расчетных методов. Однако в последнее время, в связи с появлением мощных компьютерных средств, а также с выходом в свет кинетических систем, содержащих сотни, а в иных случаях и тысячи химических реакций, становится возможным создание более точных моделей процесса.

Одним из путей решения рассматриваемой проблемы является математическое моделирование указанных процессов и использование для научных исследований явлений тепло- и массопереноса метода вычислительного эксперимента. Высокая достоверность численного анализа здесь обеспечивается за счет использования сложных математических моделей исследуемых процессов, максимально приближенных к реальным условиям. Такой выбор подразумевает правильный учёт возможностей вычислительной математики и вычислительной техники для обеспечения приемлемого компромисса между требованиями высокой точности, степени универсальности, малой трудоемкости подготовительных и вычислительных процедур.

В основу математической модели разработанной системы компьютерного моделирования положены уравнения движения многокомпонентного химически реагирующего газа в форме Рейнольдса, дополненные соответствующими уравнениями химической кинетики. Свойства переноса определяются на основе двухпараметрической k - ϵ модели турбулентности. Численный метод интегрирования системы уравнений газодинамики и химической кинетики основан на методе расщепления по физическим процессам. На первом этапе система уравнений, описывающая работу сил давления и конвективный перенос, решалась методом метод крупных частиц, который реализуется на прямоугольной сетке с использованием подхода метода конечных элементов к дискретизации пространства. На втором этапе рассчитывались химические реакции. На третьем этапе решается задача турбулентности (рассчитываются диссипативные слагаемые – турбулентный перенос массы, импульса и энергии).

Для описания химического процесса используется общая математическая модель, пригодная для расчета течений, химические превращения в которых могут описываться различными кинетическими моделями. Численное интегрирование системы уравнений химической кинетики осуществляется методом Гира, обеспечивающим малые затраты времени при решении жестких систем дифференциальных уравнений.

Расчет рассматриваемых физико-химических процессов, требующих высокой пространственной и временной детализации, а также учета большого количества химических реакций, идущих в данной среде, приводит к значительным временам численного решения. Для решения задач подобного рода, при сохранении математической модели в исходном виде, требуются очень мощные ЭВМ. Для применение таких алгоритмов и реализации вычислительного эксперимента в инженерной практике необходимо ускорение численных процедур. В разработанном программном комплексе введен ряд механизмов, направленных на снижение требуемых вычислительных ресурсов, применение которых позволяет оптимизировать работу программы с учетом заданной точности и текущих параметров моделируемого процесса. В связи с тем, что в рассматриваемых потоках имеют место скачки, а химические реакции могут протекать в относительно тонких зонах, численный метод реализован на динамически адаптивной разностной сетке с применением локального однородного измельчения ячеек в зонах высоких градиентов параметров процесса. Введено регулирование величины расчетной погрешности при решении системы уравнений химической кинетики в зависимости от интенсивности протекания процесса и степени удаленности химического состава от равновесного состояния.

Выполнено многостороннее тестирование указанных алгоритмов. Важность и сложность тестирования определяется реализацией в программе совокупности взаимосвязанных процессов – газодинамических и химических. Поэтому тестированию уделено особое внимание. Проведенные тесты можно подразделить на несколько групп: внутренние тесты элементов разностных схем и их программной реализации; тесты точности моделирования отдельных процессов из рассматриваемой совокупности (отдельное тестирование газодинамических и химических процессов); тестирование точности моделирования наиболее общих случаев протекания процессов.

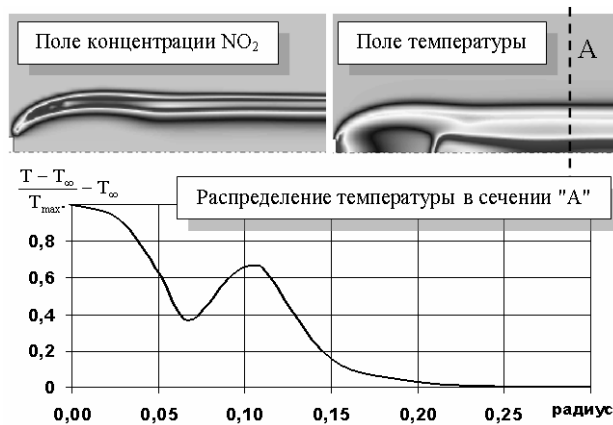


Рис. 1 Результаты численного моделирования догорания струи продуктов сгорания твердого топлива при стационарном истечении

На рис. 1 представлены некоторые результаты расчета стационарного сверхзвукового осесимметричного истечения в атмосферу струи продуктов сгорания твердого топлива. Определено изменение концентрации компонентов потока и повышение температуры на границе струи при догорании в атмосферном кислороде.

С.Н. Ерохин, В.И. Ляшков

Тамбовский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА АДОРБЦИОННОГО АППАРАТА

При конструировании аппаратов, поочередно поглощающих, а затем выделяющих углекислый газ в системах жизнеобеспечения автономных объектов, представляет большой интерес расчет нестационарного температурного поля в системе, составленной из греющей (или охлаждаемой) пластины и засыпки адсорбента. Конструктивное выполнение этого элемента может быть как самым простым, так и более сложным, когда для увеличения скорости и интенсивности прогрева на греющей пластине выполняются специальные ребра или симметрично расположенные конические шипы (см. рис. 1).

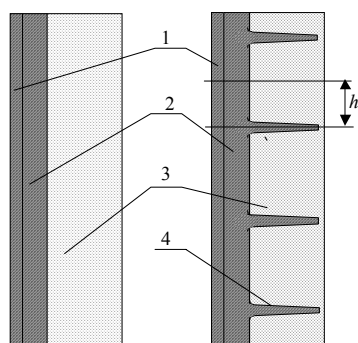


Рис. 1 Формы пластин

1 – электронагреватель; 2 –
пластина алюминиевая; 3 –
поглотитель;
4 – ребро (или шип)

Задачей проведенного исследования было сравнить распределение температуры по толщине слоя адсорбента в приведенных конструкциях при прочих равных условиях, а также подобрать такое расстояние между ребрами, при котором зона с минимальной температурой в конце прогрева будет занимать наименьший объем.

Расчеты нестационарной теплопроводности, выполня-

лись с помощью пакета Elcut распространяемого фирмой «Тор»

г. Санкт Петербурга [1] на коммерческих условиях при существенных скидках для высших учебных заведений. Для заданной геомет-

рии, начальных и граничных условий задача решается там методом конечных элементов, причем шаг разбивки сечения выбирается автоматически в зависимости от требуемой точности решения (примерный расчет, обычный расчет, прецизионный расчет). Разработанный на основе Delfi 6 пакет очень удобен и прост для использования. Теплофизические свойства блоков (так называют в этом пакете отдельные тела, составляющие тепловую систему) задаются в диалоговом режиме с помощью специальных меню со строками ввода. Аналогично вводятся начальные условия для каждого блока и граничные условия для каждой грани (так называют в этом пакете поверхности соприкосновения тел системы друг с другом или с окружающей средой). В специальном окне формулируется тип задачи и пределы интегрирования по времени с указанием шага интегрирования по времени и шага сохранения результатов расчета. Результаты расчета могут быть выведены в числовой, табличной форме, графически в виде графика зависимости температуры для любой точки или в форме плоского температурного поля для всей системы тел.

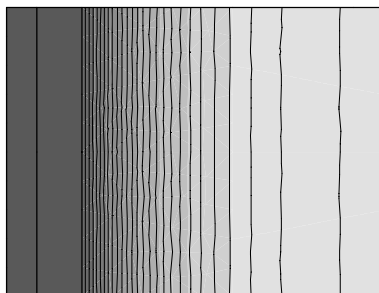


Рис. 2 Температурное поле при плоской пластине
самое светлое поле имеет $t = 23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$,
а самое темное – температуру $t = 284,4\text{ }^{\circ}\text{C}$

Далее на рисунках приведены результаты серии расчетов для системы тел с плоским и ребристым основанием. Показаны температурные поля через 30 мин. после начала прогрева с нанесенными через каждые $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ изотермами. Расчеты проведены для электронагревателя с размерами $250 \times 250 \times 4\text{ мм}$ и мощностью $N_{\text{эл}} = 50\text{ Вт}$ (при этом удельная мощность тепловыделения нагревателя $q = N_{\text{эл}}/V$ получается равной $160\,000\text{ Вт/м}^3$). Толщина алюминиевой пластины 6 мм , толщина слоя адсорбента 40 мм . Толщина ребра в основании 5 мм , на конце – 3 мм . Начальная температура всех тел $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. На наружной поверхности адсорбента реализуются ГУ-3 с коэффициентом теплоотдачи $\alpha = 20\text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ при температуре окружающей среды $t_{\text{ср}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В месте соприкосновения адсорбента с алюминиевой пластиной (как и в плоскости соприкосновения электронагревателя с этой пластиной) принимается абсолютный тепловой контакт. Наружная поверхность электронагревателя хорошо теплоизолирована и здесь реализуются ГУ-4 при $q_{\text{пов}} = 0$. В силу симметрии для расчетов удобно выделить только часть исследуемой стенки высотой h , при этом в соответствующих плоскостях симметрии будут иметь место такие же ГУ-4 при $q_{\text{симм}} = 0$.

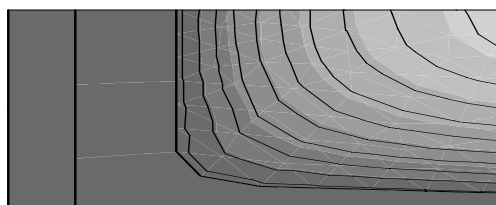


Рис. 3 Температурное поле оребренной пластины при $h = 56\text{ мм}$
самое светлое поле имеет $t = 31,8\text{ }^{\circ}\text{C}$,
самое темное – температуру $t = 148,4\text{ }^{\circ}\text{C}$

Проведенные расчеты на численных примерах показали, что оребрение теплопередающей поверхности приводит к более интенсивному разогреву слоя. За тот же промежуток времени достигаются более высокие средние температуры, более равномерный прогрев слоя, уменьшаются температурные градиенты. Уменьшение расстояния между ребрами способствует значительному увеличению отмеченных эффектов, при этом в силу увеличения оттока тепла от греющей поверхности температура ее заметно

уменьшается, что особенно важно, если учитывать, что при очень высоких температурах в этом месте возможно спекание адсорбента.

Список литературы

- 1 ELCUT. Руководство пользователя. СПб., 200. 185 с.

И.Л. Коробова, А.И. Караваев

Тамбовский государственный технический университет

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проектировщик пользуется средствами САПР для выполнения конкретной проектной процедуры или получения сведений, необходимых для принятия обоснованных решений. Эти функции не могут быть выполнены без специального программного и информационного обеспечений. Их основу составляют системы управления базами данных (СУБД) и функционирующие в их среде базы данных (БД).

Приложения баз данных в Delphi не имеют прямого доступа к используемым ими источникам данных, и не могут непосредственно оперировать файлами баз данных, они работают через один из процессоров баз данных, примером которого может служить Borland Database Engine. Он обеспечивает прямой доступ к ряду источников данных, и может взаимодействовать с набором драйверов, предоставляющих доступ к локальным, удалённым SQL серверам, например Interbas, который обеспечивает работу приложений клиент-сервер. Основной принцип такой архитектуры: большой объём данных хранится на центральном компьютере, с клиентского компьютера посылается запрос, центральный компьютер работает с данными, обрабатывает этот запрос и пересылает клиенту только нужную ему информацию.

САПР процесса термообработки текстильных изделий технического назначения включает несколько БД.

БД готовых проектов представляет собой стандартную БД, содержащую сведения об уже разработанных проектах представляет собой следующую таблицу (табл. 1):

1 Проекты

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения проекта	String[12]	Первичный
Название проекта	String[50]	
Код обозначения материала	String[20]	Внешний
Код обозначения оборудования	String[20]	Внешний

Эта база данных позволяет избежать потерь времени на разработку проекта, в случае если он уже когда-либо разрабатывался. После разработки проект заносится в БД готовых проектов.

БД экспериментальных данных содержит информацию, описывающую эксперимент, а БД входных и выходных данных содержит информацию необходимую для обучения нейронных сетей, в виде множества записей «вход-выход» (табл. 2, 3).

2 Экспериментальные данные

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения эксперимента	String[20]	Первичный
Описание эксперимента	String[50]	
Код обозначения проекта	String[12]	Внешний

3 Входные и выходные данные

Название поля	Тип	Ключ
Номер	integer	Первичный
Температура, T1	float	
Время, t1	float	
Натяжение, tau1	float	
Температура, T2	float	
Время, t2	float	
Натяжение, tau2	float	
Показатель, Rту	float	
Показатель, Радг	float	
Показатель, Рраз	float	
Показатель, Рудл1	float	
Показатель, Рудл2	float	
Показатель, Рудл.раз	float	
Код обозначения проекта	String[20]	Внешний

БД нейронная сеть содержит данные, характеризующие нейросеть – описание, количество нейронов в скрытом слое, а БД коэффициенты нейронной сети параметры «обученных» нейронных сетей, которые необходимы для этапов прогнозирования и оптимизации (табл. 4, 5).

БД материалов содержит информацию об обрабатываемом материале, его теплофизических свойствах (табл. 6).

4 Нейронная сеть

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения нейросети	String[20]	Первичный
Описание нейронной сети	String[50]	
Кол-во нейронов в слое для Rту	float	
Кол-во нейронов в слое для Радг	float	
Кол-во нейронов в слое для Рраз	float	
Кол-во нейронов в слое для Рудл1	float	
Кол-во нейронов в слое для Рудл2	float	
Кол-во нейронов в слое для Рудл.раз	float	
Код обозначения проекта	String[12]	Внешний

5 Коэффициенты нейронной сети

Название поля	Тип	Ключ
hi(i=1,13)	float	
Код обозначения сети	String[20]	Внешний

6 Материалы

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения материала	String[20]	Первичный
Описание	String[50]	
Рисунок	Image	
Плотность	float	
Теплопроводность скелета	float	
Пористость	float	
Толщина	float	

БД оборудования содержит информацию о применяемых в процессах термообработки линиях и агрегатах (табл. 7).

7 Оборудование

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения оборудования	String[20]	первичный
Описание	String[50]	
Производительность	float	
Тип используемого материала	float	
MaxT1	float	
MaxT2	float	
MaxP1	float	
MaxP2	float	
Max ширина материала	float	

БД результатов оптимизации содержит рассчитанные оптимальные параметры процесса (табл. 8).

8 Результаты оптимизации

Название поля	Тип	Ключ
Код обозначения результатов оптимизации	String[20]	Первичный
Тип показателя качества	String[50]	
Значение показателя качества	float	
Тип используемого материала	float	
Значимость показателей качества	float	
Ограничения на параметры процесса	float	
Код обозначения проекта	String[12]	Внешний

Связь между таблицами осуществляется с помощью первичных и внешних ключей. Анализируя информационное обеспечение, можно выделить пять таблиц, имеющих дочерние таблицы. Таблицы «Материал» и «Оборудование» связаны с таблицей «Проект» в отношении один ко многим через поля код обозначения материала и код обозначения оборудования. Таблицы «Экспериментальные данные»,

«Нейронная сеть» и «Результаты оптимизации» связаны с таблицей «Проект» в отношении один ко многим через поле код обозначения проекта. Таблица «Входные и выходные данные» связана с таблицей «Экспериментальные данные» в отношении один к одному через поле код обозначения эксперимента. Таблица «Коэффициенты нейронной сети» связана с таблицей «Нейронная сеть» в отношении один к одному через поле код обозначения нейронной сети.

Н.И. Платонов, Р.В. Дозоров

Магнитогорский государственный университет

ДВИЖЕНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ КАПЛИ В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННОГО АППАРАТА СО СВОБОДНЫМИ ЖИДКОСТНЫМИ ПЛЕНКАМИ

В аппаратах со свободными жидкостными пленками процессы тепло- и массообмена происходят не только на сплошной свободной жидкостной пленке, но и в кольцевом зазоре, в котором жидкостная пленка распадается на полидисперсный поток капель [1, 2]. Эту особенность отмечают и авторы работ [3, 4], в которых обосновывается необходимость учета развития поверхности контакта жидкости и газового потока за счет образования капель жидкости определенного радиуса.

Динамика движения сферической капли жидкости определенного радиуса в кольцевом зазоре тепло-массообменного аппарата рассмотрена в работе [2]. Полагая, что газовый поток поступает в камеру снизу (вдоль оси Z), а жидкость поступает через специальную форсунку с кольцевой щелью перпендикулярно газовому потоку (вдоль оси X), на основе данных работ [5–7] и собственных исследований [1, 2, 8] можно составить приближенную модель движения капли в кольцевом зазоре тепло-массообменного аппарата и записать уравнения движения капли [2].

От режима течения жидкости и газа, а также от геометрических размеров форсунки, зависит размер сплошной части жидкостной пленки [5–7]. Считая, что жидкостная пленка разрушается на расстоянии $5r_\phi$ и скорость образовавшейся сферической капли определенного радиуса в начальный момент совпадает со скоростью жидкостной пленки, получим параметрические уравнения движения капли [8]:

$$Z = \left(v_r - \frac{g}{C_Z} \right) \times \left[t - \frac{1}{C_Z} (1 - \exp\{-C_Z t\}) \right]; \quad (1)$$

$$X = \frac{v_{0X}}{C_Z} (1 - \exp\{-C_Z t\}) + 5r_\phi, \quad (2)$$

где величина r_ϕ – радиус форсунки; g – ускорение свободного падения; v_r – скорость газового потока; v_{0X} – скорость истечения жидкости из форсунки, определяемая расходом охлаждающей жидкости; C_Z – постоянная, определяемая вязкостью газа η_z , плотностью жидкости $\rho_{ж}$ и радиусом сферической капли R ,

$$C_Z = \frac{9\eta_z}{2\rho_{ж}R^2}.$$

Уравнения (1) и (2) позволяют рассчитать траекторию движения капли от момента разрушения сплошной пленки до предельного расстояния по оси X , определяемого размерами кольцевой теплообменной камеры. При этом реологические и динамические характеристики газового и жидкостного потока могут варьироваться, изменяя общую картину распределения капель по траекториям движения в зависимости от радиуса капли.

Существует некоторое значение радиуса капли, радиус витания R_B ,

$$v_r - \frac{2\rho_{ж}R_B^2g}{9\eta_z} = 0,$$

при котором траектория движения капли совпадает с осью X , а также предельная координата X , также зависящая от радиуса капли и определяемая из соотношения:

$$1 + (5r_\phi - X) \cdot C_Z / v_{0X} = 0.$$

Можно подобрать такие параметры движения потоков, когда капли, близкие по размерам к радиусу витания капли, не достигают стенок теплообменного аппарата.

Проведенные расчеты качественно подтверждают известный из опытов результат [5, 9]: в пленочной контактной камере с небольшим кольцевым зазором можно добиться отсутствия выноса мелкодисперсной влаги, варьируя скорости движения газожидкостных потоков.

Полученные результаты могут быть использованы в моделировании процессов теплообмена и сепарации мелкодисперсного потока капель в контактном теплообменнике с пленочными форсунками.

Список литературы

1 Платонов Н.И. Исследование тепло- и массообмена между свободной пленкой жидкости и поперечным потоком газа в контактном теплообменнике: Автореф. дис. / Н.И. Платонов; Магнитогорск: МГПИ, 1998. 23 с.

2 Дозоров Р.В. Динамика капли в кольцевом зазоре теплообменного аппарата / Р.В. Дозоров, Н.И. Платонов // Вестник МаГУ. Магнитогорск: МаГУ6 2004. Вып.5. С.246 – 249.

3 Борисанов В.К. О поверхности контакта и коэффициенте теплопередачи в аппаратах с пространственными пленками жидкости / В.К. Борисанов, Г.Н. Абаев, В.С. Галустов // Теоретические основы химической технологии. 1991. Т. 25, № 1. С. 122 – 124.

4 Аппараты ПКР с многоцелевыми распылителями жидкости / О.С. Чехов, А.М. Кутепов, А.Н. Кочергин, Р.З. Хитерер // Современные машины и аппараты химических производств: II Всесоюзная конференция. Чимкент, 1980. Т. 2. С. 144 – 145.

5 Жихарев А.С. Исследование гидродинамики распределительного устройства струйного сепаратора / А.С. Жихарев, А.М. Кутепов // Хим. промышленность. 1972. № 6. С. 62 – 64

6 Чехов О.С. Гидродинамика пленочных тарелок / О.С. Чехов, М.К. Сулейманов // Теор. осн. хим. технол. 1974. Т. VIII, № 5. С. 720 – 725.

7 Численное и экспериментальное исследование свободных тонких куполообразных пленок движущейся жидкости / Э.Ф. Шургальский, В.Л. Коленков, И.Х. Еникеев, А.В. Петренко. Деп. В ОНИИТЭхим, № 64хп-Д84.

8 Дозоров Р.В. Модель движения капли в кольцевом зазоре теплообменного аппарата со свободными жидкостными пленками / Р.В. Дозоров, Н.И. Платонов // XXVII Сибирский теплофизический семинар. Новосибирск, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 2004. - в печати.

9 Кутепов А.М. Экспериментальное исследование сепарации парожидкостных смесей струями жидкости / А.М. Кутепов // Химическое и нефтяное машиностроение. 1972. № 4. С. 10 – 12

З.М. Селиванова

Тамбовский государственный технический университет

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

Одним из главных направлений развития производства является повышение качества выпускаемой продукции. Важнейшим показателем качества минераловатных плит служат их теплопроводность. Создана интеллектуальная информационно-измерительная система (ИИИС) неразрушающего контроля (НК) теплопроводности (λ) минераловатных плит, решающая задачи экспресс-контроля λ или разработки технологии производства минераловатных плит.

Интеллектуальные измерения предполагают использование постоянно пополняемой базы данных, ее автоматическую обработку с целью выделения знаний о классах измерительных ситуаций, что позволяет на основе промежуточных (вспомогательных) измерений определять наиболее эффективный алгоритм получения информации о теплопроводности исследуемой минераловатной плиты. Измерительная ситуация (ИС) обобщает знания об объектах исследования и условиях измерения теплопроводности. Разделение ИС на классы позволяет ИИИС принять решение о выборе алгоритма измерений теплопро-

водности с допустимой погрешностью согласно имеющимся в базе знаний методам и алгоритмам измерений. Таким образом, в обычных измерениях используется известный заранее алгоритм, а в ИИИС – алгоритм, трансформируемый в процессе измерений.

Блок-схема алгоритма функционирования ИИИС представлена на рис. 1. Алгоритм функционирования ИИИС заключается в следующем. Перед началом измерения в базу знаний (БЗ) заносится априорная информация об исследуемых объектах (ИО). Теплофизическое измерение начинается с измерительной процедуры (ИП) для идентификации параметров минераловатных плит при воздействии $D\Phi$ ($P_{D\Phi}$), оказывающих наибольшее влияние на результаты измерения λ . Как показывают экспериментальные исследования, основными $D\Phi$ являются следующие: T_{oc} – температура окружающей среды; W – влажность ИО; ψ – шероховатость поверхности ИО; R_T – контактное сопротивление.

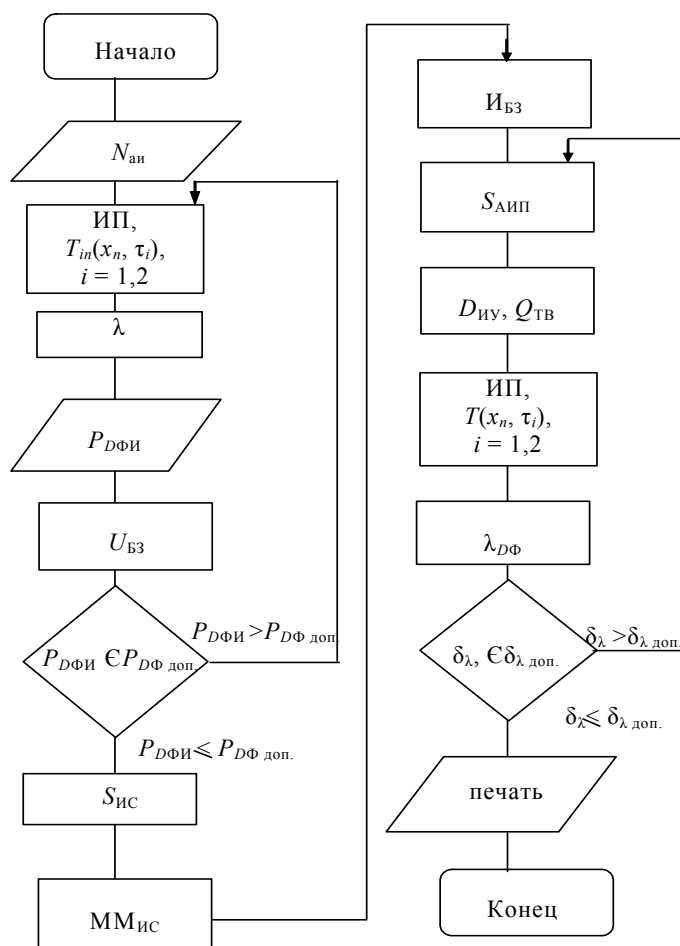


Рис. 1 Блок-схема алгоритма функционирования ИИИС

Теплофизическое измерение осуществляется с помощью интеллектуального измерительного зонда (ИИЗ) и интеллектуального вычислительного устройства (ИВУ). Отличительной особенностью ИИЗ является наличие устройства, реализующего алгоритм выбора из результатов измерений термодатчиками температурного поля в области контакта ИИЗ и ИО информации о среднеинтегральном значении температуры $[T_n(x_n, \tau_i)]$ с учетом воздействия основного $D\Phi$ – T_{oc} (x_n – расстояние от нагревателя ИИЗ до точки контроля, τ_i – время, $i = 1, 2$).

ИВУ выполнено на микроконтроллере PIC16F873 (МК). МК обладает высоким быстродействием, так как с помощью многоканальных портов ввода-вывода осуществляется параллельный ввод информации, все команды выполняются за один цикл, памяти МК достаточно для реализации данного устройства.

Информация о допустимых значениях $D\Phi$ ($P_{D\Phi доп}$) заносится в базу данных (БЗ) ($U_{БЗ}$). База знаний содержит совокупность априорной информации ($N_{ан}$) о ИО, о классах измерительных ситуаций, методах и алгоритмах измерения, аппроксимирующих функциях зависимости теплопроводности исследуемых материалов от воздействия $D\Phi$, метрологическом обеспечении. Затем осуществляется анализ принадлежности $P_{D\Phi}$ к области допустимых значений.

После этого проводится идентификация класса измерительной ситуации ($S_{ис}$), в результате определения которой формируется математическая модель измерительной ситуации $MM_{ис}$.

Далее следует обращение к БЗ за информацией, необходимой для синтеза алгоритма измерений. Синтез алгоритма измерительной процедуры ($S_{АИП}$) осуществляет блок принятия решений (БПР). БПР осуществляет интеллектуальную процедуру по оценке ситуации и в результате принимает решение по выбору метода и алгоритма теплофизического измерения в зависимости от класса теплопроводности ИО, мощности теплового воздействия $Q_{тв}$, диапазона усиления измерительного усилителя $D_{иу}$. Принятие решений основывается на априорной информации об объектах исследования и на метрологическом анализе результатов измерения, сопровождающем измерительные процедуры.

Затем, согласно выбранному алгоритму измерений, проводится теплофизическое измерение определяются $\lambda_{ДФ}$ ИО с коррекцией на воздействие ДФ. Далее выполняется метрологический анализ результатов измерения. Определяется погрешность δ_λ и проводится сравнение с заданной допустимой относительной погрешностью $\lambda_{доп}$.

Если погрешность определения теплопроводности ИО превышает допустимое значение, то БПР ИИВС принимает решение о коррекции алгоритма теплофизического измерения. Измерительная процедура повторяется до получения $\lambda_{ДФ}$ с заданной допустимой погрешностью.

Проведены экспериментальные исследования ИИИС при определении теплопроводности минераловатных плит: изовента, изоруфа, гераклита, изолянта. Погрешность измерения составила 6–7 %.

ИИИС позволяет проводить измерения в средах с постоянной и переменной температурами, реализовывать импульсные методы определения теплопроводности при действии линейного и плоского источников тепла, причем результаты измерений сравниваются с прогнозируемыми, т.е. имеет место обратная связь.

Н.П. Федоров, Д.А. Дмитриев

Тамбовский военный авиационный инженерный институт

МИКРОВОЛНОВОЙ КОНТРОЛЬ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛАХ

Вопросам снижения заметности военной техники, объектов и личного состава в последнее время уделяется значительное внимание. В силу этого уменьшение заметности в широком диапазоне волн имеет целью *повысить живучесть техники и объектов*. Сделать военную технику, объекты, здания и сооружения малозаметными, несколько уменьшить вероятность их обнаружения разведывательными РЭС, возможно, если применить малоотражающие формы и покрыть их материалами, поглощающими энергию электромагнитных волн (ЭМВ). Воздействие различного рода климатических условий, механических нагрузок, различного вида излучений изменяют параметры радиопоглощающего материала (РПМ), снижая его эксплуатационные характеристики. Как и всякое техническое изделие РПМ должен удовлетворять определенным требованиям по способности выполнять свои основные функции в заданных условиях применения по назначению за определенный период времени. С точки зрения вышесказанного большой интерес представляют различного рода методы контроля РПМ.

Предлагаемый метод основан на измерении отношения энергии преломленного потока излучения, прошедшего слой материала, к энергии падающей волны. Рассмотрим модель материала и постановку задачи индикации изменения агрегатного состояния материала.

а) *Однослойная модель* (рис.1).

Интегральная мощность волны прошедшей слой толщиной b (Перевод № 6283 от 16.12.87. Современное состояние и практика применения радиопоглощающих покрытий) оценивается формулой

$$\dot{T} = 1 - \frac{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\epsilon}} \operatorname{th}j \left[\frac{2\pi b}{\lambda} \sqrt{\dot{\epsilon}\dot{\mu}} \right] - 1}{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\epsilon}} \operatorname{th}j \left[\frac{2\pi b}{\lambda} \sqrt{\dot{\epsilon}\dot{\mu}} \right] + 1} = 1 - \dot{R}, \quad (1)$$

где λ – длина волны; \dot{R} – интегральный коэффициент отражения.

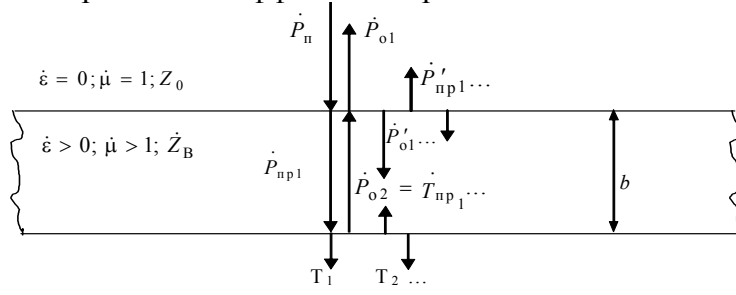


Рис. 1 Схема однослойной модели электрофизического процесса:

\dot{P}_n – мощность падающей волны; \dot{P}_{np_i} – преломленная мощность падающей волны; \dot{P}_{o_i} – отраженная мощность падающей волны; T_i – проходящая мощность падающей волны; \dot{Z} – волновое сопротивление среды: $\dot{Z}_b = \sqrt{\dot{\mu}/\dot{\epsilon}} \cdot Z_0$, $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 377$ [Ом]

Обозначив коэффициент отражения на кромке

$$\dot{R}_0 = \frac{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\epsilon}} - 1}{\sqrt{\dot{\mu}/\dot{\epsilon}} + 1}; \quad k = 2\pi b / \lambda \sqrt{\dot{\epsilon}\dot{\mu}},$$

получим

$$\dot{R} = \dot{R}_0 + \frac{(\dot{R}_0^2 - 1) \exp(2jkb)}{1 - \dot{R}_0 \exp(-2jkb)}, \quad (2)$$

где $\frac{\exp(2jkb)}{1 - \dot{R}_0 \exp(-2jkb)}$ является негармонической периодической пространственной функцией, откуда

$$\dot{R} = \dot{R}_0 - \sum_{m=1}^{\infty} (1 - \dot{R}_0^2) \dot{R}_0^m \exp(-2j(m+1)kb). \quad (3)$$

Представление \dot{R} в виде ряда упрощает понимание отражения от рассматриваемой на рис. 1 структуры. Ясно, что каждый член ряда \dot{R}_0^m (при $m = 1, 2, \dots$) соответствует определенной составляющей, отраженной от поверхности (это ряд $\dot{P}_{o1}, \dot{P}_{np1}, \dots$), т.е. волны отраженной от поверхности РПМ и падающие волны проходят путь многократного отражения.

Критическая связь возникает тогда, когда они сходятся в противофазе (инверсия вектора распространения). При этом \dot{R} принимает минимальное значение. Это означает, что слой является поглотителем с приемлемой, достаточно малой величиной b , однако электромагнитные характеристики становятся функциями λ – важный фактор для широкополосных поглотителей.

Тогда окончательно для модельного слоя без ферромагнитных включений ($\dot{\mu} = 1$) [2]:

$$|\dot{T}| = \left| 1 - \dot{R}_0 + \sum_{m=1}^{\infty} (1 - \dot{R}_0^2) \dot{R}_0^m \exp(-2j(m+1)kb) \right|. \quad (4)$$

Здесь $\dot{R} = \frac{1 - (\dot{\epsilon})^{1/2}}{1 + (\dot{\epsilon})^{1/2}}$; $k = \frac{2\pi}{\lambda} \dot{\epsilon}^{1/2}$, т.е. модуль \dot{T} функционально связан с параметрами слоя b и $\dot{\epsilon}$.

б) *Двухслойная модель.* При структурном переходе материал в общем случае представляет собой двухслойную систему «жидкий слой – твердый слой» с выраженной подвижной границей раздела.



Рис. 2 Модель системы «жидкий слой – твердый слой»

Вполне очевидно, что величина эквивалентной $\dot{\epsilon}_{см} = f(\dot{\epsilon}_{ж}\dot{\epsilon}_{ТВ}; b_{ж}b_{ТВ})$ является при прочих постоянных величинах мерой соотношения объема двух фаз $b_{ж}$ и $b_{ТВ}$. При условии квазистационарности ($b \ll \lambda$) действительной частью $\dot{\epsilon}_{см}$ (потери в слое) можно пренебречь, тогда

$$\epsilon_{см} = \frac{\epsilon_{ж}\epsilon_{ТВ}}{\epsilon_{ж}(1 - b_{ж}/b) + \epsilon_{ТВ}b_{ж}/b} = f_2\left(\frac{b_{ж}}{b}\right). \quad (5)$$

Подставим $\epsilon_{см}$ вместо $\dot{\epsilon}$ в (4). Тогда измерение функции $|\dot{T}| = f_3(b_{ж}/b_{ТВ})$ – есть мера соотношения объемов фаз. Заметим, что реально в процессе структурных переходов величина $b_{ж}/b_{ТВ} \neq b$, так как плотность $\rho_{ж} \neq \rho_{ТВ}$. В этом случае необходимы измерения на двух длинах волн $\lambda_1 \neq \lambda_2$ при $|\lambda_1 - \lambda_2| \ll \lambda_1, \lambda_2$.

На основании модельных материалов (тающий лед и кристаллическая химически чистая стеариновая кислота) приведены экспериментальные данные, подтверждающие результаты теоретической модели (1) ... (5), показывающие информативные возможности микроволнового контроля структурных переходов.

Первый модельный образец – тающий лед (рис. 3). В этом случае происходил нагрев материала и его таяние. При выборе материала исходили из того, что $\epsilon'_{льда} = 3,17$; $\epsilon''_{льда} \approx 0$; $\epsilon'_{воды} \approx 55$, а $\epsilon''_{воды} \approx 0$, так как длина волны генератора практически на порядок больше $\lambda_{крит}$ воды, которой соответствует $\epsilon''_{воды} \approx 20$ практически во всем температурном диапазоне.

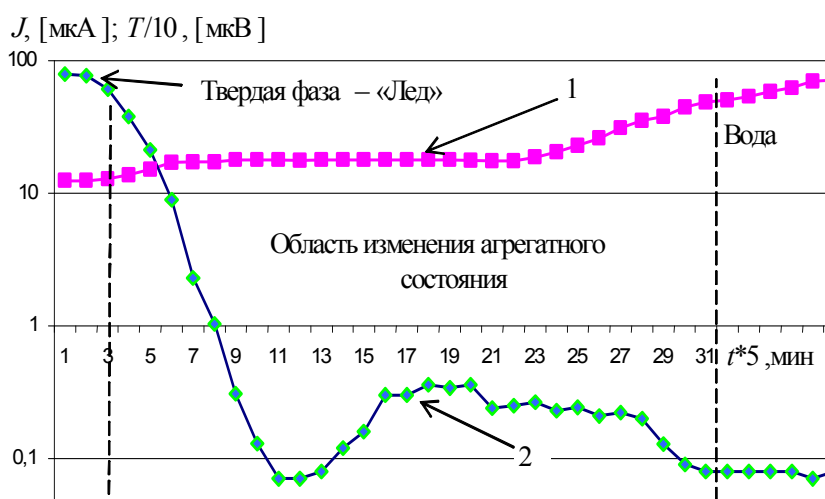


Рис. 3 Динамика изменения агрегатного состояния материала

Из анализа кривой поглощения 2 видна крайне высокая чувствительность коэффициента поглощения в диапазоне фазового перехода, особенно на ее начальном участке. Заметим, что кривая построена в логарифмическом масштабе. Термограмма 1 отражает изменения температуры в процессе таяния льда.

Отсюда видно, что скорость нарастания объема жидкой фазы, которая связана с толщиной контролируемого слоя, легко индицируется данным методом.

Стеновые доклады

И.Н. Акулинин, П.С. Беляев

Тамбовский государственный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Для реализации метода определения теплофизических свойств (ТФС) полимерных материалов в твердом агрегатном состоянии в зависимости от температуры и давления разработана и изготовлена автоматизированная система контроля (АСК). Для повышения эффективности исследования ТФС анализируемых полимеров АСК обеспечивает автоматизированное проведение эксперимента, измерение и регистрацию необходимой экспериментальной информации и расчет по разработанным алгоритмам искомым ТФС.

В состав АСК входят:

- два измерительных устройства, предназначенные для размещения образцов исследуемого материала и создания краевых условий эксперимента, лежащих в основе математической модели теплового процесса, создаваемого при исследовании теплофизических свойств образцов. В измерительном устройстве № 1 на исследуемый образец действует гидростатическое давление. В измерительном устройстве № 2 исследуемый образец подвержен действию внешнего осесимметричного сжатия;

- два устройства создания давления. Устройство создания давления № 1 позволяет ступенчато изменять гидростатическое давление в измерительном устройстве № 1. Устройство создания давления № 2 ступенчато изменяет давление в измерительном устройстве № 2;

- устройство задания температурного режима обеспечивает подачу постоянного теплового потока в центр исследуемых образцов, помещенных в измерительные устройства № 1 и № 2;

- блок согласования – осуществляет подключение измерительных устройств к персональной ЭВМ.

При определении теплофизических свойств каждый эксперимент проводится при постоянном внешнем давлении ($P = P_i = \text{const}, I = 1, 2, \dots, n$). Для каждого давления P_i определяется температурная зависимость искомым ТФС.

В течение эксперимента необходимо измерять температуру на внешней поверхности нагревателя, температуру некоторой выбранной поверхности исследуемого образца, мощность нагревателя и давление P_i .

И.Г. Дроздов, Э.Р. Габасова, С.В. Дахин, Т.Н. Мягких

ГОУ ВПО Воронежский государственный
технический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 485 ИНТЕРФЕЙСА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ ИНДУКЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Индукционный электронагреватель создавался как альтернатива ТЭНовым и электродным нагревателям. Кроме того, на сегодняшний день индукционные электронагреватели успешно применяются в качестве альтернативы тепловым установкам на различных видах органического топлива.

Индукционный электронагреватель (рис. 1) представляет собой трансформатор, состоящий из двух контуров: магнитной системы и теплообменного устройства, которое нагревается под действием магнитного поля, создаваемого катушками.

В индукционном нагревателе, который работает на промышленной частоты, нагреву подвергается не сама среда (теплоноситель) непосредственно, а стенка канала и уже от него нагревается среда.

Применение индукционных нагревательных установок позволяет осуществлять техпроцессы с рабочей температурой до 300 °С. Высокотемпературные теплоносители чувствительны к температурному перепаду между стенкой и жидкостью.

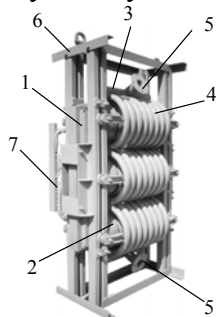


Рис. 1

- 1 – магнитопровод; 2 – катушка;
3 – коллектор теплообменника;
4 – трубки теплообменника;
5 – соединительные патрубки;
6 – каркас; 7 – вводное устройство

Для уменьшения температурного перепада необходимо повысить коэффициент теплоотдачи оборудования. Существующие методы интенсификации теплообмена в трубах – турбулизаторы в виде кольцевых поперечных выступов, сферических выемок и т.д. Наиболее предпочтительней с точки зрения технологии является вальцевание. Но в случае применения толстостенных труб нельзя за счет внешней вальцовки получить требуемые геометрические характеристики

внутренних интенсификаторов без существенной деформации внешней поверхности трубы.

В работе рассмотрена экспериментальная установка (рис. 2) для теплогидравлических испытаний трубок с интенсифицирующими канавками, полученными за счет накатки на внутренней поверхности.

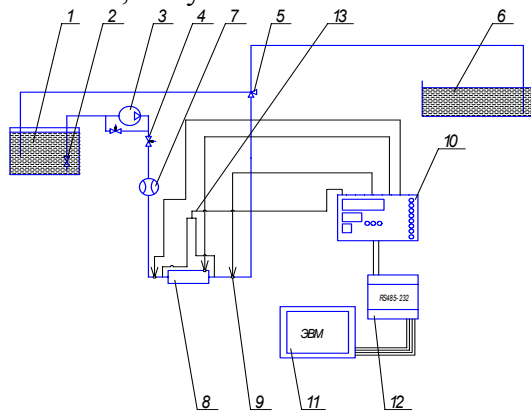


Рис. 2

- 1 – бак подачи теплоносителя; 2 – обратный клапан; 3 – центробежный насос; 4 – регулируемый вентиль; 5 – двухходовой кран; 6 – бак возврата;
7 – счетчик воды; 8 – труба с интенсифицирующими перегородками;
9 – термопара; 10 – ТРМ 138-Р; 11 – ЭВМ; 12 – АС-3;
13 – дифференциальный датчик давления

Экспериментальный стенд состоит из трубки, через которую проходит жидкость. На трубку навивается электрическая спираль, которая обеспечивает нагрев трубки до заданной температуры. При достижении заданной температуры спираль может отключаться посредством реле прибора ТРМ 138-Р. На входе и на выходе из трубки установлены датчики температуры. Дифференциальным манометром из-

меряется перепад давлений на входе и на выходе экспериментального образца. Все контрольно-измерительные параметры установки напрямую связаны с прибором ТРМ 138-Р. Конфигурирование системы измерения теплофизических параметров на базе восьмиканального микропроцессорного измерителя-регулятора ТРМ138-Р с 485 интерфейсом, позволяет автоматизировать процесс измерения одновременно по всем регистрируемым параметрам.

Во время работы прибор выполняет следующие основные функции:

- 1) производит измерение физических параметров контролируемых входными первичными преобразователями с учетом нелинейности их номинальной статической характеристики;
- 2) формирует аварийный сигнал при обнаружении неисправности первичных преобразователей с отображением его причины на цифровом индикаторе и при необходимости выводит его на внешнюю сигнализацию;
- 3) позволяет производить коррекцию измеренных параметров для устранения погрешностей первичных преобразователей;
- 4) формирует сигналы управления внешними исполнительными механизмами и устройствами в соответствии с заданными пользователем законами и параметрами регулирования;
- 5) осуществляет передачу компьютеру информации о значениях контролируемых датчиками величин и установленных рабочих параметрах, а также принимает от него данные на изменение этих параметров.

Для организации связи прибора с компьютером используется адаптер сети АС-3, который преобразует интерфейс RS-485 в RS-232.

На первом этапе подготовки эксперимента и измерения нужных величин ТРМ138-Р конфигурируется программой «PLC Configuration». Конфигурирование системы измерения происходит следующим образом:

- 1) задается тип датчика для каждого канала измерения;
- 2) устанавливается тип вычислителя для каждого использованного канала.;
- 3) задается тип выходной характеристики логического устройства (ЛУ) прибора. Каждое ЛУ работает в режиме регистратора, что позволяет выводить данные измерения на компьютер;
- 4) устанавливается тип выхода. Тип выходного устройства определяется вариантом модификации прибора. У данного прибора выходные устройства являются электромагнитными реле, поэтому тип выхода устанавливается «реле».

После создания конфигурации системы измерения задается конфигурация системы отображения и регистрации измеренных параметров на компьютере с помощью программы "Owen system", которая предназначена для работы с приборами автоматизации технологических процессов и включает в себя две независимые подсистемы. Подсистема «Owen Process Manager» используется для разработки описаний технологических процессов, сохранения этих описаний на диске для последующего использования. Подсистема «Owen Report Viewer» предназначена для обработки информации, протоколируемой подсистемой «Owen Process Manager». Она обеспечивает чтение файла или файлов, содержащих рапорты, а также отображение сохраненной информации в виде таблиц и графиков.

Конфигурирование системы измерений на базе прибора ТРМ138-Р с 485 интерфейсом обеспечивает автоматическую регистрацию измеряемых параметров в эксперименте.

И.Г. Дроздов, Н.Н. Кожухов, Н.В. Мозговой

ГОУ ВПО Воронежский государственный
технический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ В ПОРИСТОМ ЭЛЕМЕНТЕ ПРИ НАЛИЧИИ ЛОКАЛЬНЫХ ЗОН

В работе предложена конфигурация системы обработки информации на базе восьмиканального измерителя-регулятора ТРМ138-Р с 485 интерфейсом при проведении экспериментальных исследований фильтрации в пористом теплообменном элементе (ПТЭ).

Современные экспериментальные системы базируются на автоматизации процессов сбора и обработки информации, получаемой в ходе их работы. Использование многоканальных универсальных из-

мерителей-регуляторов совместно с компьютером, позволяет проводить гибкое конфигурирование систем сбора и обработки информации.

Для исследования двумерной гидродинамической картины течения охладителя в пористых средах была изготовлена экспериментальная установка и модель. Экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1, состоит из жидкостной магистрали, участка испытываемого образца и измерительной аппаратуры. Установка позволяет определять гидродинамическую картину течения охладителя в ПТЭ, при использовании в качестве охладителя жидкости.

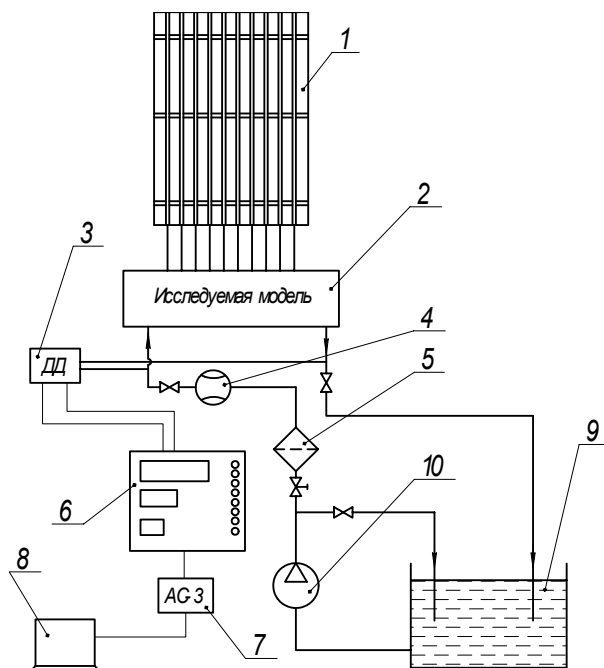


Рис. 1

- 1 – пьезометрический стенд; 2 – экспериментальная модель;
3 – дифференциальный датчик давления Метран-43; 4 – расходомер;
5 – фильтр, 6 – измеритель-регулятор ТРМ138-Р; 7 – адаптер сетевых протоколов АС-3; 8 – компьютер;
9 – бак; 10 – насос

Подача жидкого охладителя через пористые образцы производится следующим образом. Вода из емкости 9, проходя через фильтр 5, подается центробежным насосом 10 по магистрали в исследуемый образец, после чего жидкость поступает обратно в бак.

Перепад давления при проведении эксперимента измеряется с помощью дифференциального датчика давления 3, который имеет токовый выход 4 – 20 мА. Сигнал подается на измеритель-регулятор 6, где можно наблюдать значения давления.

Для удобства и удаленного доступа измеряемые параметры передаются через адаптер 7, который преобразует интерфейс 485 в 232, на компьютер 8. Здесь ведется протокол измеряемых параметров, что позволяет демонстрировать графики изменения давления, а также общую картину течения процессов.

И.Е. Карева

Тамбовский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВУЛКАНИЗАЦИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Одним из основных процессов производства резинотехнических изделий является вулканизация. Выбор режима вулканизации базируется на анализе температурных полей в изделии и оценке степени вулканизации.

Исследование температурных полей проводилось с помощью методов математического моделирования. Была составлена математическая модель процесса вулканизации, включающая в себя нестационарное уравнение теплопроводности в цилиндрических координатах с внутренними источниками тепла, обусловленными тепловыделениями при протекании химической реакции:

$$C_k(U, \beta) \frac{\partial U_k}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda_{rr}^{(k)}(U, \beta) \frac{\partial U_k}{\partial r} + r \lambda_{rz}^{(k)}(U, \beta) \frac{\partial U_k}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_{rz}^{(k)}(U, \beta) \frac{\partial U_k}{\partial r} + \lambda_{zz}^{(k)}(U, \beta) \frac{\partial U_k}{\partial z} \right) + Q_k \frac{\partial \beta_k}{\partial \tau}, \quad k = \overline{1, N},$$

дополненное условиями сопряжения температур и тепловых потоков на поверхностях раздела слоев.

Скорость протекания реакции в k -ом слое описывается уравнением кинетики

$$\frac{d\beta_k}{d\tau}(r, z) = \begin{cases} \varphi_k(\beta) \exp\left(-\frac{E_k(\beta)}{R \cdot U_k}\right), & \beta < 1, \\ 0, & \beta = 1, \end{cases}$$

где $E_k(\beta)$ – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная; $\varphi_k(\beta)$ – кинетическая функция.

Данные уравнения были дополнены соответствующими граничными и начальными условиями и решались методом конечных элементов, на основе вариационного подхода. Для определения параметров модели были использованы данные экспериментальных исследований.

В качестве численного примера был рассмотрен одномерный процесс вулканизации стенки пневматического кранца. Пневматический кранец представляет собой цилиндрический герметически закрытый баллон, стенка которого выполняется многослойной: два слоя резиновых и между ними слой тканевого корда.

На рис. 1 представлены графики зависимости температуры от времени в сечениях стенки: 1, 3 – резина; 2 – тканевый корд

Таким образом, на основе разработанной модели и ее решения определены профили температуры в сечениях стенки пневматического кранца.

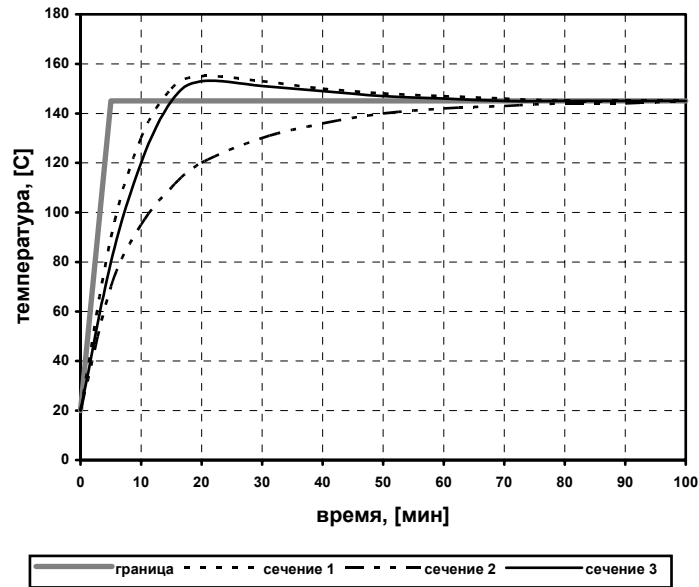


Рис. 1 Зависимости температуры от времени в срединных сечениях стенки пневматического кранца

В заключение следует отметить, что решение задачи нестационарной теплопроводности для слоистых, неоднородных тел используется для отыскания оптимальных режимов вулканизации.

Ю.В. Кулаков, М.Ю. Неудахин, В.Н. Шамкин

Тамбовский государственный технический университет

О ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДУЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В автоматизированных системах научных исследований и при проектировании процессов тепло- и массопереноса широко используется математическое моделирование, а сами объекты исследования являются, как правило, сложными.

Модели статики сложных технологических систем (СТС) обычно разрабатывают по модульному принципу, согласно которому каждый аппарат представлен своей математической моделью – модулем, а модули связаны между собой наборами данных. Математическая модель может быть представлена в виде ориентированного графа, вершины которого обозначают модули, а дуги – их входные и выходные переменные.

Параметрическая идентификация модели предусматривает определение таких настроечных параметров, которые доставляют экстремум некоторой целевой функции. Целевая функция идентификации представляет собой сумму взвешенных рассогласований расчетных и экспериментальных значений некоторых выходных переменных модели (координат адекватности).

Для параметрической идентификации математических моделей статики СТС может быть применена методика [1], предусматривающая получение улучшенного начального приближения вектора настроечных параметров модели путем решения задач идентификации отдельных модулей или взаимосвязанных комплексов модулей [2].

В сообщении предлагается алгоритм выявления модулей и комплексов модулей, для которых возможна отдельная параметрическая идентификация; даются рекомендации по выбору значений весовых коэффициентов при отдельной идентификации модулей и комплексов; предлагается способ параметрической идентификации модели СТС с применением улучшенного начального приближения, основанный на идеях метода динамического программирования.

Алгоритм выявления отдельных модулей и комплексов модулей предусматривает последовательное выполнение следующих действий. Разрыв в графе модели СТС каждой дуги, связывающей некоторую пару модулей и соответствующей измеряемой технологической переменной. Преобразование полученного графа в неориентированный граф и построение соответствующего ему реберного графа. Определение компонент связности реберного графа, соответствующих модулям и комплексам, для которых возможна отдельная параметрическая идентификация.

Значения весовых коэффициентов при отдельной идентификации модулей и комплексов рекомендуется задавать пропорционально соответствующим значениям, используемым при идентификации модели СТС.

Предлагаемый способ параметрической идентификации модели СТС заключается в следующем. Сначала выполняется топологическая сортировка (упорядочение) модулей и комплексов. Затем производится параметрическая идентификация последнего, двух последних, трех последних модулей (комплексов) и так далее и, наконец, всей модели СТС.

Предложенный алгоритм и способ иллюстрируются на примере математической модели некоторой технологической системы.

Список литературы

1. Бодров В.И. Методика параметрической идентификации математической модели статических режимов сложной технологической схемы / В.И. Бодров, Ю.В. Кулаков, В.Н. Шамкин // Вестник ТГТУ. Тамбов, 1997. Т. 3, № 4. С. 372 – 379.

2. Кулаков Ю.В. Расчет начального приближения при параметрической идентификации сложных технологических систем / Ю.В. Кулаков, В.Н. Шамкин // Вестник ТГТУ. Тамбов, 2004. Т. 10, № 1А. С. 58 – 69.

С.С. Маташков, М.Ю. Неудахин, А.В. Фомичев

Тамбовский военный авиационный инженерный институт

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНОГО ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ

Для реализации частотно-импульсных методов экспресс-контроля теплофизических характеристик твердых материалов необходимо внесение тепловых возмущений при выполнении ряда условий и измерение характерных временных интервалов теплового процесса.

Оперативность измерений и гибкость изменения режимов тепловых испытаний может быть достигнута посредством использования в измерительном приборе современных вычислительных средств и периферийных устройств.

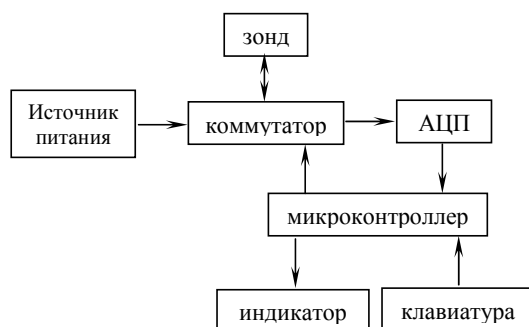


Рис. Функциональная схема прибора

Функциональная схема прибора приведена на рисунке. Зонд приводится в соприкосновение с испытуемым образцом материала. Он содержит термопары, используемые для измерения температуры в отдельных точках поверхности испытуемого образца и формирования тепловых импульсов воздействия.

Управление всем прибором осуществляется микроконтроллером 90AT8515. Программа частотно-импульсного экспресс контроля содержится в ПЗУ контроллера.

С микроконтроллера импульсы сигнала, управляющие формированием тепловых импульсов, поступают на коммутатор. Для достижения требуемой точности измерения термопары зонда коммутируются герконовыми реле, обеспечивающими полную развязку входных и выходных сигналов зонда. Кроме того, для достижения стабильности параметров тепловых импульсов в коммутаторе применен быстродействующий усилитель постоянного тока, сигналы которого непосредственно поступают на термопары зонда через контакты герконовых реле. Питание усилителя производится отдельным высокостабильным источником, обеспечивающим требуемую мощность в нагрузке.

Напряжения с термопар поступают на входы АЦП типа ADS1213. Используемая микросхема позволяет оцифровывать сигналы четырех датчиков в мультиплексируемом режиме с частотой 1 КГц, обеспечивая при этом точность преобразования не менее 16-ти разрядов. Выходной сигнал АЦП передается в микроконтроллер по SPI интерфейсу.

Для измерения временных характеристик теплового процесса используются таймеры микроконтроллера, тактовая частота которого стабилизирована кварцевым резонатором.

Результаты измерения выводятся на четырехразрядный семисегментный светодиодный индикатор.

Для управления работой прибора и изменения отдельных параметров программы используется клавиатура 4×4.

Возможность оперативного изменения программы в ПЗУ микроконтроллера позволяет использовать прибор не только для экспресс-контроля теплофизических характеристик материалов, но и для совершенствования алгоритмов измерения.

Относительные погрешности измерения теплопроводности и температуропроводности материалов не превышают 15 %.

В.Г. Мокрозуб, Д.В. Желтов

Тамбовский государственный технический университет

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫРУБНОГО ШТАМПА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Холодная штамповка, благодаря своей высокой производительности и экономической эффективности, получила широкое применение в различных отраслях промышленности.

Предлагаемая система предназначена для разработки конструкции вырубного штампа прямого действия. Она позволяет рассчитать центр и величину давления штамповки, а также получить сборочный чертеж, чертежи деталей и спецификацию проектируемого штампа.

Величина давления и его центр рассчитываются в зависимости от материала детали, его толщины и раскроя. Размеры деталей штампа рассчитываются в зависимости от длины и ширины рабочей зоны.

Система состоит из управляющей программы, модулей расчета значения давления штамповки и его центра, библиотеки параметрических твердотельных моделей стандартных и нестандартных деталей штампа, базы типоразмеров стандартных элементов штампа (болты, штифты, колонки, втулки направляющие), базы материалов и их механических свойств, необходимых для расчета давления штамповки, базы прессов и их характеристик.

Управляющая программа обеспечивает интерфейс с пользователем и вызывает необходимые расчетные и графические модули. Расчетные модули кроме центра давления и его значения находят все

размеры деталей штампа. Графические модули в автоматизированном режиме позволяют получить по найденным размерам 3D модели деталей штампа и его 3D сборку, по которым строятся 2D чертежи (сборочный чертеж и детализировка нестандартных деталей). Графическая часть системы выполнена в среде AUTODESK INVENTOR 5.3.

Математической основой системы являются информационно-логические модели (ИЛМ) деталей штампа и его сборки.

ИЛМ деталей штампа представляют собой зависимости размеров детали друг от друга и от размеров других деталей. ИЛМ сборки состоит из ИЛМ деталей, а также из совокупности зависимостей, позволяющих определить положение деталей в пространстве друг относительно друга. С этой целью используются поверхности деталей, оси отверстий, грани и другие элементы.

В.Г. Мокрозуб, О.В. Шиняев

Тамбовский государственный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА НА ПРОЧНОСТЬ

Наиболее распространенным типом теплообменной аппаратуры в химической промышленности является кожухотрубчатый теплообменник. Существует несколько типов кожухотрубчатых теплообменников: одноходовый, многоходовый, с U-образными трубками и с плавающей головкой.

Основными элементами аппарата являются: кожух, трубы, трубная решетка, крышки, фланцы и компенсаторы.

Предлагаемая система автоматизированного расчета на прочность элементов теплообменных аппаратов базируется на методике изложенной в РД 26-14-88 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность элементов теплообменной аппаратуры». При этом учитываются все возможные сочетания давлений в трубном и межтрубном пространствах и температур труб и кожуха, которые могут иметь место при пуске, в рабочих условиях, при промывке или испытаниях аппарата.

Расчету подлежат кожух, трубы, трубная решетка и места соединений труб с трубной решеткой и трубной решетки с кожухом.

Основными элементами системы являются программа расчета, база данных и программа поддержки базы данных. Программная часть системы реализована в среде MS Visual Basic 6.0, база данных в среде MS Access 2000.

Основой программ расчета является управляющая программа, которая вызывает модули ввода исходных данных, расчета и вывода результатов.

База данных содержит информацию о материалах предназначенных для изготовления теплообменников, механических свойствах этих материалов, о типоразмерах основных элементов теплообменников.

Программы поддержки базы данных работают в режиме администратора и пользователя. В режиме администратора возможно добавление, удаление и редактирование записей базы данных. В режиме пользователя осуществляется доступ к информации базы данных.

В настоящее время осуществляется тестирование системы.

В.А. Немтинов, П.П. Авдеев

Тамбовский государственный технический университет

СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены вопросы создания пространственной модели предприятия с использованием геоинформационной системы Arcinfo.

Развитие компьютерных технологий привело к тому, что ведущую роль в управлении предприятия играют информационные системы. В настоящее время широко применяются геоинформационные системы (ГИС), которые являются универсальной средой для интеграции различных информационных технологий и создание мультифункциональных информационно – аналитических и управляющих систем.

ГИС-технологии позволяют наиболее наглядно отобразить пространственную модель предприятия, включая в неё как здания и сооружения, так и инженерные коммуникации.

Создаваемая пространственная модель промышленного предприятия ОАО «Полимермаш» включает в себя информацию о производственных и вспомогательных цехах, инженерных коммуникациях различного назначения и условия их эксплуатации. Данную модель предполагается использовать при решении ряда задач:

- размещения сооружений на генплане предприятия с учетом их характерных особенностей;
- реконструкция системы коммуникаций предприятия;
- информационное сопровождение производственных сооружений;
- контроля за состоянием электрических сетей;
- контроля за состоянием производственных сооружений.

При создании модели предприятия в качестве базовой была использована геоинформационная система ArcInfo (версия 8.1) фирмы ESRI. Программное обеспечение, созданное с использованием пространственной информационной модели предприятия, существенно облегчит работу всего управленческого персонала предприятия.

В.А. Немтинов, К.В. Романов

Тамбовский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

В современных условиях борьбы за сохранение окружающей среды задачи оптимального проектирования системы очистки газовых выбросов химических производств приобретают особую важность. Для предприятий многоассортиментных малотоннажных химических производств (ММХП) газовые выбросы обычно представляют собой сложные дисперсные системы, которые имеют сложный химический состав.

Совершенствование законодательства в области защиты окружающей среды, ужесточение норм по выбросам вредных веществ в атмосферу предъявляют новые требования к эффективности газоочистных сооружений и их надежности.

В связи с этим в работе рассматриваются вопросы создания методики автоматизированного синтеза системы очистки газовых выбросов для данного класса производств, включающей в себя различные этапы проектирования: формирование варианта структур технологических схем (СТС) системы газоочистки ММХП, в состав которых должны войти все необходимые технологические стадии очистки и расчет аппаратного оформления для выбранных технологических схем очистки.

В настоящее время на кафедре АПТО создается система для автоматизированного решения задачи формирования вариантов структурно технологических схем. Ее решение осуществляется в среде программирования Borland DELPHI с использованием СУБД PARADOX. Компонентами системы являются: базы данных по загрязнителям, технологическим стадиям, реализующим методы очистки вредных веществ; блока генерации множества вариантов схемного решения и выбора оптимального варианта. При его выборе используется критерий оптимальности, представляющий собой сумму взвешенных относительных потерь критериев: приведенных затрат на реализацию совокупности стадий очистки; надежности функционирования системы очистки; технологичности и безопасности процессов газоочистки. Интерфейс программы позволяет наглядно отобразить множества вариантов схемного решения и оптимальный результат.

А.П. Пустовит, А.Е. Бояринов

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ИЗБЫТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Для повышения точности измерения температуры предлагается в качестве датчика использовать более чувствительные полупроводниковые термисторы. По размерам и тепловой инерционности такие датчики практически не уступают термопарам – их диаметр может быть от 0,075 мм при толщине выводов от 0,02 мм. Однако, вследствие нелинейности температурной характеристики термистора и зависимости его саморазогрева пропускаемым электрическим током от параметров теплообмена с окружающей средой, возникает погрешность измерения избыточных температур, которая может достигать 5 ... 7 %.

Предложен метод компенсации влияния саморазогрева, заключающийся в следующем.

Полупроводниковый термистор располагают в контролируемой среде и при малом токе I_1 определяют сопротивление термистора R_1 , по которому, используя полученную на этапе градуировки при этом токе температурную характеристику (рис. 1, кривая 1), определяют ее температуру T_1 .

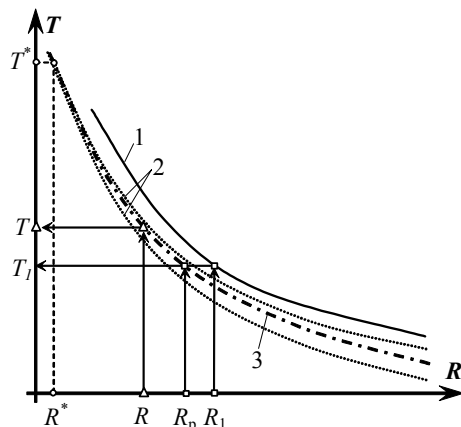


Рис. 1 Метод компенсации саморазогрева термистора

Устанавливают ток на рабочую величину I_p и измеряют сопротивление термистора R_p . Величина сопротивления R_1 практически не зависит от свойств исследуемых материалов вследствие малости пропускаемого тока, а величина сопротивления R_p будет различна для каждого из них. Определенную температуру среды T_1 сопоставляют измеренному сопротивлению R_p .

Расхождение температурных характеристик, полученных при рабочем токе в различных средах, уменьшается с увеличением температуры (рис. 1, кривые 2). Используя эту закономерность, выбирают некоторую температуру T^* , лежащую за верхней границей диапазона рабочих температур, при которой расхождение между температурными характеристиками различных материалов значительно меньше, чем в области рабочих температур и измеряют при токе I_p соответствующее ей сопротивление R^* , которое принимают независимым от свойств контролируемой среды.

По сопротивлениям термистора R_p и R^* и соответствующим им температурам T_1 и T^* , вычисляют параметры R_0 и T_0 рабочей температурной характеристики $T(R) = \frac{T_0}{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}$:

$$T_0 = \frac{T_1 T^* \ln\left(\frac{R_p}{R^*}\right)}{T^* - T_1}, \quad R_0 = R_p \cdot R^* \cdot \frac{\left(\frac{-T^*}{T^* - T_1}\right) \cdot \left(\frac{T_1}{T^* - T_1}\right)}$$

Полученная таким образом рабочая температурная характеристика $T(R)$ (рис. 1, кривая 3) учитыва-

ет величину саморазогрева термистора любой контролируемой среды, в которой он располагается.

По характеристике $T(R)$ определяют избыточную температуру контролируемой среды при измерении сопротивления R термистора при токе I_p .

Предложен метод компенсации саморазогрева термистора за счет коррекции его температурной характеристики позволяет повысить точность измерения избыточной температуры различных материалов и сред.

А.Ю. Серегин

Тамбовский государственный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ*

Автоматизированная система научных исследований (АСНИ) процесса прессования древесностружечных плит предназначена для определения теплофизических, тепломассопереносных и кинетических характеристик древесностружечных плит. Она выполняет следующие функции: связь с объектом исследования; сбор и преобразование экспериментальной информации; численную обработку информации; представление входной информации и результатов обработки; контроль и управление экспериментом; сохранение экспериментальных данных; документирование и систематизация результатов; связь с производством; передача информации для управления.

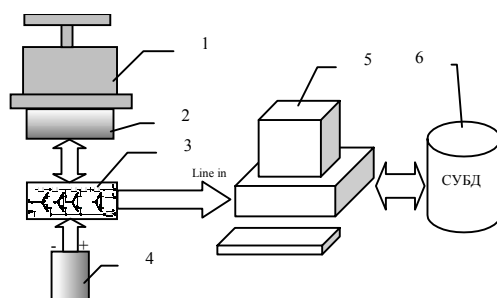


Рис. 1 Общая схема измерения веса

1 – измерительная ячейка с образцом; 2 – датчик веса;

3 – схема преобразователя; 4 – аккумулятор; 5 – ЭВМ со встроенным ЦАП/АЦП; 6 – база данных

АСНИ включает следующие взаимосвязанные между собой основные виды обеспечения: техническое, математическое, методическое, алгоритмическое, программное, информационное, метрологическое и организационное. Техническое обеспечение состоит из: измерительной ячейки; измерительной системы; системы управления; интерфейса КАМАК; персонального компьютера с выходом в глобальную сеть. Упрощенная структура АСНИ включает: измерительную ячейку с объектом исследования, систему управления и контроля давлением, систему управления температурными режимами, системы автоматизированного контроля температурой и влажностью, связанные с персональным компьютером.

Персональный компьютер и интерфейс КАМАК составляют ядро измерительно-вычислительного комплекса АСНИ, представляющего собой информационно-измерительную иерархическую вычислительную систему, созданную на базе персонального компьютера, связанного через устройство сопряжения в стандарте средств вычислительной техники КАМАК с экспериментальной установкой. Персональный компьютер выполняет функцию управляющей вычислительной машины.

Для определения эффективного коэффициента диффузии необходима информация об изменении влажностного содержания в определенные моменты времени. В качестве способа определения влажностного содержания в образце материала выбран способ измерения изменения его веса во время эксперимента. Для измерения веса

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. О.С. Дмитриева

была спроектирована автоматизированная система контроля, в состав которой входят: датчик веса, промежуточный преобразователь, аналого-цифровой преобразователь и персональный компьютер.

Программное обеспечение АСНИ позволяет в процессе эксперимента отображать в виде графиков на экране дисплея компьютера характер изменения величин, что облегчает контроль за ходом эксперимента и полученными результатами.

М.Ю. Серегин, Е.А. Яковлева

Тамбовский государственный технический университет

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ

В решении важных прикладных задач при анализе свойств веществ часто приходится выполнять большое число отдельных определений. Большую роль здесь призваны сыграть компьютерные анализаторы, использующие современную идеологию и средства аналитической и микропроцессорной техники. Развитие автоматических методов анализа стимулируется повышением надежности и экономичности анализа при уменьшении его стоимости, оперативностью получения большого объема точной аналитической информации. Поскольку приходится обрабатывать большие объемы данных, удобно использовать соответствующую микропроцессорную технику – в современных приборах компьютер составляет часть прибора. Рассмотрим методику проектирования компьютерных анализаторов свойств веществ, которая состоит из следующих этапов:

- 1 Обследование объекта автоматизации (анализ процесса измерения).
- 2 Постановка целей. Анализ существующих методов и средств автоматизации аналогичных объектов и формулирование на основании требований пользователя достижимых целей функционирования компьютерной системы анализа. Цели должны быть четкими, явными и измеримыми. Цели должны определять: общее назначение системы, определение разных групп пользователей и их роли, подробное перечисление функций системы, виды необходимой документации, совместимость с другими продуктами и стандартами, конфигурации аппаратуры, средства обеспечения безопасности, методы и средства настройки и обслуживания, методы обеспечения надежности системы. Цели не должны конфликтовать между собой, так как ими необходимо руководствоваться для выработки компромиссных решений на следующих этапах проектирования.
- 3 Разработка архитектуры системы (выбор оборудования и определение связей между его элементами). Выделение уровней управления, подсистем, комплексов задач, задач и функций управления.
- 4 Программирование модулей на выбранных программных средствах. При программировании необходимо помнить, что текст программы необходим для общения с людьми, а не с машиной. Важность этого утверждения станет очевидна, когда наступит этап сопровождения системы. Для повышения надежности программного обеспечения необходимо использовать при программировании метод взаимного недоверия модулей, то есть каждый модуль системы должен относиться с определенной долей недоверия, в разумных пределах, к полученным входным данным и проверять их перед обработкой.
- 5 Интеграция (сборка) системы в соответствии с выбранным методом и ее тестирование.
- 6 Разработка методического обеспечения. Разработка методик контроля. Руководства пользователей, инструкции по эксплуатации, технологические инструкции.
- 7 Апробация разработанных методик и документации.
- 8 Оценка погрешностей.
- 9 Внедрение системы на объекте.
- 10 Сопровождение системы: устранение ошибок и замечаний пользователей, разработка дополнительных режимов и функций управления, функциональное расширение системы.

Особо отметим, что этап сопровождения является самым дорогим этапом, его стоимость оценивается экспертами в 50 % от общей стоимости разработки системы. Это можно объяснить тем, что на самом деле этот этап не является самостоятельным, а объединяет группу перечисленных выше этапов проектирования на следующих за этапом внедрения системы витках спирали жизненного цикла программного и технического обеспечения.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА*

Теплофизические характеристики являются показателями качества многих материалов и изделий, применяемых в химии, строительстве, авиационной и космической технике и т.д. Знание этих характеристик, понимание закономерностей теплопереноса помогает правильно проектировать процессы и аппараты в различных отраслях промышленности. Поэтому большое внимание уделяется совершенствованию эксперимента как основного способа получения информации о теплофизических свойствах веществ.

В данной работе рассматривается модификация измерителя теплопроводности ИТ- λ -400, предназначенного для массовых теплофизических исследований температурной зависимости теплопроводности твердых, механически обрабатываемых материалов в режиме монотонного нагрева в лабораторных и заводских условиях. К числу «узких мест» эксперимента по определению теплопроводности образца с помощью измерительной ячейки ИТ- λ -400 можно отнести сравнительно большое время проведения эксперимента и возникающие погрешности измерения. Соответственно повысить эффективность проведения экспериментов по изучению теплопроводности материалов можно за счет уменьшения влияния этих факторов.

Этот эффект был достигнут в результате разработки лабораторного стенда на базе сопряжения прибора ИТ- λ -400 и персонального компьютера на базе Pentium III, оснащенного платой сбора данных PCI MIO-16E-1 (National Instruments). В результате сопряжения стало возможным возложить операции сбора сигналов измерительных преобразователей прибора и обработки поступающих данных, расчета искомой теплопроводности на измерительно-вычислительный комплекс.

Благодаря компьютеризации эксперимента возникает возможность использовать созданную специалистами кафедры АСП теплофизическую установку для исследования теплопроводности по экспериментальным данным, получаемым в режиме удаленного доступа. Основу установки составляет полностью автоматизированный на базе персонального компьютера оснащенный самым современным измерительным оборудованием экспериментальный стенд, на котором можно проводить большой комплекс исследований материалов различного назначения. Будучи дополненной пакетом программ LabView и адаптером передачи данных через сеть Internet, установка становится основой географически распределенной автоматизированной лаборатории с дистанционным доступом через Internet. Благодаря этому становится возможным оказание услуг по проведению изучения теплофизических характеристик материалов высшим учебным заведениям и профессионально-техническим учреждениям, научно-исследовательским институтам и промышленным предприятиям.

В числе полезных эффектов от автоматизации эксперимента применительно к учебному процессу также необходимо отметить улучшение количественных и качественных показателей обучения инженеров, в котором значимое место занимает изучение процессов и закономерностей теплопереноса, методов и средств измерений тепловых величин.

Д.А. Шеблев

Тамбовский государственный технический университет

ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ, ПАСТООБРАЗНЫХ И СУХИХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева, д-ра техн. наук, проф. А.А. Чурикова

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. А.А. Чурикова и канд. техн. наук, доц. А.Г. Дивина

Определение теплофизических свойств имеет большое значение там, где требуется контроль качества теплоизоляционных материалов, а также в отраслях промышленности, где производство основано на использовании процессов теплопереноса.

Большинство современных методов определения теплофизических свойств характеризуются рядом недостатков: значительная длительность эксперимента и создание строго поддерживаемых условий измерений; в большинстве случаев измерение лишь одного теплофизического свойства; недостаточно полное использование измерительной информации; большинство методов не имеют достаточного математического обоснования и анализа источников погрешностей эксперимента; не все существующие методы и устройства могут быть применены в составе автоматизированной системы научных исследований (АСНИ).

На основе анализа существующих методов определения теплофизических свойств разработаны физическая и математическая модели температурного поля в измерительном блоке, в соответствии с которыми предложена конструкция и изготовлено измерительное устройство.

Отличительной особенностью предлагаемого измерительного устройства является использование модулей Пельтье для поддержания заданных в математической модели граничных условий.

Разработана методика проведения измерения, в соответствии с которой модули Пельтье используются в двух режимах: измерение теплового потока и нагрев или охлаждение контактных пластин для регулирования их температуры.

Измерительная информация поступает и обрабатывается с помощью персонального компьютера, оснащённого многофункциональной платой сбора данных PCI-1202H.

Программное обеспечение разработано в среде LabView, которая помимо контроля и управления процессом измерения дает возможность проведения эксперимента в режиме удаленного доступа.

С Е К Ц И Я 4 S E C T I O N 4

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

METROLOGY, STANDARDIZATION, CERTIFICATION AND PRODUCT QUALITY MANAGEMENT

Л е к ц и и

О.А. Горленко, Т.П. Можяева

Брянский государственный технический университет

ПРИНЦИПЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕПОДАВАНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ КУРСОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В современных условиях особую актуальность приобретает проблема повышения качества подготовки специалистов, выпускаемых вузами. Приоритетной формой подготовки студентов является лекционная форма учебного процесса. Управление лекционным курсом на основе восьми принципов менеджмента качества, сформулированных в стандарте ИСО 9000:2000, позволит гарантировать каждому студенту достижения уровня знаний, установленных государственным образовательными стандартами.

Одним из ведущих принципов управления качеством лекционных курсов является подход, в соответствии с которым любую деятельность, в том числе и педагогическую, можно рассматривать как процесс. Организация преподавания дисциплинарных курсов, с позиций процессного подхода, позволяет устранить характерный для лекций недостаток: отсутствие обратной связи, лишаящей преподавателя информации об уровне усвоения знаний студентами. В соответствии с данным подходом предлагается разработанная процессная модель преподавания лекционных курсов в двух вариантах, гарантирующая «на выходе» каждому студенту уровень знаний, отвечающий установленным требованиям.

Процессная модель представлена в двух вариантах (в зависимости от уровня исходной подготовки студентов).

Вариант I процессной модели предназначен для реализации на лекционных потоках, состоящих из студентов, приблизительно равных по уровню исходной подготовки (рис. 1).

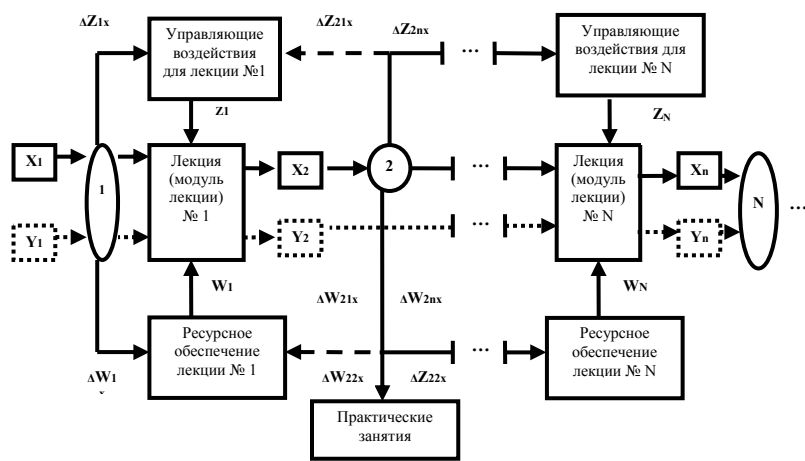
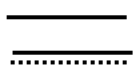


Рис. 1 Варианты I и II процессной модели преподавания лекционных курсов:



- вариант I дескриптивной модели;
- - - вариант II дескриптивной модели

В начале лекционного курса (лекции, модуля) – педагогический объект X_1 (студент или группа студентов) с определенной подготовкой, которая может быть как достаточной, так и недостаточной для эффективного усвоения знаний в ходе последующего обучения. С целью выявления уровня исходной подготовки студентов проводится контроль их знаний. Лекция как педагогический процесс осуществляется при наличии определенного ресурсного обеспечения W_1 (методические средства: приборы, оборудование, учебные материалы и т. п.) и управляющих воздействий Z_1 (стандарты, учебные планы и программы и т. п.). На основе результатов контроля знаний вносятся коррективы ΔZ_{1x} и ΔW_{1x} в план проведения лекционного курса в целом или лекций модуля №1. Педагогический объект X_2 – это студент (или группа студентов), получивших определенную подготовку при прослушивании лекции, например модуля №1, которая может оказаться как недостаточной, так и недостаточной для последующего обучения. С целью выявления уровня знаний студентов проводится контроль знаний. Полученные результаты позволяют провести серию корректирующих мероприятий: ΔZ_{21x} , ΔW_{21x} (изменение материала лекций на будущий учебный год), ΔZ_{2Nx} , ΔW_{2Nx} (изменение плана проведения последующих лекций), ΔZ_{22x} , ΔW_{22x} (отработка неувоенных учебных элементов на практических, семинарских, ла-

бораторных занятиях и т.п.). Контроль качества знаний ^(N), проводимый после лекции № N, может использоваться как для оценки уровня усвоения учебных элементов предыдущих лекций, так и для выявления уровня усвоения учебных элементов лекции № N.

Вариант II процессной модели, направленный на выравнивание уровня подготовки студентов «слабых» и «сильных» групп одного лекционного потока (с ориентацией на повышение качества подготовки студентов), базируется на варианте I модели. С целью выявления уровня базовой подготовки студентов проводится предварительный контроль знаний ^(N), который позволяет выявить группы Y₁ (контрольные), базовую подготовку которых можно считать достаточной для изучения дисциплинарного курса, и группы X₁ (экспериментальные), уровень знаний которых не соответствует предъявляемым требованиям к исходной подготовке студентов. В дальнейшем алгоритм работы выстраивается аналогично варианту I, однако весь корректирующий процесс ориентирован на экспериментальную группу («слабую» по уровню знаний). Контроль качества знаний ^(N), проводимый после изучения тематического раздела, является итоговым для групп X_n и Y_n и позволяет сравнить качество усвоения учебного материала контрольными и экспериментальными группами.

Чтобы результативно функционировать лекционный процесс должен быть *сориентирован на потребителя*, его требования и ожидания ^(N). Реализация этого принципа ставит преподавателя перед необходимостью выявления заинтересованных сторон. Заинтересованными сторонами являются: студенты, стремящиеся получить знания, необходимые в будущем для успешной профессиональной деятельности; родители студентов, желающие, чтобы их дети получили высшее образование; работодатели, как заказчики высококвалифицированных специалистов, подготавливаемых вузом; государство, заботящееся об образовательном уровне населения с целью повышения экономического благосостояния страны; преподаватели, стремящиеся сформировать у студентов систему знаний, необходимых для успешного усвоения учебного материала последующих лекционных курсов. На практике студенты, как основные потребители образовательных услуг, четко не представляют себе, какие знания, способствующие их профессиональному становлению, они должны усвоить, прослушав лекционный курс. В этой связи представляется необходимым определить по каждому лекционному курсу учебные элементы (понятия), овладения которыми является обязательным для каждого студента лекционного потока и служит критерием качества его подготовки. Перечень учебных элементов по лекционному курсу должен быть доступен для студентов. Студент как потребитель образовательных услуг имеет полное право знать, каким объемом знаний и на каком уровне он должен овладеть, чтобы стать конкурентоспособным специалистом на рынке труда.

Следующий принцип, который должен быть реализован при управлении качеством лекционных курсов, – это *лидерство руководителя*. Принцип лидерства распространяется на всех лекторов дисциплинарных курсов, которые своим личным примером должны демонстрировать приверженность к качеству. Задача лектора сплотить преподавателей, ведущих практические занятия и лабораторные работы, для реализации единой общей цели повышения качества подготовки студентов.

Учитывая, что моды составляют наиболее существенную и ценную часть образовательного учреждения (кафедры), следует активнее *вовлекать их* в процесс повышения качества преподавания лекционных курсов. Только слаженная работа лектора и преподавателей, ведущих практические занятия и лабораторные работы, позволяет добиться высокого качества подготовки студентов. Так как именно на практических занятиях осуществляется текущий мониторинг уровня знаний студентов, позволяющий выявить неусвоенные учебные элементы и отработать их.

Исходя из принципа – *системный подход к менеджменту*, следует рассматривать лекционный курс как элемент системы лекционных курсов специальности, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой. Сегодня необходимо создание не отдельного взятой системы качества управления лекционным курсом, а реализация относящихся к качеству управленческих процедур как составной части всей системы руководства и управления образовательными услугами. Таким образом, системный подход к менеджменту лекционных курсов – это построение интегрированной системы взаимосвязанных процессов, используемых для достижения поставленных целей в области качества.

Реализация принципа *постоянного улучшения* требует определенной перестройки в сознании всех участников лекционного процесса, формирование у них потребности в постоянном улучшении результатов своего труда, процессов и системы в целом. Принцип постоянного улучшения требует знания и применения инструментов контроля качества для эффективности и результативности лекционного процесса, а также удовлетворения потребителей и других заинтересованных сторон. При этом методика пошагового, постоянного улучшения лекционных курсов требует определения ресурсного обеспечения

(вариативности учебного материала лекций, тестовые задания различной степени сложности и т.д.), позволяющего вывести студента на более высокий уровень овладения знаниями предмета.

Принципы *принятия решений, основанных на фактах*, требует измерений и сбора достоверных и точных данных на основе применения статистических методов (контрольных карт, диаграммы Исикавы, диаграммы Парето и т.д.). Принятие решений должно основываться на статистическом мышлении, которое предполагает доверие конкретным фактам, а не абстрактным идеям; понимание того, что лишь в результате многочисленных и длительных наблюдений можно выявить устойчивую тенденцию, представляющую собой надежную информацию. Безусловно, ни в коем случае нельзя отрицать значение опыта и интуиции лектора в принятии решений. Однако важно обеспечить разумный баланс аргументов, формируемых на основе анализа фактов, опыта и интуиции.

Принцип *взаимовыгодные отношения с поставщиками* требует идентификации основных поставщиков в вопросе организации преподавания лекционных курсов. К основным поставщикам можно отнести следующие структуры: предприятия, на базе которых студенты проходят производственную практику; книжные агентства и издательства, обеспечивающие библиотечные фонды вуза; институты повышения квалификации и отделы аспирантуры, удовлетворяющие потребности вуза в квалифицированном профессорско-преподавательском составе и т.д.

Реализация рассмотренных восьми принципов менеджмента качества применительно к организации преподавания лекционных курсов будет, несомненно, способствовать повышению качества подготовки специалистов, выпускаемых высшими учебными заведениями.

W.H. Koch, E.S. Ponomareva

Norwegian University of Science and Technology (NTNU),
Department of Production and Quality Engineering,
Trondheim, Norway

QUALITY OF MACHINING PROCESS THROUGH CUTTING VALUES DECISION MAKING

1 Introduction

The determination of optimal cutting conditions is of vital meaning to ensure maximum technical and economic efficiency in part production obtained by means of manpower and machine tools available. The rationality and economy of manufacturing, which are a result of material and energy saving and shorter machining times, depend to a large extent on the right choice of selected cutting conditions and required product quality.

Once the operation sequences and the appropriate tools have been determined, success and quality of the machining process depends on the selection of cutting values. For example, in the case of turning, cutting values include feeds and cutting speeds. The cutting values are selected to achieve the desirable performance such as good surface finish, dimensional accuracy of the component, easy chip removal and so on. In addition, they must also satisfy an economic criterion like minimum production cost or maximum production rate. Thus machining economics involves the optimal selection of machining parameters such as cutting speed and feed subject to certain technological constraints such as tool wear, dimensional accuracy, surface finish and machine tool capabilities.

This paper is mainly focused on the cutting values single objective optimisation problem for the single-pass, single-tool turning operation.

The experiments with applying miscellaneous mathematical models and solution approaches to the single-pass, single-tool turning operation optimisation task, showed that each of the approaches gave agreeable results.

The practice has also shown that after the optimisation problem has been solved, the operator has the solution, including values, for example, for feed and speed. Usually these values are represented by some real numbers such as, for instance, $f^* = 0.052$ inch/rev, $v_c^* = \quad = 143.7$ feet/min, whereas, most machine tools for cutting operations can only deal with certain discrete natural numbers. So, the operator is left with the real numbers of the cutting values for the particular operation, which he can not use in practice. In this situation operator has to be skilled and experienced enough to take a responsibility to choose some suitable discrete values for the machine tool, which are no longer the optimal ones and could entail decrease in quality of machining process and as a result – the quality of product.

To overcome this problem is possible by, for example, buying advanced machine tool with possibility to change continuously the feeds and speeds for the operations. Such machine tools are very expensive, which leads to the situation where not every manufacturing company can afford to purchase them.

Following Koch (1988), the attempt of this report is to try to subdue the problem of choosing the discrete numbers from the optimum cutting values, f^* and v_c^* , by introducing the ranges around them, so that the solution would be more flexible and will give the possibility to the operator to choose the cutting values for the machine tool from the optimum range of the cutting values.

In this paper the realisation and testing the relevance of this idea are presented. The confirmation of the results from the numerical experiments and the production engineering consequences will be discussed. Finally, conclusions and an outlook for our further work are given.

2 Decision Making Scope With Predetermined Risk k

The determination of cutting values includes different methods in parallel. Conventionally based methods for different applied situations are required: the generation results from actual cutting process, personal experience, or calculation results.

The calculation contains mathematical models for optimisation, corresponding software, experienced programmers and operators to assess the results of the calculation.

When optimisation model is formulated and approved, programmer writes the computer code for the program runs it and gets the optimum solution points for the cutting values. However, such solution points are often not flexible enough to choose for the concrete decision making in the workshop. Around these optimal cutting values f^* , v_c^* , it is possible to determine certain variation ranges, i.e., reasonable decision making intervals, by the following approach:

According to Koch (1988), if the manufacturing engineer is willing to take a predetermined risk that might, for example, consist in:

- spending a little amount k more in manufacturing costs than the minimum costs $c^* = c(f^*, v_c^*)$ and/or
- extending the feasible tool life limit R_T by a certain feasible level r due to existing experiences;

then a new optimisation problem can be formulated as follows:

Determine the (variable) interval bounds:

$$f^* - f^\# = f^\#; \quad f^\# - f^* = f^{\#\#};$$

$$v_c^* - v_c^\# = v_c^\#; \quad v_c^\# - v_c^* = v_c^{\#\#}$$

close to f^* , v_c^* such that the function describing the area of an inscribed rectangle gets a maximum value under the constraints that the predetermined risk (according to the given r and k) is not exceeded, i.e.:

$$(f^\# + f^{\#\#}) * (v_c^\# + v_c^{\#\#}) \rightarrow \text{Max!},$$

where with any point of that rectangle $[f^\#, f^{\#\#}] \times [v_c^\#, v_c^{\#\#}]$ it is not “allowed” to exceed

- the optimum manufacturing costs (or time) not more than $c_{\min} + k$

and

- certain restrictions l (e.g., tool life limit R_T) not more than $gl + rl$ ($l=1, \dots, m$).

This leads to a minimisation problem with even the possibility of $v_c^\# \leq 0$ or $f^\# \leq 0$ or $v_c^{\#\#} \leq 0$ or $f^{\#\#} \leq 0$:

$$(f^\# + f^{\#\#})(v_c^\# + v_c^{\#\#}) \rightarrow \text{Max!} \quad (1)$$

subject to

$$c^* \leq c(f^* - f^\#, v_c^* - v_c^\#) \leq c^* + k; \quad (2)$$

$$c^* \leq c(f^* + f^{\#\#}, v_c^* + v_c^{\#\#}) \leq c^* + k; \quad (3)$$

$$c^* \leq c(f^* - f^\#, v_c^* + v_c^{\#\#}) \leq c^* + k; \quad (4)$$

$$c^* \leq c(f^* + f^{\#\#}, v_c^* - v_c^\#) \leq c^* + k \quad (5)$$

and/or

$$R_T \leq R(f^* - f^\#, v_c^* - v_c^\#) \leq R_T + r; \quad (6)$$

$$R_T \leq R(f^* + f^{\#\#}, v_c^* + v_c^{\#\#}) \leq R_T + r; \quad (7)$$

$$R_T \leq R(f^* - f^\#, v_c^* + v_c^{\#\#}) \leq R_T + r; \quad (8)$$

$$R_T \leq R(f^* + f^{\#\#}, v_c^* - v_c^\#) \leq R_T + r. \quad (9)$$

In order to test the reasonability and relevance of the model discussed in Koch (1988) we used an existing cutting values optimisation example taken from the paper published by Philipson and Ravindran (1979). A single diameter is to be turned in one pass using optimal feed rate and cutting speed which will minimise costs. The formulation of the mathematical model and numerical example used to illustrate the solution will be presented in details during our presentation.

To compute this cutting values optimisation problem we used the nonlinear optimisation system *NOSYS*. The system was developed by Professor Wolfgang H. Koch (1997). The *NOSYS* assists the user to solve complex optimisation tasks numerically (*NOSYS/MENOS*). In case of 2 problem variables, it is also has a possibility to provide for the user the graphical optimisation by manipulation of bounds and moving through the feasible set (*NOSYS/GRANOS*).

The comparison of the results for the cutting values optimisation problem from the Philipson and Ravindran (1979) paper with our calculations shown in Table 1.

1 Comparison of the results

Optimal values	Philipson and Ravindran (1979)	Koch and Ponomareva (2004)
f^* , inches/revolution	0.035	0.035
v_c^* , surface feet/minute	153.37	153.34
c^* , \$	0.561	0.561

The comparison of the results of Philipson and Ravindran (1979) model shows that our program works and the software tool *NOSYS* is reliable. Slight difference in result of the optimum value for the speed v_c^* could be due to:

- negligible differences in the precision of the software used by Philipson and Ravindran and software tool *NOSYS* we used;

- more powerful and precise computers and /or real numbers representation available nowadays.

Around the neighbourhood of the solution point $(f^*, v_c^*)^T = (0.035, 153.332793)^T$ with $c^* = 0.56140127$ there are ranges of the cutting values as shown by formulation of the optimisation mathematical model (1) subject to constraints (2) – (9). This is a general case for the decision making scope determination with the predetermined risk optimisation task.

The first attempt to approach the solution for this task has led to a simplified mathematical model. It has been decided to use only manufacturing costs objective function and instead of using several inequality constraints to use 2 equality constraints:

a) one for the point (f', v_c') as left lower corner and

b) another one for the point (f'', v_c'') as right upper corner of the inscribed rectangle.

This leads to the optimisation task:

$$A = ab = (f^* - f')(v_c'' - v_c') \rightarrow \text{Max!} \quad (10)$$

subject to

$$c(f', v_c') = c^* + k, \quad (11)$$

$$c(f'', v_c'') = c^* + k \quad (12)$$

3 Results

Table 2 shows the comparison of the results for the classical optimisation approach for the cutting value optimisation task given by Philipson and Ravindran (1979) and decision making scope with predetermined risk approach of Koch and Ponomareva (2004).

2 Comparison of the results

Variables	Philipson and Ravidran (1979)	Koch and Ponomareva (2004)
f^* , inches/revolution	0.035	0.0254 - 0.035
v_c^* , surface feet/minute	153.37	146.6260 - 221.3298

It is always better to have flexible solution for the machining operation. Having optimum ranges for the feed f and cutting speed v_c , gives an operator some room to adapt the solution to a real-world situation in the workshop.

The results show that the operator can now choose the cutting values for the machining operation from the range of optimum values. The optimum solution point $(f^*, v_c^*)^T = (0.035, 153.332793)^T$ with $c^* = 0.56140127$ is a part of the optimum range with its $f^* = f'' = 0.035$ lying on the edge of the rectangle with the area A ; and the $v_c^* = 153.332793$ lying inside the interval v_c' and v_c'' . The question whether it is a necessary condition to have the solution point to be a member of the optimum cutting values range could be a subject for further investigations.

4 Conclusions and Outlook for Further Work

In practice solution results of the optimisation problem are often not flexible enough to choose for the concrete decision making in the workshop. Beyond the optimal cutting values f^* , v_c^* , there are ranges around them, i.e., reasonable decision making intervals of vital interest.

The new approach, based on Koch (1988), to get better, flexible solutions for the machining problem has been presented. The original general and simplified mathematical models for the decision making scope with predetermined risk have been formulated.

The optimum ranges for the simplified mathematical model have been obtained and presented in form of table. These optimum ranges can give an operator more flexibility in choosing the cutting values for the real situation in workshop.

Further work is to try to find the solution for the generally formulated mathematical problem of decision making with predetermined risk. As well as the question of whether it is a necessary condition to have the solution point to be a part of the optimum cutting values range could be a subject for further investigations.

References

- 1 Koch, W.H. Realisierung und Anwendung des Softwaremodulsystems NOLEM zur Numerischen Bearbeitung stetiger nichtlinearer Optimierungsaufgaben in CAD/CAM- und CIM-Prozessen. Abschlussforschungsbericht (G4) CIM 081, TU Dresden, 1988.
- 2 Koch, W.H. *NOSYS* Nonlinear Optimisation System. En arbeidsveiledning, Narvik, 1997.
- 3 Koch, W.H., Ponomareva E.S. Cutting Values Decision Making. Course project, Trondheim, 2004. 25 p.
- 4 Philipson, R.H. Ravindran, A., Application of mathematical programming to metal cutting. Math Program Stud 11, 1979. 116–134.

*С.В. Мищенко, Н.П. Пучков, С.В. Пономарев,
Э.В. Злобин*

Тамбовский государственный технический университет

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Сегодня российское высшее образование в результате перестройки всей экономической системы страны столкнулось с рядом проблем. Вот лишь некоторые, ставшие неотъемлемой составляющей в деятельности практически любого высшего учебного заведения:

- резкое снижение роли государства в регулировании рынка труда;
- динамичное изменение структуры спроса на специалистов различных специальностей и направлений;
- значительная доля, занимаемая на рынке образовательных услуг, негосударственными вузами, способствующая возникновению и развитию конкуренции;
- сложности с внедрением передовых средств и методов обучения, связанные с финансовым положением учебных заведений и другими причинами.

Все это и многое другое стало в течение продолжительного периода времени предметом многочисленных дискуссий и размышлений, которые направлены на определение способов, путей и инструментов, которые могут помочь адаптации высших учебных заведений к новым условиям и повысить качество подготовки специалистов.

В данной статье обобщен опыт, накопленный в Тамбовском государственном техническом университете (ТГТУ), по созданию и совершенствованию системы менеджмента качества (СМК) образовательных услуг, построенной на принципах и требованиях, изложенных в стандартах ИСО серии 9000 версии 2000 года, как одной из моделей управления качеством подготовки специалистов в техническом вузе.

Семейство стандартов ИСО 9000 было разработано, для того чтобы помочь организациям продемонстрировать свою способность предоставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и установленным к ней обязательным требованиям.

Основной продукцией деятельности вуза является предоставление образовательных услуг. По этой причине становится очевидным, что определяющим фактором качества образования в вузе является уровень качества оказываемых образовательных услуг.

Поэтому с самого начала создания система менеджмента качества рассматривалась как один из важнейших инструментов, который позволил бы укрепить положение ТГТУ на рынке образовательных услуг через достижение следующих целей:

- совершенствование системы управления учебным процессом и системы управления университетом в целом;
- снижение непроизводительных затрат и потерь, вызванных несовершенной организацией учебного процесса;
- повышение удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон путем постоянного улучшения эффективности функционирования университета;
- содействие профессиональному росту профессорско-преподавательского состава;
- содействие достижению и непрерывному повышению уровня качества подготовки специалистов;
- повышение престижа ТГТУ в регионе и за его пределами.

В университете при создании СМК решили использовать в качестве базового стандарта, устанавливающего требования к системам менеджмента качества, стандарт ГОСТ Р ИСО 9001–2001 и методику [1] подготовки системы менеджмента качества к сертификации, включающую в себя основные этапы, представленные на рис. 1.

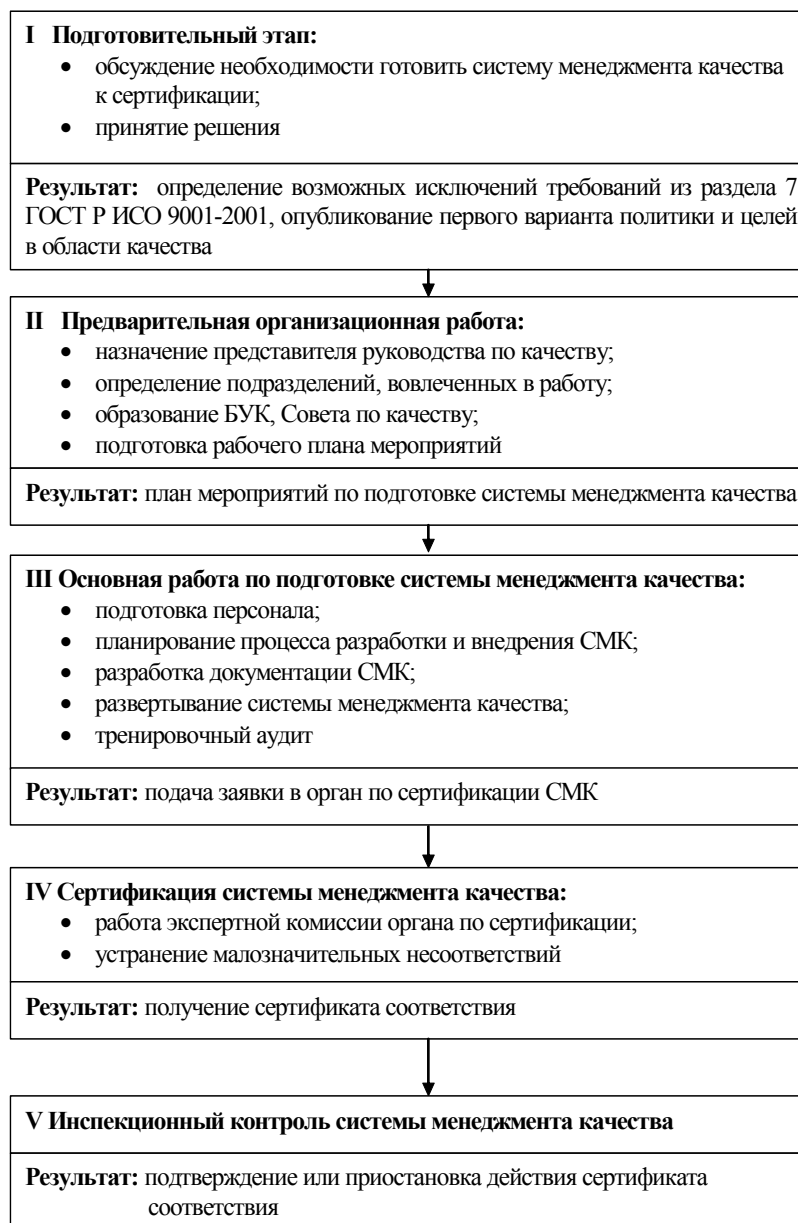


Рис. 1 Алгоритм подготовки к сертификации системы менеджмента качества образовательных услуг

Основываясь на этой методике и стандарте [2], был составлен соответствующий план создания, разработки и подготовки к сертификации системы менеджмента качества университета. Оперативные корректировки плана осуществлялись приказами ректора и распоряжениями представителя руководства по качеству.

Такая систематизация процессов СМК была проведена в ТГТУ представителем руководства по качеству и отделом управления качеством (ОУК), сформированного на этапе предварительной организационной работы. ОУК, исходя из целей, сформулированных руководством университета, сформировал структуру документации СМК, определил этапы и предложил календарный план разработки документации СМК для достижения этих целей [3].

Работа началась с разработки руководства по качеству, которое является основным документом, определяющим всю систему менеджмента качества университета. Этот документ информирует персонал университета о политике и целях в области качества, а также о мерах по выполнению поставленных задач. Руководство по качеству дает информацию потребителям о методах и средствах управления качеством образовательных услуг, предоставляемых университетом.

Следующей ступенью создания СМК в университете стала разработка документированных процедур, описывающих процессы СМК. В качестве методического материала, призванного помочь разработчикам, был выпущен препринт [3] научно-теоретического и прикладного журнала «Вестник ТГТУ». Документированные процедуры разрабатывались в соответствии с календарным планом, утвержденным

ректором и оформлены в виде СТП ТГТУ. СТП разрабатывали специалисты, выполняющие эти работы. Одновременно с разработкой документированные процедуры анализировались и согласовывались на семинарах, проводимых отделом управления качеством.

Сейчас ведется работа по внедрению СМК. Она направлена на доработку СТП и документов третьего уровня (должностные и рабочие инструкции, рабочие программы учебных дисциплин, методические указания по выполнению курсовых и дипломных проектов, по прохождению учебных и производственных практик, по выполнению практических и лабораторных занятий и т.п.), а также на развертывание системы менеджмента качества и проведение серии внутренних проверок.

В качестве инструмента по доработке процедур и подготовке к внутренним проверкам предполагается воспользоваться самооценкой.

Что ожидает руководство ТГТУ от действующей системы менеджмента качества образовательных услуг и что уже достигнуто?

Совершенно очевидно, что заметные улучшения могут быть получены только по истечении определенного промежутка времени, т.к. всем участникам системы менеджмента качества образовательных услуг ТГТУ, а именно, руководству, профессорско-преподавательскому составу, учебно-вспомогательному персоналу, студентам, необходимо овладеть, а затем и привыкнуть к четко регламентированному порядку осуществления любой деятельности, которая так или иначе связана с учебным процессом. Однако уже и сейчас можно говорить о первых результатах и положительных тенденциях:

- определена организационная структура управления системы менеджмента качества образовательных услуг, которая согласована с общей системой управления;
- четко определены ответственность и полномочия всех должностных лиц;
- однозначно регламентирован порядок выполнения всех работ, связанных с учебным процессом, по всему циклу подготовки специалиста, от абитуриента до выпускника;
- созданы предпосылки для унификации и рационализации методик обучения по циклам дисциплин учебного плана и общему согласованию всей «цепочки» подготовки специалиста;
- установлен единый порядок управления организационно-распорядительной и регламентирующей документацией системы менеджмента качества;
- обеспечена более стабильная и предсказуемая работа ВУЗа в целом.

Практическое использование в работе тех принципов, которые регламентированы документацией системы менеджмента качества, вне всякого сомнения, выявит имеющиеся неточности и возможно даже ошибки. Мы к этому относимся спокойно, и будем анализировать и конструктивно использовать появляющийся опыт. Кроме того, в наших планах постепенное внедрение принципов «Всеобщего менеджмента качества» в деятельность ТГТУ, что будет способствовать улучшению качества образовательных услуг, уменьшению вероятности появления несоответствий (дефектов) в процессах предоставления образовательных услуг. СМК позволит не только повысить уровень качества образования, но и выйти российским вузам на мировой рынок образовательных услуг.

Список литературы

1 Мищенко С.В. Подготовка к сертификации системы качества в инженерном образовании / С.В. Мищенко, С.В. Пономарев // 2-й Российский семинар по инженерному образованию «Инженерное образование в XXI веке»: Труды семинара / ТГТУ. Тамбов, 2001. С. 43 – 45.

2 ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования. М:ИПК Издательство стандартов, 2001. 26 с.

3 Формирование системы менеджмента качества образовательных услуг университета / С.В. Мищенко, С.В. Пономарев, Н.П. Пучков, Ю.Х. Ахохов, С.В. Григорьева, Э.В. Злобин, В.А. Самородов, А.В. Трофимов, М.М. Фокин, В.А. Самодуров, С.И. Марков // Вестник ТГТУ. 2002. Т. 8, № 4. Пре-принт. 80 с.

В.М. Жилкин

Тамбовский государственный технический университет

**ВОПРОСЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ОБЕЗВОЖИВАНИЮ**

Международный стандарт ИСО 10012 «Обеспечение качества измерительного оборудования», часть 2 «Руководящие указания по управлению измерительными процессами» рассматривает измерение в виде всеобъемлющего процесса и определяет измерительное оборудование как единство средств измерений, вспомогательной аппаратуры, операторов и инструкций, необходимых для выполнения измерения. В соответствии со стандартом, измерительное оборудование представляет собой лишь один из множества факторов, оказывающих влияние на измерение.

Преимущества такого подхода к оценке измерительной информации особенно очевидны при проектировании и предварительных исследованиях сложных измерительных процессов. Сложными являются новые мало исследованные процессы, где продукция неоднородна, контролируемые параметры – обобщенные характеристики, отсутствуют калибровочные эталоны, а уровни технической и метрологической проработки измерительного оборудования на стадии исследования еще недостаточно высоки. К таким измерительным процессам относится контроль качества подготовки свежескошенной растительной продукции к обезвоживанию. Электрофизические параметры свежескошенной растительной продукции в процессе переработки определяются не только технологическими режимами, но и зависят от времени суток, погодных условий, влажности и фазы вегетации материала. Контролируемый критерий – уровень эффективности подготовки сырья к обезвоживанию – безразмерная величина $0 \leq S_x \leq 1$.

Цели проведения анализа данных измерительного процесса могут быть следующие:

- 1) оценка, на заданном доверительном уровне, пригодности процесса для измерений уровня эффективности подготовки сырья к обезвоживанию;
- 2) выбор нового, наиболее подходящего метода измерения;
- 3) выбор нового измерительного оборудования, который основан на анализе составляющих вариаций, связанных с измерительным оборудованием;
- 4) оценка возможности субъективного влияния оператора на результаты проектируемого измерительного процесса;
- 5) разработка методики оценки точности технологической операции и измерительного процесса и определения составляющих показателей погрешностей измерений, необходимых для выявления изменчивостей, которые являются критическими для данной операции или измерительного процесса.

Полученная информация заставит владельца процесса направить ресурсы на решение таких задач, которые помогут улучшить или хотя бы сохранить установленное качество как технологической операции подготовки сырья к обезвоживанию, так и измерительного процесса уровня этой подготовки.

Анализ данных измерительных процессов на стадии проектирования является основой для сравнения и согласования с заинтересованными сторонами отклонений в измерениях. В связи с этим необходимо уметь выделять при планировании и обработке эксперимента данные, составляющие вариацию технологической операции (продукции) при измерении, и данные, составляющие вариацию измерительного процесса.

В соответствии с методами статистического управления качеством, исследуемый измерительный процесс сначала должен быть доведен до статистически управляемого состояния посредством ведения контрольных карт (КК) анализа процесса, обнаружения особых точек, выявления причин изменчивости и устранения этих причин (ГОСТ Р 50779.42–99 «Статистические методы. Контрольные карты Шухарта», Р 50.1.018–98 «Обеспечение стабильности технологических процессов в системах качества по моделям стандартов ИСО серии 9000. Контрольные карты Шухарта»). После выполнения требований, приведенного выше стандарта и рекомендаций воспроизводимость измерительного процесса с заданной вероятностью в пределах контрольных границ КК будет предсказуема.

Причины изменчивости проектируемого измерительного процесса определяются:

- вариацией измерительных образцов;
- вариацией измерительного и вспомогательного оборудования;
- вариацией операций доводки, регулировки, измерения;
- вариацией операций управления измерительным процессом;
- вариацией операций метрологического обеспечения и подтверждения;
- вариацией управляемых и неуправляемых сторонних воздействий на измерительный процесс;
- вариацией операторов.

Анализ данных проектируемого измерительного процесса должен проводиться опытными специалистами. При отсутствии тщательности и компетентности результаты анализа могут привести к ложному и потенциально опасному заключению в отношении результатов пригодности разрабатываемых измерительных процессов и, соответственно, в дальнейшем к заключению о приемлемости несоответствующей технологической операции подготовки и несоответствующей требованиям подготовки продукции. Измерительный процесс соответствует требованиям по управлению качеством, если находится в статистически управляемом состоянии, и его воспроизводимость меньше, чем установленный допуск.

На стадии проектной разработки при испытаниях вариантов образцов измерительного оборудования при заданном нормативном допуске могут наблюдаться следующие четыре ситуации в соответствии с табл. 1. Лучшей ситуацией является вариант В-1, когда измерительный процесс статистически управляем, и его способность соответствовать требованиям удовлетворительна. При В-2 процесс имеет чрезмерную случайную изменчивость от обычных причин, которая должна быть снижена. Вариант В-3 соответствует требованиям удовлетворительно, но не является статистически управляемым. В этом случае особые причины изменчивости должны быть идентифицированы и устранены. Случай В-4 неуправляем и неприемлем, разработчиками проекта должны быть приняты меры для снижения вариации как по обычным, так и особым причинам.

1 Классификация возможных вариантов реализации проектируемых измерительных процессов по управляемости и соответствию установленным требованиям

Соответствие установленным требованиям	Управляемость измерительного процесса	
	управляем	неуправляем
Проектируемый измерительный процесс приемлем	В-1. Статистически управляем. Способность соответствовать требованиям удовлетворительна.	В-3. Соответствует требованиям, но не является статистически управляемым. Особые причины изменчивости должны быть идентифицированы и устранены.
Проектируемый измерительный процесс неприемлем	В-2. Статистически управляем. Имеет чрезмерную изменчивость от обычных причин, которая должна быть снижена.	В-4. Неуправляем и неприемлем, должны быть приняты меры для снижения вариации как по обычным, так и особым причинам.

Если нормативный допуск на проектируемый измерительный процесс не задан, в процессе исследований необходимо установить предварительные требования к измерительному процессу и его составляющим. Предварительные требования к возможностям проектируемого измерительного процесса, к его точности и стабильности вырабатываются с учетом качественной и количественной оценки наилучших вариантов этого процесса.

Оценки требований, предъявляемых к измерительному процессу, следует считать качественными, если известно, что:

- проектируемый измерительный процесс статистически управляем;
- изменчивость проектируемого измерительного процесса должна быть на порядок меньше изменчивости контролируемой технологической операции или продукции;
- изменчивость проектируемого измерительного процесса должна быть меньше изменчивости рекомендуемого допуска;
- чувствительность измерительного процесса должна быть меньше изменчивости измерительного процесса.

Следующим шагом при проектировании измерительного процесса для оценки эффективности предварительной подготовки растительного материала к обезвоживанию является определение показателей воспроизводимости. Расчет показателей проводится только после доказательства того, что измерительный процесс находится в статистически управляемом состоянии (ГОСТ Р 50779.44–2001 «Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета»).

Воспроизводимость измерительного процесса используется как основной аргумент для предсказания того, как проектируемый процесс будет себя вести в дальнейшем, на основе анализа статистических данных, представляемых этим самым процессом. Мало пользы от предсказаний, основанных на данных измерительного процесса, который нестабилен и непредсказуем во времени. Кроме того, различные индексы и коэффициенты воспроизводимости процессов основаны и на требованиях стандарта ГОСТ Р 50779.44–2001 использовать для их расчета данные, собранные по процессу, который находится в статистически управляемом состоянии.

Для оценки воспроизводимости проектируемого измерительного процесса должны использоваться несколько различных показателей и индексов, так как ни один из показателей воспроизводимости в отдельности не может в полном объеме охарактеризовать проектируемый измерительный процесс и, следовательно, воспроизводимость процесса не может быть полностью описана одним индексом.

Дополнительно на стадии проектирования измерительных процессов необходимо помнить и учитывать с запасом по прочности, что любой метод анализа воспроизводимости, каким бы точным он ни казался, может дать только приближенные результаты. Это объясняется тем, что:

- всегда имеется некоторая выборочная вариация;
- ни один процесс не является полностью управляемым;
- экспериментальные данные только приближенно соответствуют теоретическому нормальному распределению;
- все показатели и индексы воспроизводимости измерительного процесса имеют недостатки и в определенной ситуации могут вводить в заблуждение.

Кроме того, если требования к проектируемому измерительному процессу не соответствуют потребностям потребителя, то много временных и материальных ресурсов может быть напрасно потрачено в попытках достижения управляемости ненужным процессом. Установленные при проектировании допуски, индексы и показатели воспроизводимости при этом будут бесполезны.

Воспроизводимость измерительного процесса может характеризоваться (ГОСТ Р 50779.44–2001) индексами его возможностей и коэффициентом смещения среднего процесса.

Плохая воспроизводимость проектируемого измерительного процесса может быть обусловлена растянутостью измерений во времени, что приводит к существенному изменению условий и режимов работы измерительного оборудования. Использование других методов измерения, другого оборудования и других операторов вносит в измерительный процесс различные систематические ошибки. Следовательно, в общем случае результаты воспроизводимости измерительного процесса будут хуже, чем результаты сходимости. Для улучшения воспроизводимости результатов измерения необходимо в нормативной документации на проектируемые измерительные процессы более четко прописывать:

- установленные (рекомендуемые) методы измерений и измерительное оборудование;
- условия проведения измерений;
- режимы измерений;
- требования к процедуре измерения;
- требования к квалификации персонала.

А.Н. Жмаев, С.В. Пономарев, Е.И. Солодков*

ОАО Тулиновский приборостроительный завод (ТВЕС)

*Тамбовский государственный технический университет

ПЕРЕХОД ПРЕДПРИЯТИЯ НА РАБОТУ ПО СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Во вступлении дано краткое описание ситуации в стране при внедрении закона «О техническом регулировании», дана характеристика времени в котором предприятие живет и создает конкурентоспособную продукцию, имеющую технические характеристики на уровне весоизмерительной техники Кореи, Израиля, ФРГ, Китая. Показана актуальность внедрения систем менеджмента качества (СМК).

В основной части доклада представлена методика перехода на СМК, причем на любую версию, учитывая, что их (версий) впереди еще много, тем более, что фирма «Мерседес» также имеет свою версию СМК. Даны этапы организации работ по созданию СМК а именно: информация, процессы, систематизация, оценка, выбор «хозяина», эффективность, затраты, прибыль.

Показана методика образования процессов СМК, подход к получению надежной взаимосвязи процессов и решения проблемы «стыков».

Описана работа всей системы качества как единого (живого) организма.

Даны методические указания для создания алгоритма перехода от одной системы управления качеством к другой системе менеджмента качества и т.д., также, как петля качества, (спираль качества) движется до бесконечности. Правда при переходе от одной версии СМК к другой суть проблемы не меняется, удельная энергия системы, единого информационного поля качества остается величиной постоянной меняются потребности потребителей – человечества на земле, меняются их требования, меняются формации, меняются и системы менеджмента качества. Однако важнейшим аспектом в науке о качестве остается менеджмент ресурсов. Все решают они: деньги, основные средства энергетика и люди которые являются то потребителями, то поставщиками процессов.

Очевидно, развитие систем менеджмента качества пойдет по пути развития менеджмента ресурсов и его влияния на качество продукции.

В заключение дано пожелание всем участникам конференции успехов при внедрении СМК и в других делах продвигающих, совершенствующих новые методы повышения качества труда и продукции, опережая конкурентов.

Н.В. Злобина

Тамбовский государственный технический университет

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРИНИМАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

В организациях часто приходится разрабатывать решения в условиях ненадежной или недостаточной информации, а фактические результаты реализации решений не всегда совпадают с запланированными. В современных условиях неопределенность и риски являются постоянными спутниками руководителей и специалистов, принимающих решения.

Неопределенность проявляется в параметрах информации на всех стадиях ее обработки. Неопределенность трудно измеряется, обычно ее оценивают качественно, т.е. больше или меньше процент неопределенности.

Неопределенность можно рассматривать как процесс и как явление. Как процесс неопределенность представляет деятельность некомпетентного лица, принимающего решения. Как явление неопределен-

ность – это набор нечетких и размытых ситуаций, взаимоисключающей или недостаточной информации. В реальной практике неопределенность рассматривается как единое целое.

Неопределенности разделяют на две группы: объективные и субъективные. Объективные неопределенности не зависят от лица, принимающего решения (ЛПР). При этом источник неопределенности чаще находится вне организации. Субъективные неопределенности возникают из-за профессиональных ошибок, упущений ЛПР. Источник неопределенности в этом случае чаще находится внутри организации. ЛПР необходимо научиться уменьшать возможность появления субъективных неопределенностей. Выделяются три уровня неопределенности: низкий, не влияющий на процедуру разработки управленческого решения (РУР); средний, требующий частичного изменения РУР; высокий, требующий разработки нового решения.

Можно выделить следующие причины, порождающие неопределенности:

- отсутствие полной и достоверной информации;
- сложная процедура обработки информации;
- отсутствие у ЛПР специальных знаний, касающихся объекта РУР;
- монополизация сведений различными органами управления.

Информация, в частности ее характеристики, непосредственным образом влияют на уровень неопределенности. Если рассматривать информацию с точки зрения документационного подтверждения, то ЛПР необходимо доверять только документационной информации (бухгалтерским документам, свидетельствам, дипломам и т.п.).

Первоочередной задачей ЛПР является снижение уровня неопределенности. Реализовать данную задачу можно выполнением следующих действий:

- поиск информации;
- отбор ценной информации от дезинформации;
- оценка характеристик информации;
- выделение из общего объема информации наиболее значимых для анализируемой ситуации элементов;
- оценка и контроль за ходом изменения выделенных элементов.

Информация, необходимая для принятия решения может оцениваться по объему, достоверности, ценности и насыщенности.

Объем информации характеризует полноту информации об объекте принятия управленческого решения.

Достоверность информации определяется соотношением реальных сведений и общего объема информации по объекту принятия решения. Обычно достоверность имеет три уровня: абсолютный (100 %), достоверный (более 80 %), негативный (менее 80 %).

Ценность информации определяется снижением уровня затрат ресурсов (сырья, материалов, времени, денежных средств) необходимых для принятия решения. Ценность характеризует информацию как товар, обладающий потребительской стоимостью.

Насыщенность информации определяется соотношением профессиональной и общей (фоновой) информации.

Получение качественной информации как важнейшего фактора принятия эффективного управленческого решения возможно только при высоком уровне профессионализма и компетентности ЛПР, так как часто информация характеризуется как сложностью понимания, так и сложностью обработки.

Обычно неопределенность связывают с разработкой решения, а риск с его реализацией. Неопределенность является основной причиной рисков. Поэтому уменьшение неопределенностей, вызывающих риски, составляют важную задачу как руководителей, так и специалистов. Если имеется несколько неопределенностей следующих друг за другом, то риски предшествующих решений становятся неопределенностями для следующих.

Риск – это потенциально существующая вероятность потери ресурсов или неполучения доходов, связанная с принятием той или иной альтернативы решения.

Риски и управление неразрывно связаны между собой. Для того, чтобы устранить риск, ЛПР должен владеть ситуацией и соответственно управлять риском. Менеджмент риска связан со специфической деятельностью предприятия в условиях неопределенности, сложного выбора вариантов управленческих решений.

Специалист, принимающий решения должен владеть ситуацией и эффективно управлять риском. Управление риском – это поиск и нахождение баланса между уровнем риска и выгодой от реализации того или иного решения. ЛПР необходимо сопоставлять положительные и отрицательные стороны возможных решений и оценивать их вероятностные последствия.

В современных условиях хозяйствования все инвестиции сопряжены с риском. Важное значение имеет грамотная классификация рисков, позволяющая выделять его основные аспекты и разрабатывать эффективные действия по управлению им. Выделяют две основные группы рисков: чистые и спекулятивные. Чистые риски означают возможность получения отрицательного или нулевого результата. К таковым относятся природные, экологические, политические, транспортные и др. Спекулятивные риски предполагают возможность получения как отрицательного, так и положительного результата. Данную группу представляют все коммерческие риски (имущественные, производственные, торговые и т.п.).

Риск оценивается по его степени влияния на деятельность организации. Единицей оценки выступает размер вероятного ущерба.

Риск бывает вынужденный и невынужденный. Вынужденным риск является тогда, когда безрисковое решение принять невозможно. Не вынужденный риск предполагает наличие полной информации у ЛПР об альтернативах и как следствие уверенность в положительном результате от выбора той или иной альтернативы.

В зарубежной практике широко и умело используются инструменты и методы риск-менеджмента. Необходимость их освоения на российских предприятиях обусловлена динамизмом факторов внешней и внутренней среды, а также отсутствием механизмов реальной финансовой поддержки рисков. Расширение границ хозяйственной самостоятельности и неумение управлять рисками неизбежно привели многие отечественные предприятия при переходе к рыночной экономике к сложному финансовому положению, некоторые из них оказались на грани банкротства.

Риск-менеджмент – это совокупность стратегии и приемов используемых для управления рисками. В основе риск-менеджмента – организация работы по снижению степени риска, искусство получения и увеличения дохода в условиях неопределенности.

В современных рыночных условиях риск-менеджмент выступает специальной формой предпринимательской деятельности.

Основными способами риск-менеджмента являются:

- избегание риска – уклонение от решения, связанного риска;
- удержание риска – оставление риска за инвестором, вкладывающим средства в реализацию решения;
- передача риска – передача ответственности за риск;
- снижение степени риска – уменьшение вероятности потерь и сокращение ожидаемого их объема.

В современных условиях хозяйствования важным элементом управления рисками является развитие системы повышения квалификации сотрудников в организациях. Развитие такой системы способствует росту качества персонала, снижению рисков, возникающих по вине сотрудников вследствие принятия ими неверных управленческих решений.

Таким образом, снижение степени риска зависит от наличия полной и достоверной информации об объекте принятия решения, специальных знаний у ЛПР как об исследуемом объекте, так и об основах риск-менеджмента.

Список литературы

- 1 Литвак Б.Г. Разработка управленческого решения: Учебник. 3-е изд., испр. / Б.Г. Литвак. М.: Дело, 2002.
- 2 Смирнов Э.А. Разработка управленческих решений: Учебник для вузов / Э.А. Смирнов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002.

А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

Качество многослойных металлических материалов оценивают по суммарным служебным свойствам основного и плакирующего слоев. Основной слой, как правило, при этом должен обеспечивать необходимые прочность, пластичность и вязкость, а плакирующий – коррозионную стойкость, антифрикционные, электрические и другие свойства.

Получение многослойных материалов с требуемыми свойствами возможно только при достижении прочного соединения слоев по всей поверхности контакта, сохраняющегося при всех последующих операциях обработки материала, а также во время его эксплуатации.

Необходимость тщательного контроля толщин слоев с допустимой разнотолщинностью многослойных материалов обусловлена тем, что от соотношения толщин слоев компонентов материала в значительной мере зависят его физико-механические (предел прочности, текучести, относительное удлинение, антифрикционные и антикоррозионные свойства, электро- и теплопроводность и т.п.) и эксплуатационные свойства.

Поэтому для повышения надежности и долговечности работы деталей и оборудования, изготавливаемых из многослойных материалов, необходимо проводить стопроцентный контроль их качества в процессе изготовления.

Цель работы заключается в повышении качества, производительности контроля и предупреждение появления брака при производстве многослойных материалов и изделий из них.

Большое разнообразие слоистых металлических и неметаллических композиций не только по составу, но и по толщине входящих составляющих компонентов требует применения разных методов и средств контроля их качества. На основе анализа литературных данных и состояния производства антифрикционного биметалла и изделий из них установлено, что методы и средства контроля толщины компонентов биметалла, толщины слоев при совместной пластической деформации с минимальной продольной и поперечной разнотолщинностью, методы и средства контроля геометрических параметров вкладышей подшипников скольжения в процессе их изготовления как при массовом, так и при мелкосерийном производстве для повышения точности изготовления, производительности контроля и обеспечения профилактики брака недостаточно эффективны.

Для этого решены следующие задачи:

- проведен обзор и сравнительный анализ методов и измерительных средств определения толщины слоев, сплошности соединений слоев многослойных металлических композиций, геометрических параметров вкладышей с позиции обеспечения достаточной точности, удобства и оперативности неразрушающего контроля;
- на основе электромагнитной теории цепей исследованы существующие и разработаны более эффективные методы неразрушающего контроля соотношения толщин и сплошности соединений слоев многослойных композиций и геометрических параметров вкладышей подшипников скольжения в процессе производства; измерительно-управляющие системы (ИУС), реализующие эти методы;
- проведен анализ теплофизических процессов в многослойных композициях при бесконтактном контроле показателей качества;
- созданы более эффективные методы и устройства неразрушающего контроля теплофизических свойств и толщины слоев многослойных композиций;
- разработаны математическое, алгоритмическое и программное обеспечения ИУС, реализующих предложенные методы;
- проведен анализ возможных источников погрешностей измерений толщин слоев многослойных композиций и геометрических параметров вкладышей подшипников скольжения, оценена их величина;
- осуществлена экспериментальная проверка результатов работы и внедрено в промышленное производство, научные исследования.

При решении указанных задач получены следующие научные результаты:

- для непрерывного контроля качества многослойных материалов и изделий в технологическом процессе производства разработаны оригинальные бесконтактные электромагнитные и теплотрические методы неразрушающего контроля толщины и сплошности соединений слоев многослойных композиций, их теплофизических свойств, пористости металлического каркаса металлофторопластовых ма-

териалов, позволяющие повысить оперативность, производительность, точность контроля и значительно снизить продольную и поперечную разнотолщинность слоев многослойных композиций;

– разработаны метод активного контроля геометрических параметров вкладышей и метод автоматической подналадки режущего инструмента малыми перемещениями по результатам контроля. Методы отличаются возможностью непрерывного контроля в процессе их изготовления высоты вкладышей, отклонения от параллельности поверхностей разъема вкладыша относительно образующей наружной цилиндрической поверхности, прилегания наружной цилиндрической поверхности вкладыша к поверхности гнезда контрольного приспособления, разностенности вкладыша;

– разработанные математическое и алгоритмическое обеспечения ИУС позволяют автоматизировать процесс контроля показателей качества многослойных композиций, контроля геометрических параметров вкладышей подшипников скольжения, повысить качество, производительность и точность контроля качества изготовления многослойных материалов и изделий.

Теоретические и практические результаты работы использовались при проведении научно-исследовательских работ по модернизации линии рулонного производства биметалла, по внедрению новых методов производства антифрикционных биметаллов, что позволило увеличить производительность рулонного производства биметалла почти в два раза, значительно расширить номенклатуру по толщине и ширине биметалла, повысить точность и производительность контроля, точность изготовления многослойных материалов и изделий при снижении расхода дорогостоящего антифрикционного сплава на 5 – 7 %.

Кроме того, разработанные метод активного контроля геометрических размеров вкладышей подшипников скольжения и реализующая ИУС контроля параметров в процессе протягивания плоскостей разъемов вкладышей на вертикально-протяжном станке и в процессе расточки внутренней поверхности вкладышей на алмазно-расточном станке позволяют осуществлять автоматические измерения параметров вкладышей и подналадку режущего инструмента пропорциональным сигналом, выявлять брак по геометрическим размерам, выявлять износ инструмента за один цикл обработки и сравнивать накопленный износ с допускаемым, осуществлять автоматическую компенсацию погрешностей обработки от тепловых деформаций и износа инструмента. Результаты испытаний показали, что ИУС позволила не менее чем в два раза повысить производительность контроля, а также на 60 % уменьшить разброс отклонений размеров обрабатываемых вкладышей. Погрешность измерения геометрических параметров вкладышей во время обработки не превысила 5 %.

Список литературы

1 Пудовкин А.П. Неразрушающий контроль качества биметаллов и изделий из них / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов. М.: «Изд-во Машиностроение-1», 2003. 156 с.

2 Колмаков А.В. Активный контроль геометрических размеров вкладышей подшипников скольжения / А.В. Колмаков, А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов // Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством продукции: Программа, материалы школы-семинара молодых ученых / ТГТУ. Тамбов, 2003. С. 88 – 90.

3 Пудовкин А.П. Контроль качества биметаллов / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов, А.В. Колмаков // IV Всероссийский с международным участием научно-практический семинар «В мире неразрушающего контроля и диагностики материалов, промышленных изделий и окружающей среды». СПб., 2003. С. 107.

4 Пудовкин А.П. Теплометрический метод неразрушающего контроля качества биметаллов / А.П. Пудовкин // 3-я Международная выставка и конференция «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности». М.: НИИИНМНПО «Спектр», 2004. С. 105.

5 Пудовкин А.П. Метод контроля сплошности соединений слоистых металлов / А.П. Пудовкин, А.В. Челноков // 3-я Международная выставка и конференция «Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности». М.: НИИИНМНПО «Спектр», 2004. С. 106.

И.Н. Акулинин, П.С. Беляев

Тамбовский государственный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

В результате решения обратной нелинейной задачи теплопроводности (ОНЗТ) нами получены выражения для определения теплопроводности и объемной теплоемкости полимерных материалов в твердом агрегатном состоянии в зависимости от температуры и давления. Для этого в эксперименте определяются временные зависимости температуры внешней поверхности нитяного бесконечного нагревателя, расположенного в центре образца исследуемого материала и температуры на заранее выбранной поверхности, мощность нагревателя и величина внешнего давления.

В докладе проанализировано полученное решение ОНЗТ и возможность технической реализации предложенного метода. Произведен выбор оптимального режима эксперимента.

Под выбором оптимального режима понимаем задачу определения таких допустимых конструктивных, временных и энергетических параметров эксперимента, при которых:

а) методика измерений, включая подготовку и проведение эксперимента, обеспечивает высокую производительность и оперативность контроля;

б) обеспечивается высокая информативность эксперимента;

в) обеспечивается наилучшая точность определения теплофизических свойств (ТФС).

Рассмотрены технологические аспекты проблемы поиска оптимального технического решения в задаче контроля ТФС твердых полимерных материалов в функции температуры и давления.

Оптимизация конструкции измерительного устройства предусматривает нахождение таких его геометрических параметров, которые позволяют получить максимальную точность определения искомых ТФС. Использование математической модели погрешностей комплексного определения ТФС дало возможность определить геометрические размеры исследуемого образца, обеспечивающие адекватность математической модели реальному физическому процессу эксперимента и координату поверхности для измерения температуры

Произведен выбор оптимального режима нагрева исследуемого образца. Выбранный режим обеспечивает нахождение зависимости искомых ТФС полимеров от давления в интервале температур от комнатных до температуры стеклования для аморфных полимеров или температуры плавления для кристаллизующихся.

В.И. Барсуков, А.А. Беляев

Тамбовский государственный технический университет

О ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ГРАФИТОВОГО РАБОЧЕГО ЭЛЕМЕНТА ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО АТОМИЗАТОРА НА АТОМИЗАЦИЮ ПРОБЫ

При разработке модели атомизации пробы с графитового рабочего элемента атомизатора – РЭА сделана попытка оценки возможного влияния неоднородности нагрева различных участков РЭА на основные характеристики процесса атомизации пробы и величину аналитического сигнала. Показано, что значительные неоднородности степени нагрева различных участков РЭА в десятки, а иногда и в сотни

градусов, приводят к неодновременному испарению пробы с различных участков РЭА. Этот факт приводит к растяжению во времени аналитического сигнала и, как следствие этого, к значительному ухудшению аналитических характеристик атомизатора.

Рассмотрен случай, когда величина неоднородности нагрева различных участков РЭА не превышает нескольких десятков градусов, что часто встречается на практике для всех известных типов атомизаторов и связана с тем, что процесс атомизации происходит чаще всего в условиях переменной температуры в процессе нагрева РЭА и, как правило, связано с изменением физико-химических параметров самого РЭА в процессе его эксплуатации.

В качестве основного расчетного соотношения принята формула $A = k \frac{dm}{dt} = a m^n \exp(-E_a / kT)$, где k , a , n – некоторые константы; m – масса сухого остатка на РЭА; T – температура РЭА; E_a – энергия атомизации вещества пробы; A – поглощательная способность.

Предполагая, что неоднородность нагрева ΔT много меньше температуры атомизации T , относительная погрешность сигнала будет иметь вид $\delta A = \frac{A_{уд} - A}{A_{уд}} = 100 \frac{E \Delta T}{RT^2} \left[1 - \frac{na}{m_0^{2-n}} \right]$, %, где m_0 – начальная масса сухого остатка; $A_{уд}$ – величина аналитического сигнала в отсутствие неоднородностей.

Выяснено, что для оценки верхнего предела погрешности, а также для случая, когда количество сухого остатка, нанесенного на РЭА, достаточно велико, для практических вычислений гораздо удобнее использовать формулу

$$\delta A = E R^{-1} T^{-2} \Delta T \cdot 100\% .$$

При этом на практике, для заданной погрешности аналитического сигнала, вызванного неоднородностью нагрева, достаточно выполнения соотношения $\Delta T = \frac{\delta A}{100} \cdot \frac{RT^2}{E}$.

Во многих случаях ошибки анализа, связанные с неоднородностью нагрева различных участков РЭА, нивелируются высоким уровнем воспроизводимости кривых нагрева атомизатора, а также периодическим эталонированием.

Однако, предложенное соотношение позволяет находить возможную величину неоднородности нагрева, необходимую для обеспечения заданной степени точности анализа или при разработке новых видов атомизаторов.

В.И. Борзов, Е.В. Борисова

МАТИ – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского

ОРГАНИЗАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ПРОВЕРОК СИСТЕМ КАЧЕСТВА

Аудит осуществляется на основе следующих принципов:

1 Принцип регулярности – внутренние проверки (ВП) проводятся по годовому плану, составленному службой качества и утвержденному директором по качеству. Ответственность за реализацию плана ВП несет служба качества. Кроме того, по решению руководства предприятия, по инициативе руководителя данного подразделения или по решению руководителя очередной внутренней проверки, подержанному директором по качеству, может быть проведена дополнительная ВП, не предусмотренная годовым планом.

Помимо ВП, проводимых независимыми специалистами, элементы системы качества внутри подразделения находятся под ежедневным контролем специалистов данного подразделения.

2 Принцип открытости – устанавливает: каждое подразделение в начале года получает утвержденный годовой план ВП с указанием месяца проведения проверки в подразделении. Точную дату определяет служба качества, которая уведомляет проверяемое подразделение о запланированной проверке не позднее, чем за две недели до ее начала, чтобы подразделение имело возможность к ней подготовиться.

3 Принцип независимости – обеспечивается тем, что во всех подразделениях ВП проводят специалисты службы качества, которые не подчинены руководителям проверяемых подразделений. Проверяющие не только отмечают несоответствия, но разъясняют и обосновывают необходимость и целесообразность применения тех или иных методов.

4 Принцип единообразия – состоит в том, что ВП всех подразделений должны проводиться в соответствии со Стандартом предприятия «Внутренние проверки качества», в котором определен порядок проведения проверки, а также обязанности и права как специалистов, так и персонала проверяемого подразделения. Служба качества, определив дату проверки, направляет в проверяемое подразделение перечень вопросов, на который к началу проверки должны быть даны ответы. Ответы, как правило, дает специалист – ответственный по системе качества данного подразделения. Через ответственных служба качества осуществляет координацию и методическое руководство работой подразделений по вопросам качества. Все производственные подразделения получают одинаковые вопросники. Перечень же вопросов, направляемых в специализированные службы, различен и зависит от выполняемых ими функций. Все подразделения предприятия обязательно отвечают на вопросы по трем разделам: «Ответственность руководства», «Система качества», «Статистические методы».

5 Принцип системности – заключается в том, что, с одной стороны, ВП осуществляется последовательно во всех подразделениях предприятия, а с другой, – деятельность каждого подразделения оценивается в двух аспектах. Во-первых, рассматривается выполнение функций, возложенных на данное подразделение матрицей распределения ответственности и полномочий. Во-вторых, каждое подразделение рассматривается как отдельная подсистема, в которой с определенной

6 Принцип документированности – требует оформления документов по результатам каждой ВП. Результаты ВП оформляются двумя документами. Первый представляет собой перечень вопросов, на которые в данном подразделении получены отрицательные ответы. Второй (основной документ) – это акт о проведении ВП. Акт согласовывается с ответственным по системе качества и руководителем проверяемого подразделения.

Результаты ВП:

- отслеживают тенденции оценок системы качества в подразделениях;
- количественно сравнивают числа положительных ответов по всем подразделениям предприятия;
- подсчитывают число запланированных по системе качества мероприятий предыдущего периода, но не выполненных в установленные сроки.

Результаты анализа включаются в отчет, который служба качества ежеквартально представляет генеральному директору предприятия.

*М.В. Гребенников, А.А. Емельянов,
Н.Т. Димкович, А.А. Чуриков*

Тамбовский государственный технический университет,
ОАО «Тамбовмаш»

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СИЗОД В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ГАРМОНИЗИРОВАННЫХ НОРМ

Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) должны обеспечивать надежную защиту от вредных факторов и безопасность их применения для человека. Следуя принципам модульного подхода подтверждение соответствия средств индивидуальной защиты (СИЗ), отнесенных к третьей категории (классификация по степени риска), базируется на результатах испытаний типовых образцов продукции. Требования, нормы, допустимые методы проверки и основные условия проведения испытаний установлены в гармонизированных с европейской директивой стандартах.

Новые для применения в практике работ по оценке соответствия требования вызывают необходимость разработки и применения испытательного оборудования, технологии и методов, отвечающих условиям моделирования в ходе испытаний внешних факторов воздействия (термических, механических, токсикологических), обеспечивающих получение надежных данных и оценку результатов.

В работе рассмотрены вопросы аппаратурного, методического и метрологического обеспечения испытаний масок, других видов лицевых частей, фильтрующих элементов. Представлены результаты

опытно-конструкторских разработок, в которых реализованы принципы и методы, установленные требованиями европейских стандартов, применяемых для оценки соответствия продукции (EN 136, EN 143, EN 405). По результатам предварительных исследований и на основе анализа современных требований к рекомендованным для использования методам испытаний, к типовым элементам применяемых технических решений спроектированы и разработаны образцы испытательного оборудования для экспериментальной проверки результатов воздействия на СИЗОД и его составные части ряда факторов, подтверждающих безопасность и защиту применения масок, полумасок, фильтров.

Влияние термических факторов воздействия при испытании масок моделируется условиями и режимами проверки нескольких показателей, в числе которых «устойчивость к температурному воздействию». Для проведения испытаний СИЗОД по установленному термическому циклу в условиях как положительных, так и отрицательных температур разработан комплекс испытательного оборудования, спроектирована установка с использованием современных средств контроля параметров и применением штатного лабораторного оборудования (термокамера ТВТ, сушильная печь). Изготовлен опытный образец установки с системой регистрации условий в ходе длительной процедуры испытаний (до семи суток). Испытательное оборудование оснащено средствами непрерывного контроля параметров воздушной среды типа «МЭС-200» (давление, влажность, температура, скорость воздушного потока), средствами автоматического управления с электронной регистрацией данных типа «Термодат 17». Проведены экспериментальные исследования, разработана эксплуатационная документация на опытный образец, программа и методика аттестации в целях метрологического обеспечения испытаний.

Термическое воздействие факторов среды эксплуатации моделируется также условиями испытаний по методу проверки устойчивости материалов к воспламенению. В соответствии с требованиями разработаны устройства для формирования пламени, контроля температурных режимов горения, размещения и движения образцов, проведены испытания в целях изготовления опытного образца испытательного стенда.

Группа требований устанавливает допустимые уровни безопасности, связанные с риском повреждения вследствие нарушения механической прочности СИЗОД или их элементов в процессе жизненного цикла произведенной продукции. В целях моделирования условий при реализации метода испытаний масок разработан опытный образец оборудования для проведения испытаний оптических элементов под воздействием ударной нагрузки. Для проверки устойчивости к механическому воздействию фильтров и полумасок разработан, изготовлен испытательный стенд, проведены испытания на типовых образцах фильтрующих коробок по утвержденной методике испытаний. Параметры, технические и метрологические характеристики обеспечивают необходимые условия и режимы, установленные требованиями к методу испытаний.

В целях оценки защитных свойств СИЗОД по группе тест-веществ разработано и модернизировано испытательное оборудование с применением аналитических методов контроля. Установка обеспечивает необходимый уровень термостатирования, параметры и режимы испытаний, пределы обнаружения определяемых веществ.

В результате исследований подготовлен к внедрению комплекс оборудования для проверки соответствия продукции СИЗОД установленным требованиям безопасности, разработаны и освоены соответствующие методики и технология испытаний. Разработанные методы, средства и технология испытаний предложены для использования в качестве элементов системы в процессах мониторинга, измерения характеристик продукции на различных стадиях жизненного цикла в системе менеджмента качества ОАО «Тамбовмаш». В настоящей работе использованы результаты, полученные при выполнении задания по проекту 210.03.01.044.

Е.М. Зайцева

Брянский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ ИНЖЕНЕРА

В условиях рыночной экономики возрастают требования к качеству профессиональной подготовки студентов, выпускаемых высшими учебными заведениями. Современный инженер – это специалист,

обладающий системой знаний, умений и навыков, позволяющих ему на высоком уровне осуществлять свои профессиональные функции в динамично изменяющихся условиях. Для успешной адаптации выпускника к развивающейся сфере техники и технологии необходимо обладать широким кругозором и глубокой инженерно-технической образованностью. В этой связи особую актуальность приобретает проблема организации учебного процесса в вузе таким образом, чтобы каждая дисциплина, всем своим содержанием способствовала формированию профессиональной пригодности будущего специалиста. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить учебные понятия по каждой дисциплине, знание которых являются обязательными для формирования специалиста данного профиля;
- установить межпредметные связи между учебными понятиями дисциплин специальности;
- разработать методы мониторинга усвоения студентами учебного материала дисциплинарных курсов;
- разработать систему корректирующих воздействий, направленных на устранение причин, вызывающих несоответствия при изучении материала дисциплинарных курсов.

Выявление учебных понятий по каждой дисциплине и установление между ними межпредметных связей достаточно непростое, но необходимое дело. При подготовке инженеров недостаточно уделяется внимание выявлению и оценке взаимосвязей между отдельными специальными дисциплинами. Еще в большей мере это положение имеет место при изучении вопросов, находящихся на стыке ряда дисциплин. Все это приводит к локализации изучаемого материала в пределах отдельных курсов, что не способствует развитию профессиональных навыков студентов и снижает качество их подготовки. В то же время при решении реальных задач необходимо использовать не отдельные обособленные знания, полученные при изучении отдельных дисциплин, а комплексные обеспечивающие высокое качество выполнения проектных разработок. Для решения задачи выявления учебных понятий дисциплин специальности и установления межпредметных связей между ними перспективным является графоаналитический метод [1], позволяющий достаточно корректно структурировать учебный материал курсов.

Мониторинг усвоения студентами учебного материала дисциплинарных курсов должен быть регулярным и объективным. Практика показывает, что регулярный текущий контроль знаний в критериальной форме [2] позволяет своевременно выявлять учебные понятия, вызывающие затруднения у студентов, и устранять причины их возникновения. Студенты воспринимают такой вид контроля как самоконтроль, позволяющий выявить не усвоенные ими учебные понятия, требующие дополнительной самостоятельной работы.

Коррекция учебного материала дисциплин, направленная на ликвидацию пробелов в знаниях студентов, требует разработки системы корректирующих воздействий и ее формализации. Существующие на практике корректирующие модели дисциплинарных курсов обладают в основном дескриптивными свойствами, их формализации посвящено небольшое число работ. Интересной в этом направлении является корректирующая структурно-смысловая модель [3], позволяющая лектору осуществлять коррекцию учебного материала с учетом уровня текущей подготовки студентов.

Формирование профессиональной пригодности специалистов, выпускаемых вузами, является в современных условиях актуальной задачей, от решения которой зависит конкурентоспособность наших выпускников на внутренних и внешних рынках труда.

Список литературы

- 1 Структурирование учебного материала инженерных дисциплин / С.Ф. Артюх, В.М. Приходько, С.А. А.Т. Ашеро, И.В. Федоров. М.: МАДИ (ГТУ); Харьков: УИПА, 2002. 30 с.
- 2 Беспалько В.П. Стандартизация образования: основные идеи и понятия / В.П. Беспалько // Педагогика. 1993. № 5. С. 16 – 25.
- 3 Можяева Т.П. Менеджмент качества лекционной формы учебного процесса / Т.П. Можяева // Методы менеджмента качества. 2004. № 3. С. 34 – 40.

Э.В. Злобин, Л.И. Савельева

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА*

В настоящее время персонал необходимо рассматривать как один из главных приоритетов менеджмента. Очень часто «менеджмент» трактуется именно как «управление людьми в организации» или «звено, связующее интересы предприятия и интересы человека». Ценностями организации являются не только выпускаемая продукция и имущество, но и ее опыт, квалификация сотрудников и их лояльность, ноу-хау, культура. Поэтому необходимо периодически оценивать удовлетворенность управления людьми в организации.

Предложенная нами методика оценки удовлетворенности персонала, предполагает экспертную оценку системы мотивации персонала организации на основании проводимого анкетного опроса.

Анкетирование может охватывать как весь персонал организации, так и персонал отдельных подразделений.

Разработанная анкета имеет целью получение информации от сотрудников об основах системы управления, работе, их ожиданиях, взаимоотношениях, технологиях работы, системе обучения и других аспектах, влияющих на мотивацию и, прежде всего, удовлетворение своей работой.

При заполнении анкеты респондентами предлагается использовать 5-ти балльную шкалу оценок (табл. 1).

Таблица 1

Оценка	Балл
Отлично, полностью согласен	5
Хорошо, почти полностью согласен	4
Удовлетворительно, затрудняюсь ответить	3
Неудовлетворительно	2
Негативно, не согласен	1

Разработанная анкета (табл. 2) содержит критерии оценки двух типов: I - критерии, связанные с профессиональными знаниями и умениями сотрудников, и II - критерии, связанные с материальным стимулированием.

Таблица 2

Критерии оценки	Балл
I	Работу, которую я выполняю, мне очень нравится
	Работа в моем отделе хорошо спланирована
	У меня есть возможности повлиять на планирование моей работы
	Мой руководитель интересуется моими профессиональными знаниями
	Навыки и знания, которыми я владею полностью используются в работе
	Было бы хорошо получить дополнительное образование в моей профессиональной области

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева

	В свободное время я мог бы сам хорошо обучать своих сотрудников тому, что я знаю и умею делать	
	Оплата, которую я получаю, соответствует выполняемой работе	
I I	Меня удовлетворяет система материального стимулирования моего труда	
	Было бы хорошо иметь программу негосударственного пенсионного страхования	
	Я мог бы зарабатывать больше в другом месте	
	Единственно значимым для меня является материальный стимул	

Результаты анкетирования позволят провести анализ взаимосвязи оценок по отдельным вопросам (напр., оценить отношение сотрудников к выполняемой работе и вознаграждению которое они получают за ее выполнение и т.д.)

Предлагаемая методика позволит корректировать политику в управлении персоналом в соответствии с задачами, стоящими перед организацией. Эта методика при всей простоте в исполнении показывает состояние мотивационной сферы предприятия, позволяет выявить потребности в необходимых изменениях – организационных, кадровых и мотивационных.

М.А. Кузнецов

Тамбовский государственный технический университет

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕБЛАГОРОДНЫМИ ТЕРМОПАРАМИ

В практике теплофизического эксперимента чаще всего измеряются температура T , давление P , расход G , термоэдс E , и затем рассчитывается свойство (в частности – изобарная теплоемкость C_p). В настоящей работе C_p определялась методом проточного адиабатического калориметра с калориметрическим измерением расхода [1].

Основным фактором, определяющим точность определения C_p , является точность измерения $\Delta T_{o,k}$ и $\Delta T_{к,р}$ (разности температур на входе и выходе в основном и калориметре-расходемере). В настоящей работе они определялись с помощью индивидуально изготовленных шестиспайных дифференциальных термопар из термоэлектродов $\varnothing 0,2$ мм. Калориметр-расходемер всегда находится при комнатных температурах, и поэтому для измерения $\Delta T_{к,р}$ при всех параметрах опыта использовалась термопара медь-константан (МК). Термопары МК обладают высокой чувствительностью и термостабильностью.

Основной калориметр находится при температуре опыта и термоэлектроды МК подвергались бы интенсивному окислению. Поэтому в широкой области параметров состояния (T до 650 К, P до 60 МПа) в основном калориметре использовалась аналогичная по конструкции термопара из термоэлектродов золото-платина (ЗП). При всех достоинствах благородных термоэлектродов золото-платина (низкая термоэдс неомогенности, стабильность свойств при высоких температурах и агрессивности среды) им присущи следующие недостатки: малая чувствительность (8 мкВ/К), очень высокий коэффициент теплопроводности (для золота $\lambda = 308$ Вт/м·К), адгезионные особенности золота и платины, затрудняющие нанесение на них органосиликоновых и алундовых изолирующих покрытий.

По мере приближения к линии насыщения и при измерениях в сверхкритической области максимумов теплоемкости резко возрастала C_p , а, следовательно, уменьшалась $\Delta T_{o,k}$ (до 0,1 К). При этом значительно снижалась точность определения C_p .

С целью уменьшения влияния последнего обстоятельства для основного калориметра была изготовлена дифференциальная шестиспайная термопара хромель-копель (ХК). ХК термоэлектрические термометры обладают наибольшей чувствительностью из всех стандартных (70 ... 90 мкВ/К). Для тер-

моэлектродов $\varnothing 0,2 \dots 0,3$ мм верхний предел длительного применения составляет 673 К [2] и определяется стабильностью характеристик копелевого термоэлектрода.

Технология изготовления сплавов хромеля и копеля не позволяет получать с требуемой повторяемостью термоэлектрические характеристики. Для снижения выбраковки каждую партию проволоки проверяют по термоэдс в паре с платиной и разделяют на партии в четырех классах. Термоэлектроды в пары выбираются в одном классе. Полученные в [3] данные позволяют считать, что любая термопара в партии, изготовленной из наиболее однородных бухт проволоки хромеля и копеля будет воспроизводить приписанную градуировочную характеристику со средней квадратической погрешностью, близкой к 0,1 %. Эту величину можно значительно улучшить, выполнив индивидуальную градуировку в условиях дальнейшей эксплуатации с использованием образцового платинового термометра сопротивления. Далее приводятся результаты расчетов систематической $\Theta_{\Delta T_{о.к}}$ (рис. 1) и случайной $S_{\Delta T_{о.к}}$ (рис. 2) погрешности определения $\Delta T_{о.к}$ оригинальной дифференциальной шестиспайной термопарой ХК.

Следует отметить, что косвенным критерием качества термопары и точности измерения разности температур является совпадение результатов, полученных по четырем и шести спаям. Для рассматриваемой термопары ХК отличия не превышают 0,062 % для $\Delta T_{о.к} = 0,1 \dots 5$ К при среднем значении 0,028 %.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о возможности применения термопар ХК для прецизионных теплофизических измерений при соблюдении определенных условий (выбор термоэлектродов из одной партии, их нарезка в определенном порядке, отжиг и индивидуальная градуировка).

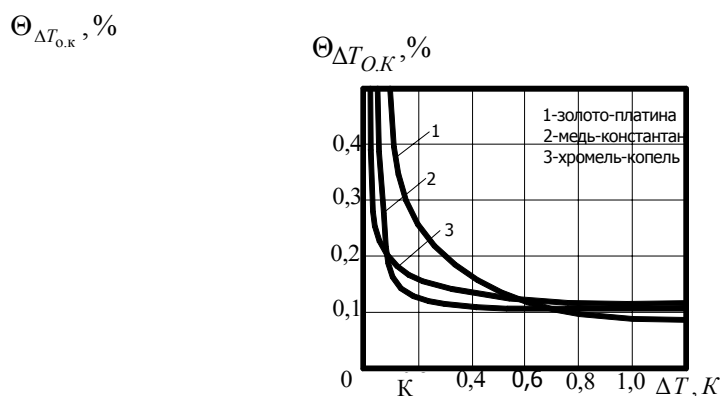


Рис. 1 Зависимость систематической погрешности от $\Delta T_{о.к}$

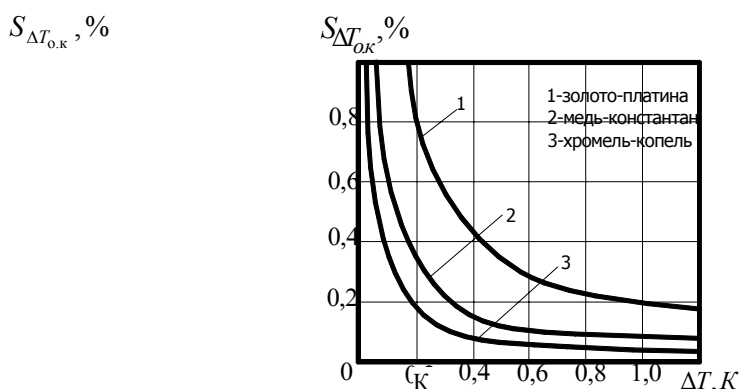


Рис. 2 Зависимость случайной погрешности от $\Delta T_{о.к}$

Общая погрешность измерения C_p определяется суммированием условно постоянных систематических погрешностей со случайными для всех измеряемых в опыте величин. Доверительная граница общей погрешности измерения C_p (P, T) с учетом неисключенного остатка систематической и случайной составляющих погрешности при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ составляет $\delta C_p = 0,35 \dots 0,40$ при $\Delta T_{о.к} = 1 \dots 5$ К без учета ошибок отнесения по давлению и температуре.

Ошибки отнесения вносят существенный вклад в погрешность определения C_p при приближении параметра опыта к критической точке, когда резко возрастают величины производных $\left(\frac{\partial C_p}{\partial T}\right)_P$ и $\left(\frac{\partial C_p}{\partial P}\right)_T$.

Список литературы

- 1 Кузнецов М.А. Калорические свойства нормальных алканов в широкой области параметров состояния: Автореф. дис. канд. тех. наук / М.А. Кузнецов. Баку, 1989. 24 с.
- 2 Иванов Г.М. Теплотехнические измерения и приборы / Г.М. Иванов, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. М.: Энергоатомиздат, 1984. 232 с.
- 3 Павлов В.П. Термоэлектрическая неоднородность электродов термопар / В.П. Павлов М.: Изд-во стандартов, 1979. 72 с.

T.K. Lien, E.S. Ponomareva

Norwegian University of Science and Technology (NTNU),
Department of Production and Quality Engineering,
(Trondheim, Norway)

PREDICTING ASSEMBLY QUALITY OF COMPLEX STRUCTURES USING DATA MINING

In many enterprises, assuring quality has already reached the same importance as improving efficiency and performance. Especially in the automobile industry and in many other areas of manufacturing industry, maximum requirements are placed on the quality of products. High performance on a high quality level is the decisive prerequisite for a competitive manufacturer of components to participate in the production network based on division of labour. In this connection, the safeguarding and control of processes as a preventive measure of modern quality management has reached crucial importance.

Many of automobile parts are being assembled from different components on the assembly lines. Previously, the components had to be machined with certain degree of precision in order for them to be assembled into the final product. This final product has to serve for a long time without breakdowns. But, unfortunately, certain breakdowns occur when this assembled part is put into use. These breakdowns may arise during the assembly process of the components into the final product.

To maintain the desired quality of the assembly product the methods for electronic monitoring and data acquisition from machines at the assembly stage have to be developed. The establishment of good models for the assembly processes will permit to make reliable performance predictions from observable data.

As a case example of quality control task in manufacturing by means of data mining technique we will consider the control arm of a front wheel suspension of an automobile.

The control arm is made of aluminum. A critical part is the ball joint that is an assembly part, which is integrated in the housing on one of the ends of the control arm. The ball joint is connected to the nut part that supports the shaft of the wheel by means of a bearing. The main purpose of the ball joint is to allow to turn the wheel and to permit movement of the car wheel in vertical direction. It also takes up the forces of the control arm when car is loaded. The ball joint consists of 8 parts, which need to be assembled together.

The ball joint is an assembly part. It is shown on Figure 1.

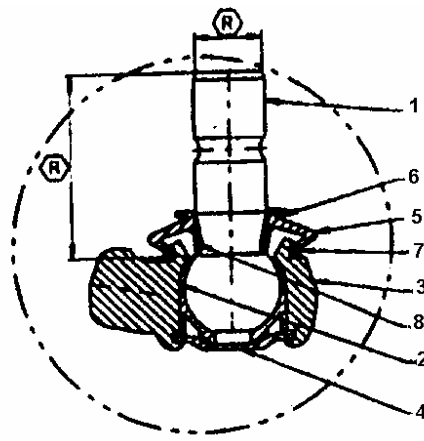


Fig. 1 Ball joint assembly part:

1 – ball stud; 2 – plastic liner; 3 – housing; 4 – cap; 5 – seal;
6 – clamping ring; 7 – clip ring; 8 – sleeve

A plastic liner cover 2 is mounted on a ball 1 made of stainless steel. The plastic liner 2 has special clearance in itself from the inner side to provide ball-liner assembly with some amount of grease in order to reduce friction. The ball-liner assembly then mounted in a housing 3 at the end of the suspension arm. The cap of a special form 4 is mounted on the top of plastic liner 2 inside the top part of the housing 3. The rim of the housing 3 is then rolled over the cap 4 to fasten the assembly by applying force F . To fasten the assembly from the other side of the ball joint the seal 5 made of elastomer is mounted. The seal is then kept fastened by clamping ring 6 and clip ring 7.

The manufacturing process is automated, but there are still many potential sources of failures that lead to defective products. Inappropriate dimension matching, slight variations in surface roughness or variations in degree of deformation of the roll forming joining process can lead to out of tolerance friction forces in the ball joint. It is very important to establish a set of data, which could precisely describe the end function of the assembly part. It is obvious that each of the components of the part will have its own set of parameters, which might affect the performance of the part.

Several conversations with responsible people from the shop floor and product design section revealed the list of components possibly affecting the final performance of the assembly part, particularly resulting in very high or very low values of friction moment. The list of the components is as follows:

Part 1: Ball stud.

Part 2: Liner (ball socket).

Part 3: Housing of ball joint.

Part 4: Cap.

When ball stud – liner assembly is mounted in a housing 3 at the one of the ends of the control arm, the cap 4 of a special form is mounted on the top of the plastic liner 2 inside the top the housing 3. The rim of the housing 3 is then rolled over the cap 4, by applying force F , to fasten the housing. After this has been done, the test to check friction moment of the joint is carried out. In case, when friction moment has been registered higher or lower than the expected values, such parts considered to be defective, the pallet is marked with special code 10, which means that these parts have a failure. The marked pallets with those parts go through the assembling line without taking any further actions on them, until the end of the line, where these parts are discarded.

The parts with satisfying results after the test are then assembled with other components: seal, clamping ring, clip ring, sleeve.

The quality control problem considered here is to reduce the possibility of appearance of high or low values of friction moment.

Since it is possible to collect the data from the assembly process it is possible to analyze these data by applying the data analyzing system Data Mining.

Data mining refers to extracting or “mining” knowledge from large amounts of data. Data mining, or knowledge discovery as it sometimes called, is the term for computer implementation of a timeless human activity. It is the process of automated methods to extract meaning – in form of trends, patterns, and relationships – stored in large databases, data warehouses, etc.

Selection of appropriate data is critical to the success of data mining and knowledge discovery.

For data mining it is important to have good tool which combines advanced modeling technology with ease-of-use, helping to discover the interesting and valuable relationships within the data. One such tool is data mining tool called *Clementine*.

Each of the parameters of the 4 parts indicated for the ball joint may cause problems to the final performance of the part. From the input and output data of the assembly process, including the friction moment values after the test, data mining system may verify the set of “if-then” rules that seem to indicate significant problems in the assembly process, then it is possible to proceed into next verification step. In this step the related production process data are examined in detail by means of data analysis tools to identify the cause of the problem so that reliable performance predictions for the assembly process can be made.

It is obvious that there are a lot of parameters directly affecting the final operation of the assembly part. Moreover, it is possible that changes in some of the parameters might affect the parameters of the other parts.

This problem is very complex considering number of parameters involved and possible interconnections between them.

The conclusion is that it is very difficult for the engineers to directly overview all the affects of individual parts quality variations and to solve the problem to find out all the possible faults in the production process. Engineers are capable to solve such kinds of problems but it is time consuming.

Data mining offers faster solutions to complicated manufacturing problems that influence the final quality of complex product assembly.

С.Н. Меркулов, А.В. Трофимов

Тамбовский государственный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Разработана методика определения значения уровня зрелости СМК на основе экспертной оценки реализации восьми принципов менеджмента качества (ПМК) на предприятии по критериальной шкале значений уровня зрелости. За основу исследования были взяты принципы менеджмента качества.

При заполнении анкеты руководители структурных подразделений оценивают уровень зрелости принципов менеджмента качества по пятибалльной шкале.

Определение значения уровня зрелости проводится в несколько этапов.

Этап 1. Определение среднего значения рейтинга по каждому вопросу в каждом принципе:

$$K_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{kij}, \quad k=1..n, \quad j=1..8, \quad (1)$$

где K_{ij} – среднее значение рейтинга по i -ому вопросу в j -ом принципе; x_{kij} – значение рейтинга, определенное k -ым руководителем по i -ому вопросу в j -ом принципе; n – количество опрошенных руководителей.

Этап 2. Определение среднего значения рейтинга по данному принципу:

$$K_{cpj} = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} K_{ij}, \quad (2)$$

где K_{cpj} – среднее значение рейтинга по j -ому принципу; N_j – число вопросов в j -ом принципе.

Этап 3. Проведение сравнительного анализа значения рейтинга по каждому вопросу в рамках одного принципа со значением рейтинга по рассматриваемому ПМК. Если $K_{ij} < K_{cpj}$, то необходимо уделить внимание данному вопросу в рамках этого принципа при разработке корректирующих и/или предупреждающих действий.

Этап 4. Расчет значения уровня зрелости СМК K_{yz} по формуле

$$K_{yz} = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 K_{cp,j} . \quad (3)$$

Этап 5. Проведение сравнительного анализа значения рейтинга по рассматриваемому принципу со значением уровня зрелости СМК. Если $K_{cp,j} < K_{yz}$, то необходимо уделить внимание данному ПМК при разработке корректирующих и/или предупреждающих действий.

Этап 6. Оценка значения уровня зрелости СМК проводится по критериальной шкале значений уровня зрелости, представленной на рис. 1.

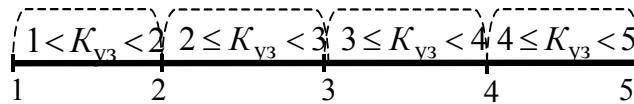


Рис. 1 Критериальная шкала значений уровня зрелости

Этап 7. Разработка корректирующих и/или предупреждающих действий с учетом следующих условий:

$K_{yz} = 1$ – на предприятии отсутствует СМК и требует разработки.

$1 < K_{yz} < 2$ – на предприятии существует систематический подход, основанный на реакции на проблемы.

$2 \leq K_{yz} < 3$ – на предприятии существует устоявшийся формализованный процессный подход, основанный на систематическом улучшении на ранней стадии.

$3 \leq K_{yz} < 4$ – на предприятии существуют хорошие результаты и устойчивые тенденции улучшения, основанные на акценте постоянного улучшения.

$4 \leq K_{yz} < 5$ – на предприятии существует постоянный процесс улучшения, основанный на лучших показателях в классе деятельности.

$K_{yz} = 5$ – на предприятии результативно и эффективно функционирует СМК.

И.С. Минько

Тамбовский государственный технический университет

QFD – МЕТОДОЛОГИЯ, РАЗРАБОТАННАЯ ПРИ УЛУЧШЕНИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМИРОВАННОГО СПЕЦИАЛИСТА*

Говоря о качестве продукции, прежде всего следует помнить, что только хорошо подготовленные специалисты способны производить продукцию, отвечающую всем требованиям потребителя. В связи с этим речь пойдет о качестве специалистов, выпускаемых высшими учебными заведениями.

Одним из инструментов управления качеством продукции (дипломированные специалисты) является QFD – методология или «Дом качества». В соответствии с этой методологией, установленным и предполагаемым пожеланиям потребителей (предприятия, студенты, их родители, общество в целом), с помощью матриц связей ставятся в соответствие подробно изложенные технические параметры (характеристики) продукции и цели ее проектирования.

С помощью первого «Дома качества» ставятся в соответствие техническим характеристикам продукции. Затем по средствам последующих «Домов качества» техническим требованиям как способу контроля и управления производством, так и оборудованию для осуществления этого «производства». Количество «Домов качества» определяется особенностью процесса и целями исследования.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. А.В. Трофимова

Базовая структура «Дома качества» включает в себя восемь «комнат». Рассмотрим порядок заполнения QFD-диаграммы, разработанный для процесса улучшения подготовки дипломированного специалиста, представленный на рис. 1.

Первая «комната» – ожидания потребителей. Чтобы знать, какую продукцию надо произвести, чтобы угодить потребителю, важно сначала проанализировать рынок.

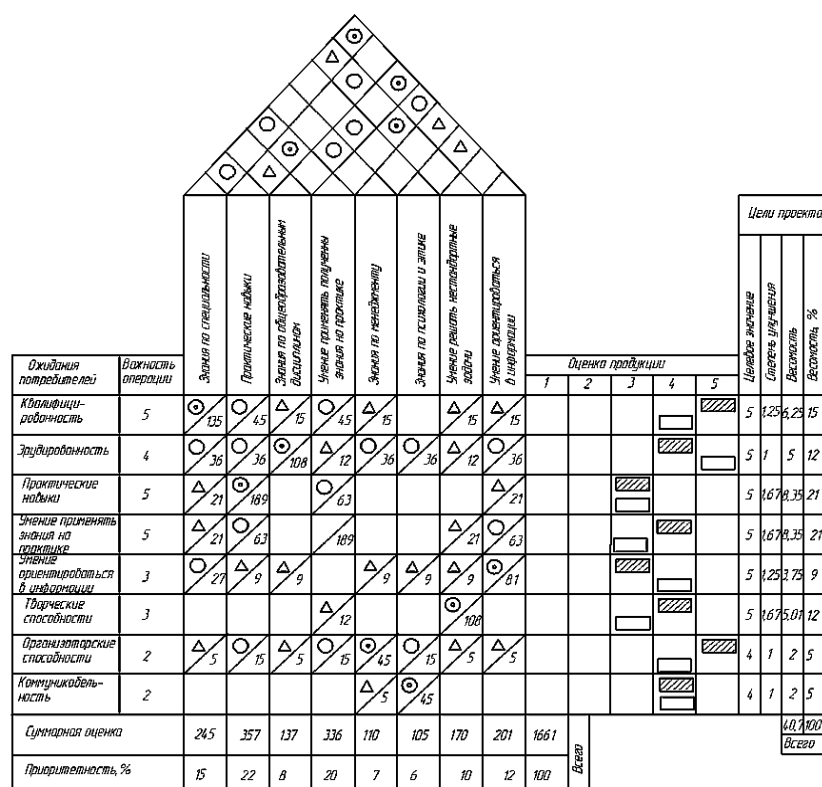


Рис. 1 «Дом качества», разработанный при планировании совершенствования процесса подготовки дипломированного специалиста

Для анализа рынка в качестве исходной информации всегда используется опрос (анкетирование) потенциальных потребителей, так как требуется проанализировать рынок в тот момент, когда продукция еще не производится. В результате опроса получен список потребительских требований к нашей ожидаемой продукции: квалификация, эрудированность, практические навыки, умение применять знания на практике, умение ориентироваться в информации, творческие способности, организаторские способности и коммуникабельность.

Список упорядочивается по степени важности требований, которая отображена в виде весовых коэффициентов. При этом использована пятибалльная шкала весовых коэффициентов.

По требованиям потребителей к продукции формируются технические характеристики продукции, которые содержит вторая «комната». Как и предыдущий, этот этап выполняет специальная команда, создаваемая для данного случая. Эта команда готовит список характеристик, важных с их точки зрения, и предлагает его в качестве результата данного этапа: знания по специальности, знания по общеобразовательным дисциплинам, умение применять на практике полученные знания, умение ориентироваться в информации, знания по менеджменту, знания по психологии и этике, умение решать нестандартные задачи.

Следующий этап – третья «комната» – определения сравнительной ценности продукции. На этом этапе выпускаемые данным ВУЗом специалисты сравниваются с одним или несколькими лучшими видами конкурирующей продукции. В результате достигается понимание того, насколько выпускаемая нами продукция является совершенной при сравнении с лучшими аналогами конкурирующих университетов.

На этапе заполнения четвертой «комнаты» – установление целей проекта – следует в столбец «Целевое значение» установить целевые значения для каждого ожидания потребителей (характеристики, свойства) продукции. При этом еще раз используется пятибалльная шкала.

Так для ожиданий «эрудированность» и «квалификация» поставлена оценка 5, потому что по этим ожиданиям наша продукция может быть улучшена до оценки 5.

Затем вычисляется сумма всех весомостей. Вычисляется сколько процентов составляет каждая весомость от суммы всех весомостей. Сумму весомостей принимают за 100%.

Пятая «комната» – матрица связей, которая отображает взаимосвязь между первой и второй «комнатами». На этом этапе мы должны ответить на вопрос: как зависит данное ожидание потребителя от того, какое значение мы придадим данной характеристике продукции. При этом взаимосвязь делится на: \odot – сильная связь (9), \circ – средняя связь (3) и \triangle – слабая связь (1).

Для каждой связи вычисляем ее значение. Цифровые оценки значимости взаимосвязи каждой технической характеристики должны быть представлены в ячейках матрицы связей.

Шестая «комната» – корреляционная матрица, которая отображает взаимосвязь между элементами второй «комнаты». Все эти взаимосвязи ясно представлены на «крыше» общей матрицы «дома качества» с использованием символов, ранее обозначенные символами \odot , \circ и \triangle . В треугольной матрице связей взаимосвязи имеют очень важное значение при детализации путей усовершенствования этой продукции. Из того обстоятельства, что различные характеристики связаны между собой, следует, что мы не можем технически свободно смещать коррелированные переменные в разные стороны.

Седьмая «комната» – оценка технических характеристик. Для каждой технической характеристики вычисляется суммарная оценка. Затем вычисляется общая суммарная оценка всех технических характеристик. Вычисляется приоритетность в % каждой технической характеристики от общей суммарной оценки.

Восьмая «комната» включает в себя сравнение характеристик специалистов ТГТУ и другого технического университета.

Если у нас ограничены ресурсы, время, деньги, люди, оборудование, но мы хотим в максимальной степени удовлетворить потребности рынка, то должны распределить свои ресурсы так, чтобы направить средства на те технические характеристики нашей продукции, которые в первую очередь необходимо улучшить, за счет чего можно получить наибольшую эффективность.

Использовать методологию разложения функции качества как систематический метод текущего анализа рынка, все-таки стоит. При этом важно иметь в виду, что это практически означает совсем другой подход к руководству организацией, нацеленный на качество, основанный на командной работе и направленный на достижение долгосрочного успеха путем удовлетворения требований потребителя и выгоды для членов организации и общества.

П.В. Москалев

МАТИ – Российский государственный технологический
университет им. К.Э. Циолковского

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Одно из основных требований к системе менеджмента качества (СМК) в стандартах ИСО серии 9000 – 2000 года – обеспечение ресурсов и информации, необходимых для поддержки процессов, составляющих СМК, и их мониторинг. Основой применения информационного обеспечения СМК является использование современных информационных технологий.

Поскольку СМК тесно увязана со всей управленческой инфраструктурой предприятия, для информационного обеспечения следует использовать, по возможности, все имеющиеся компьютерные системы. Для решения задач одних СМК наилучшим образом подойдут PDM-системы, для вторых – АСУТП, для других – системы класса ERP и так далее.

Информационная система должна применяться для информационного обеспечения различных групп процессов предприятия, так или иначе имеющих отношение к СМК. В эти группы входят процессы: ЖЦ продукции, управленческие, обеспечения ресурсами, измерения и внутренние СМК. В соответ-

ствии с этим можно выделить шесть основных функций информационной системы как инструмента информационной поддержки СМК предприятия:

1 Поддержка планирования процессов осуществляется при помощи управления нормативной документацией, где обозначены требования к процессам и продукции. Под планированием в данном случае понимается поддержка документированных процедур СМК, включая возможность их задания и хранения в информационной системе. Под управлением нормативной документацией подразумевается ее хранение в виде документов в информационной системе, хранение и отслеживание календарных планов, задание рабочих инструкций в виде шаблонов потоков работ, а также требований к продукции в виде характеристик соответствующих изделий.

2 Поддержка выполнения процессов реализуется при помощи автоматизированного управления потоками работ.

3 Поддержка проверки процессов и продукции осуществляется при помощи хранения информации о характеристиках процессов и продукции и, в некоторых случаях, их автоматизированного контроля. В частности, проверка процессов включает отслеживание их выполнения (мониторинг), что обеспечивается подсистемой управления потоками работ информационной системы. Поддержка измерения продукции происходит через хранение и управление информацией о значениях характеристик конкретных экземпляров изделий.

4 Поддержка анализа результатов измерения является той компонентой использования информационной системы, которая способна дать наибольшую отдачу. Это связано с огромными информационными массивами, накапливаемыми предприятием в ходе функционирования СМК, что приводит к трудностям при ее неавтоматизированной обработке. Реализация анализа в информационной системе особенно эффективна еще и потому, что такая система сочетает в себе как средства накопления данных, так и собственно инструменты их анализа, в том числе и методы статистического анализа.

5 Поддержка улучшений процессов осуществляется через использование информационной системы для управления изменениями и несоответствующей продукцией. Улучшение деятельности организации в целом и ее СМК в частности ведется в виде корректирующих и предупреждающих действий. Документированные процедуры для их проведения должны быть реализованы в виде шаблонов потоков работ в информационной системе.

6 Управление СМК в целом, координация информационных потоков.

Современные информационные системы способны успешно моделировать процессы СМК, осуществлять документооборот и даже управлять отдельными процессами, но стоит отметить, что существуют две нерешенные проблемы: управление СМК и постоянное улучшение СМК, на которые необходимо обратить особое внимание.

А.Д. Нахман, Е.А. Петрова

Тамбовский государственный технический университет

ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ

Тестовые формы контроля знаний (централизованное тестирование, единый экзамен) все более утверждаются в образовательной практике. Тестирование учебных достижений (дидактическая диагностика) наряду с психологической диагностикой служит важным компонентом структуры образовательной программы и адекватно целям коррекции педагогического процесса (в частности, большей его мобильности). Вместе с тем итоговое (либо “абитуриентское”) тестирование может быть принято как средство оценки результативности базовых программ и образовательных систем лишь с поправкой на элемент его новизны, что сопряжено с возможностью получения искаженных (заниженных) результатов. Вследствие указанного обстоятельства необходимо использование тестов в повседневном текущем контроле, чтобы снять соответствующий психологический барьер. Контроль знаний – лишь составляющее звено в системно-комплексной диагностике (системность включает в себя корреляционный анализ результатов, установление взаимосвязи между их показателями, интегративность показателей), которая и приводит к получению достаточно полной картины качества образования. С этой точки зрения управ-

ление качеством есть управление связями между свойствами, которые формируются в индивидуальности учащегося; само качество образования понимается тогда как наличие высоких коэффициентов корреляции между всеми соответствующими показателями. В этом случае, повышая качество знаний, мы имеем возможность улучшить параметры всей системы.

Изложив общие подходы, отметим возможности, открывающиеся с использованием средств тестового контроля на этапах предвузовской и вузовской математической подготовки:

- 1) возможность максимально объективной оценки достигнутого уровня обученности;
- 2) возможность оценки всесторонней (по всему объему курса или темы), которая не всегда удается педагогу на обычном экзамене;
- 3) самостоятельная работа учащегося (в условиях ограниченного времени), стимулирует большую собранность, активность и энергию;
- 4) исключается использование шпаргалок, если задания сформулировать так, чтобы ограничить «прямую репродуктивность»; скажем, при контроле усвоения теоретического материала следует избегать вопросов: «что называется...», «сформулировать теорему», заменив их на задания типа «в чем отличие...», «какие условия в данном утверждении являются лишними...» и т.п. Кроме того, понимание теории лучше всего проявляется в решении так называемых теоретических упражнений.

Отметим целесообразность такой частной меры, как включение в список возможных ответов (в тестах закрытого типа) тех, которые содержат типичные ошибки. Так, например, при контроле знания свойств модуля, среди ответов полезно указать следующий: « $|a+b|=|a|+|b|$ »; в перечне признаков сходимости числовых рядов привести формулировку: «если предел общего члена ряда равен нулю, то ряд сходится» и т.п.

К недостаткам тестового контроля следует отнести невозможность проследить всю цепочку логических рассуждений учащегося, отличить «угадывание» от обоснованного умозаключения, выявить убедительность его действий (что важно, например, при решении геометрических задач с анализом взаимного расположения объектов), проверить знание доказательств теорем. Следовательно, недопустимо слепое следование моде на тестирование: необходимо сбалансированное применение тестовых и традиционных форм контроля.

А.Д. Нахман, Е.С. Сатина

Тамбовский государственный технический университет

О НЕКОТОРЫХ ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИКИ

Образовательные стандарты в области математики для средней школы, отражающие состояние науки на период 18-го и более ранних веков, совершенно неадекватны сегодняшним запросам общества. Коренной пересмотр самой концепции изучения математических дисциплин в школе следует начать уже сегодня хотя бы на уровне регионального компонента образовательного стандарта. Представляется необходимым, в первую очередь, введение в него элементов математической логики и теории вероятностей. Потребность в этом крайне высока: без языка и методов математической логики невозможны процессы информатизации; средства нечеткой логики все более проникают в теории управления и принятия решений; вероятностные и статистические методы пронизывают все направления науки и техники.

Попытки введения элективных курсов по соответствующим дисциплинам имеются, но они не могут быть признаны удачными. Необходимы концептуальные решения: математика в сегодняшней школе излишне «технична», искусственно усложненные задачи заслоняют собою основные идеи. Фундаментальные понятия множества, высказывания, нечеткого высказывания, вероятности на пропедевтическом уровне целесообразно ввести уже в основной средней школе, а в 10-11 классах изучение может быть сделано достаточно систематичным. Проект соответствующего образовательного стандарта представляется следующим:

- 1 Множества, основные операции над множествами и, свойства операций.

- 2 Высказывания истинные и ложные. Нечеткие высказывания. Операции над высказываниями. Свойства операций. Функция истинности. Формулы алгебры высказываний.
- 3 События, виды событий. Операции над событиями. Классическая и статистическая вероятности. Вероятность суммы и произведения.
- 4 Выборки. Комбинаторные формулы как средства подсчета количества выборок.
- 5 Схема Бернулли.
- 6 Статистическое распределение выборки. Выборочные средняя и дисперсия.
- 7 Понятие о дискретных и непрерывных случайных величинах (ДСВ. НСВ). Ряд распределения ДСВ и ее числовые характеристики. Понятие о законе больших чисел.

Пропедевтический курс математической логики и теории вероятностей отвечает следующим целям: а) повышение качества образования, адекватность современным научным взглядам и подходам; б) значительно более высокий уровень абстрагирования (фактически, вводится понятие булевой алгебры и свойств булевых операций), вписывающийся в концепцию развивающего обучения; в) сохранения доступного уровня изложения (используется элементарный технический аппарат) на базе дидактического принципа историзма.

Авторы намерены подкрепить идеи настоящего сообщения участием в разработке соответствующего учебно-методического комплекса.

А.Ю. Павлинов

Тамбовский государственный технический университет

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА ПО ГОСТ Р 50779.42–99 И Р 50.1.018–98*

Одной из главных задач предприятия при внедрении системы менеджмента качества (СМК) на предприятии является количественная оценка качества. Одними из таких оценок являются контрольные карты Шухарта (КК), основные положения по применению и интерпретации которых указаны в ГОСТ Р 50779.42–99 «Статистические методы. Контрольные карты Шухарта», а рекомендации по классификации правила их выбора и применения для анализа и управления технологическим процессом серийного и массового производства устанавливаются в Р 50.1.018–98 «Обеспечение стабильности технологических процессов в системах менеджмента качества по моделям стандартов ИСО серии 9000. Контрольные карты Шухарта».

Рассмотрены две КК: среднего (\bar{X}), среднеквадратичного отклонения (s). Основной задачей, при рассмотрении этих двух нормативных документов, являлось выяснение того, какой из этих документов лучше всего выбрать при построении КК для существующего технологического процесса.

В ГОСТ Р 50779.42–99 и Р 50.1.018–98 приведены как расчеты самих карт, так и расчеты контрольных границ: верхней контрольной границы (ВКГ) и нижней контрольной границы (НКГ).

По ГОСТ Р 50779.42–99, если не заданы стандартные значения, ВКГ и НКГ считаются следующим образом (см. табл. 1):

Таблица 1

Статистика	Центральная линия	ВКГ и НКГ
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{s}$
R	$\bar{\bar{R}}$	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$
s	$\bar{\bar{s}}$	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$

Коэффициенты A_2, D_3, D_4, B_3, B_4 приведены в табл. 2:

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева

Таблица 2

Объем выборки n	Коэффициенты для вычисления контрольных границ					
	...	A_2	D_3	D_4	B_3	B_4
2	...	1,880	0,000	3,267	0,000	3,267
3	...	1,023	0,000	2,574	0,000	2,568
4	...	0,729	0,000	2,282	0,000	2,266
...
16	...	0,212	0,363	1,637	0,448	1,522
17	...	0,203	0,378	1,622	0,446	1,534
18	...	0,194	0,391	1,608	0,482	1,518
19	...	0,187	0,403	1,597	0,497	1,503
20	...	0,180	0,415	1,585	0,510	1,490

В Р 50.1.018–98 также приведены расчетные формулы для ВКГ и НКГ (табл. 3).

Таблица 3

Статистика	ВКГ (НКГ)
\bar{X}	$\bar{C} + G \cdot \sigma_{пред} \quad (\bar{C} - G \cdot \sigma_{пред})$
R	$D \sigma_{пред}$
s	$B \sigma_{пред}$

\bar{C} – целевое значение (чаще всего середина поля допуска), а $\sigma_{пред}$ – предварительная оценка, которая определяется как среднеарифметическое от полученных оценок σ .

Ниже приведена таблица коэффициентов G , D , B (табл. 4)

Таблица 4

Объем выборки n	Коэффициенты для вычисления контрольных границ			
	...	G	D	B
2	...	2,121	3,685	3,267
3	...	1,732	4,358	2,568
4	...	1,500	4,699	2,266
...
16	...	0,750	5,782	1,552
17	...	0,728	5,820	1,534
18	...	0,707	5,853	1,518
19	...	0,688	5,891	1,503
20	...	0,671	5,920	1,480

Формулы для расчета НКГ для R , s не приведены в Р 50.1.018–98 так, как если процесс выходит за ВКГ, то это свидетельствует о снижении точности увеличении разброса технологического процесса, следует его остановить и выяснить причины этого.

Были взяты данные для расчета КК и контрольных границ.

По формулам приведенным выше были рассчитаны ВКГ и НКГ по ГОСТ Р 50779.42–99 и Р 50.1.018–98.

ГОСТ Р 50779.42–99 значение ВКГ и НКГ:

- для \bar{X} -карты

$$\begin{aligned} \text{НКГ } \bar{X} &= 855,6929, \\ \text{ВКГ } \bar{X} &= 892,0271; \end{aligned}$$

- для s -карты

$$\begin{aligned} \text{ВКГ}_s &40,34121 \\ &= \\ \text{НКГ}_s &13,80807 \\ &= \end{aligned}$$

Рассчитав по тем же самым данным с применением контрольные границы КК:

Р 50.1.018–98, получили следующие

- для \bar{X} -карты

$$\begin{aligned} \text{НКГ1} &855,4492 \\ &= \\ \text{ВКГ1} &892,2708 \\ &= \end{aligned}$$

- для s -карты

$$\begin{aligned} \text{ВКГ} &40,07047 \\ &= \end{aligned}$$

Сравнивая эти значения, видно, что они практически не отличаются. Поэтому можно говорить о том, что применение ГОСТ Р 50779.42–99 или Р 50.1.018–98 зависит непосредственно от самого процесса. Можно лишь отметить то, что расчет КК по ГОСТ проще, так как не требует промежуточных вычислений и для удобства приведены расчеты как ВКГ, так и НКГ.

В.М. Панорядов

Тамбовский государственный технический университет

МЕСТО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В источниках, определяющих управление качеством, вопросы технического обслуживания (ТО) не находят должной проработки. В тоже время, только высокая техническая готовность оборудования позволит поддерживать требуемое качество выпускаемой продукции на должном уровне в течение длительного времени. Кроме того, сохраненный ресурс оборудования обеспечит адаптацию производства к постоянно меняющимся требованиям как внутреннего, так и внешнего рынков в условиях ненадежных источников финансовых ресурсов.

Задачи и проблемы ТО в современной России в основном обусловлены закономерными причинами:

- 1) ускорением процесса приватизации и резким сокращением государственного сектора производства, неустойчивостью национальной экономики;
- 2) естественным износом оборудования и его составных частей, особым влиянием на него климатических факторов;
- 3) применением новых технологий, активным развитием оборудования и внедрением компьютерных систем;
- 4) новым подходом к менеджменту, развитием человеческих ресурсов, несовершенством систем мотивации персонала и другими социально-культурными проблемами.

Цель ТО может быть достигнута, если она становится единой стратегией на уровне высшего руководства. Только оно несет ответственность за функцию ТО и организует его управление.

Перед управлением ТО стоят вполне конкретные цели:

- содействие обеспечению высокого качества конечного продукта путем обеспечения работоспособности и оптимизации надежности оборудования и всей инфраструктуры;
- повышение безопасности производства путем совершенствования навыков персонала, быстрым выполнением ремонтов оборудования;
- обеспечение защиты окружающей среды путем безаварийной эксплуатации оборудования, проведением проверок, настроек, профилактических обслуживаний и ремонтов.

Ни одна из целей ТО не может быть достигнута без устойчиво функционирующей системы, в которой высшее руководство и весь персонал осознал его значение для результатов текущей деятельности: качества, производительности и безопасности.

Для привлечения внимания высших руководителей и начальников отделов к ТО следует воспользоваться соображениями общеэкономического характера. Одним из убедительных методов является проведение бенчмаркинговых исследований – сравнение показателей деятельности компании с аналогичными показателями других компаний, работающих в родственной отрасли. Это означает, что менеджер по обслуживанию должен располагать полной информацией о техническом состоянии оборудования и при обращении к высшему руководству выступать скорее как экономист, чем инженер.

Что касается производственного персонала, то для него наиважнейшим является привитие культуры производства. Поэтому обучение персонала правилам эксплуатации, диагностики и устранения простейших неисправностей, а также проведению комплекса операций технического обслуживания до и после работы должно стать нормой для руководителей всех рангов. Кроме того, обязательным условием высокого конечного результата остается проведение контроля установленных мероприятий.

Обслуживающий персонал должен направить свою деятельность на предупреждение отказов оборудования, проведение проверки и настройки оборудования, а также выполнения операций плановых ТО. Задача менеджеров заключается в обеспечении высокого качества работ и в своевременной проверке средств измерения.

Планирование и организация работ ТО должна основываться на результатах аудита ТО. Цель аудита ТО заключается в выявлении проблем, как с организационной, так и со стратегической точек зрения. Аудит ТО проводится в соответствии с инструкцией, которая разрабатывается заранее, и с ее содержанием знакомятся руководители подразделений.

На основании аудита предлагаются решения, определяются приоритеты для рекомендуемых мер и разрабатываются кратко-, средне- и долгосрочные планы действий. Для выявления взаимозависимости различных предлагаемых действий их следует отразить на сетевом графике. План действий адресуется как высшему руководству, так и руководителям, отвечающим за ТО.

В.М. Попов, А.А. Тиньков

Воронежская государственная лесотехническая академия

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Во многих отраслях техники в последнее время широкое применение находят полимерные клеи. Соединения на их основе имеют целый ряд преимуществ по сравнению с традиционными видами соединений металлических конструкций. В то же время применение клеевых соединений в известной мере сдерживается отсутствием надежных методов контроля их качества.

Проведенный анализ специальной литературы по клеевым соединениям показал, что в качестве критерия качества таких соединений следует принять остаточные или так называемые внутренние напряжения. Эти напряжения формируются за счет различий в коэффициентах расширения клея и склеиваемых материалов, деформации при внешних воздействиях. Таким образом, обладая информацией о формировании внутренних напряжений в клеевых соединениях в процессе склеивания или эксплуатации изделий, можно прогнозировать их качество без разрушения соединений. Однако, известные на сегодняшний день методы нахождения внутренних напряжений клеевых соединений пригодны лишь для лабораторных испытаний на специальных образцах.

Предлагается метод, в основу которого положена установленная экспериментально взаимосвязь между внутренними напряжениями и теплопроводностью клеевых прослоек соединений. Природа от-

меченной выше взаимосвязи объясняется процессами, протекающими в клеевых прослойках на микроуровне. Структурные элементы полимера, ответственные за теплопроводность, за счет внутренних напряжений ориентируются в плоскости склеивания. При этом, чем интенсивнее процесс нарастания внутренних напряжений, тем меньше теплопроводность в целом клеевой прослойки. Таким образом, установив взаимосвязь между внутренними напряжениями и теплопроводностью клеевых прослоек соединений в процессе их отверждения и эксплуатации, можно через определение теплопроводности клеевой прослойки находить внутренние напряжения в клеевых соединениях непосредственно для изделий и таким образом, судить об их качестве.

Проведены комплексные исследования коэффициента теплопроводности и внутренних напряжений для прослоек из клеев эпоксидного и формальдегидного классов. Теплопроводность определялась скоростным методом, в основу которого положен так называемый метод двух температурно-временных интервалов, позволяющий находить коэффициент теплопроводности в процессе отверждения прослойки и эксплуатации соединения.

Для нахождения внутренних напряжений идентичных клеевых прослоек соединений разработан метод, в основу которого положен консольный способ, когда отклонение консоли фиксируется путем измерения электрической емкости с выходом на вычислительный комплекс.

Полученные в процессе исследований результаты сведены в банк данных и на основе их установлены корреляционные зависимости. Практическая реализация предлагаемого метода прогнозирования качества клеевых соединений сводится, таким образом, к определению теплопроводности клеевых прослоек непосредственно на изделии. Для этих целей используется метод мгновенного теплового воздействия.

Операция по определению коэффициента теплопроводности клеевой прослойки в изделии заключается в подаче теплового импульса на поверхность контролируемого изделия с клеевым соединением и регистрации разности температур для двух точек поверхности.

Е.А. Попова, А.Г. Дивин

Тамбовский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВИБРОЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СИЛЫ*

Объектом исследования в данной работе являются виброчастотные преобразователи силы, используемые в электронных весах фирмы ОАО «ТВЕС».

Точность при эксплуатации подобных весов зависит главным образом от стабильности метрологических характеристик датчика в рабочих условиях, которые часто отличаются от нормальных.

Заметное влияние на точность показаний внешних факторов (температуры, влажности, атмосферного давления и др.), а также сложность изготовления привели к тому, что данный тип датчиков не нашел широкого применения. Однако при налаженном производстве виброчастотные датчики оказываются весьма недорогими.

С целью исследования влияния температуры окружающей среды на частоту выходного сигнала преобразователя был проведен эксперимент по определению его статических характеристик в диапазоне температур 20 ... 60 °С.

Экспериментальная установка включает в себя следующие блоки: термокамеру ТВТ-1, в которую был помещен испытуемый датчик; источник питания постоянного тока Б5-48; аттестованные в ЦСМ спецгрузы; коннектор DB-1825; персональный компьютер с платой сбора данных PCI-911DG.

Сигнал с выхода объекта испытаний через коннектор поступает на аналоговый вход АЦП платы сбора данных, где преобразуется в цифровой код. Обработка полученной информации осуществляется в персональном компьютере посредством программы, созданной в графической среде программирования LabView.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева

График зависимости частоты выходного сигнала от температуры при нагрузке равной 3517,144 г представлен на рис. 1.

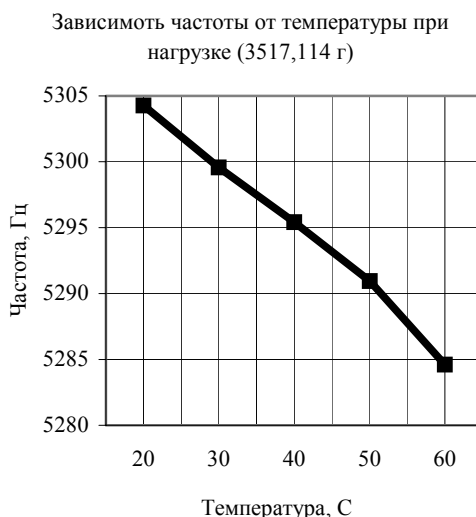


Рис. 1 Зависимость частоты от температуры при нагрузке равной 3517,144 г

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что частота собственных колебаний резонатора датчика уменьшается с увеличением температуры, зависимость частоты от температуры нелинейная. Эти данные позволят в дальнейшем определить поправки к информативному параметру выходного сигнала датчика, что повысит точность взвешивания.

А.С. Проскурин

Брянский государственный технический университет

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПОЛИТИКИ ВУЗА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Главным направлением российской образовательной политики является обеспечение современного качества образования [1]. В этой связи все более широкое применение в образовательной сфере находят стандарты ИСО 9000:2000, внедрение которых, несомненно, способствует улучшению качества образования.

Одним из основных требований стандарта ИСО 9001:2000 является определение политики и целей организации в области качества, с учетом всех заинтересованных сторон. Сторонами, заинтересованными в деятельности вуза являются:

- а) личности:
 - студенты;
 - абитуриенты;
 - родители студентов и абитуриентов;
- б) университет:
 - руководство университета;
 - сотрудники университета;
- в) государство;
- г) работодатели;
- д) общество.

К интересам личности можно отнести:

- повышение своего образовательного потенциала;
- обретение способности к быстрому обучению;
- развитие и управление личными ресурсами;

- возможность безболезненно менять сферы своей деятельности, профессии;
- приобретение организационных навыков для активного решения проблемных ситуаций;
- отсрочка выполнения гражданского долга по защите Отечества.

Университет стремится к тому, чтобы:

- соответствовать современным международным стандартам;
- создать имидж передового образовательного учреждения;
- создать поток внебюджетных инвестиций для повышения качества жизни менеджмента, преподавателей и развития исследований;
- расширить собственную нишу на рынке образовательных услуг.

Интересы государства заключаются в:

- поддержании управляемой безработицы на рынке труда на оптимальном уровне;
- опережении времени в научно-технологических разработках;
- ограничении иммиграции специалистов;
- ускоренном развитии приоритетных направлений;
- минимизации расходов на содержание науки и образования.

В качестве работодателей выступают предприятия, нанимающие на работу выпускников вуза. Интересы работодателей, прежде всего, направлены на получение от вуза специалистов высокого уровня. В целом интересами работодателя являются:

- высокий уровень подготовки выпускников вуза;
- владение выпускниками вуза иностранными языками и новейшими информационными технологиями;
- широкая номенклатура специальностей вуза;
- профессионализм выпускников вуза;
- умение выпускников вуза располагать к себе людей и работать в коллективе;
- бесконфликтность и психологическая устойчивость выпускников вуза;
- умение выпускников вуза наводить и соблюдать установленный корпоративный порядок;
- управляемость выпускников вуза;
- беспрекословное выполнение выпускниками вуза распоряжений вышестоящего руководства.

Общество в свою очередь косвенно заинтересовано в деятельности университетов.

При определении политики вуза в области качества решаются следующие задачи: определение целей, выбор основных направлений деятельности, установление принципов действий и формирование девиза вуза в области качества.

Стандарты ИСО 9000 версии 2000 г. требуют согласование политики в области качества со стратегическим планированием и прогнозированием развития вуза. Политика в области качества должна периодически корректироваться на основе самооценки и анализа результатов деятельности вуза, т.е. представлять собой динамический и рабочий элемент менеджмента вуза.

Процесс формирования политики вуза в области качества, в соответствии с [2], складывается из трех последовательно выполняемых процессов (рис. 1).

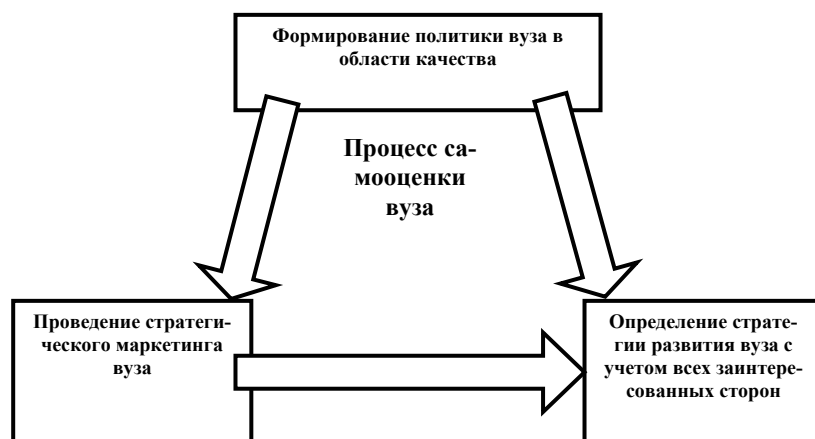


Рис. 1 Процесс формирования политики вуза в области качества

I Проведение стратегического маркетинга вуза.

Стратегический маркетинг вуза проводится в четыре этапа:

1 Определение миссии вуза – с учетом интересов всех сторон (студенты, абитуриенты, родители студентов и абитуриентов, работники вуза, поставщики ресурсов, учреждения среднего образования, предприятия, Министерство образования РФ и общество) определяются основные цели, задачи, и направления деятельности вуза. Мнения всех заинтересованных сторон выявляются посредством проведения тестирования.

2 Анализ среды вуза – определяется макроокружение (политическое, законодательное, налоговое и др.), микроокружение (рынки, конкуренты, поставщики и др.) и проводится аудит маркетинга (цели, финансовые результаты, продукция, технологии и др.).

3 Сегментирование рынка – с помощью тестирования проводится разбиение базового рынка на части (сегменты), состоящие из заинтересованных сторон с одинаковыми потребностями и другими однородными характеристиками. Затем проводится анализ прибыльности сегментов и отбор сегментов, на которые будет ориентироваться вуз.

Критерии сегментирования следующие:

- пол студента;
- учебные заведения, оконченные, студентами и абитуриентами;
- место жительства студентов и абитуриентов;
- характер обучения (платная основа или бюджетное место).

4 Определение рыночной стратегии развития вуза – проводится прогноз текущего финансового состояния вуза и определение общей рыночной стратегии в количественной форме (объем студентов, обучающихся на платной основе, доли рынка услуг в области высшего технического образования, прибыль и др.)

II Выполнение процесса самооценки вуза.

Здесь необходимо продиагностировать вуз и определить стратегию изменения его внутренней среды, используя методики самооценки организации.

III Определение стратегии развития вуза с учетом интересов всех заинтересованных сторон.

Сначала выявляется вероятное будущее вуза при использовании соответствующих стратегий, применяемых для достижения поставленных целей. Далее в качестве конечной цели устанавливается желаемое будущее вуза при использовании соответствующих стратегий, применяемых для достижения поставленных целей.

Список литературы

1 Горелов Б.А. Интересы государства, университета, личности, корпораций и общества в элитарном образовании / Б.А. Горелов, А.Н. Кармазинский // Элитное техническое образование: Тр. Междунар. конф. в рамках симпозиума. Томск, 2003. С. 40 – 44.

2 Горленко О.А. Создание систем менеджмента качества в организации: Монография / О.А. Горленко, В.В. Мирошников. М.: «Изд-во Машиностроение–1», 2002. 126 с.

А.П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет

**МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА**

Для непрерывного неразрушающего контроля пористости бронзового каркаса, а также толщины приработочного слоя металлофторопластовой ленты в технологическом потоке ее изготовления разработан метод, отличительной особенностью которого является бесконтактность измерения, оперативность и высокая производительность измерения, широкие функциональные возможности, возможность автоматизации процесса измерения.

Для повышения точности измерения толщины слоев медной стальной ленты может быть использован метод непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием [1].

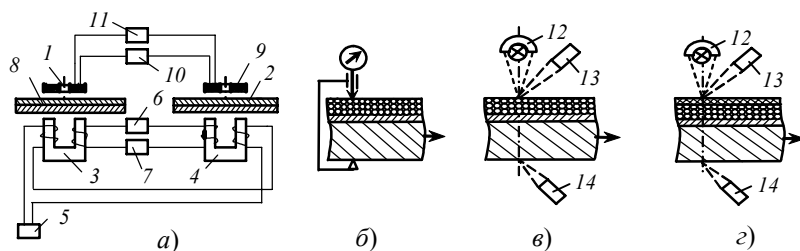


Рис. 1 Схема непрерывного контроля качества металлофторопластового ленточного материала в технологическом потоке ее изготовления:

- а* – контроль толщины слоев двухслойной биметаллической ленты;
б – контроль толщины бронзового пористого каркаса после спекания сферических бронзовых частиц летучим микрометром; *в* – контроль пористости бронзового каркаса тепловым методом; *г* – контроль теплопроводности бронзового каркаса, заполненного фторопластом-4 с наполнителем и контроль толщины приработочного слоя

Сущность метода контроля пористости металлического каркаса и толщины четвертого слоя движущегося металлофторопластового ленточного материала заключается в следующем.

В бесконтактном тепловом способе неразрушающего контроля с помощью источника тепла *12* постоянной мощности, сфокусированного на поверхность исследуемого изделия в виде полосы длиной 40 ... 50 мм, шириной 4 ... 6 мм, нагревают поверхность исследуемого изделия и измеряют установившуюся избыточную температуру T_1 в центре источника тепла первым термоприемником *13* и температуру T_2 вторым термоприемником *14* на поверхности изделия в точке, расположенной с обратной стороны напротив линейного источника тепла.

Термическое сопротивление последовательно соединенных составных стенок, ориентированных перпендикулярно тепловому потоку, определяется по формуле [2]:

$$R_i = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n [h_i / (\lambda_i S)], \quad (1)$$

где R_i , h_i , λ_i – соответственно термическое сопротивление, толщина и теплопроводность i -ой стенки; $S = l \cdot b$ – площадь изотермической поверхности; l , b – соответственно длина и ширина сфокусированного источника тепла.

Поскольку разность установившихся избыточных температур обусловленная сопротивлением различных слоев при тепловом воздействии источником постоянной мощности, определяется в соответствии с зависимостью вида $\Delta T = qR$, то зависимость между температурами T_1 и T_2 и тепловым потоком для трехслойной системы (рис. 1, *в*), состоящей из стального основания, слоя меди и слоя пористого бронзового каркаса, с известными толщинами слоев будет иметь вид

$$T_1 - T_2 = \Delta T_1 = qR_1 = q \left(\frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3} \right) \frac{1}{S}, \quad (2)$$

где h_1, λ_1 – толщина и теплопроводность нижнего слоя; h_2, λ_2 – толщина и теплопроводность второго слоя; h_3 – толщина бронзового каркаса, измеренная индуктивным микрометром (рис. 1, б); S – площадь участка активного теплового воздействия; q – мощность теплового потока.

Тогда теплопроводность пористого бронзового каркаса определяется как

$$\bar{\lambda}_3 = \frac{h_3}{\frac{S\Delta T}{q} - \left(\frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2}\right)}. \quad (3)$$

Известно также [3], что теплопроводность пористого металлического каркаса связана с пористостью следующей зависимостью

$$\bar{\lambda}_3 = \lambda_k (1 - 1,5\Pi), \quad (4)$$

где λ_k – теплопроводность материала каркаса в компактном состоянии; $\Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V}$ – пористость бронзового каркаса; $V_{\text{п}}$ – объем, занимаемый порами; V – объем пористого материала.

Тогда из формулы (4) можно определить пористость бронзового каркаса

$$\Pi = (\lambda_k - \bar{\lambda}_3) / 1,5\lambda_k. \quad (5)$$

Для четырехслойной системы (рис. 1, з), состоящей из стального основания, слоя меди, слоя пористого бронзового каркаса, поры которого заполнены фторопластом-4 с наполнителем дисульфида молибдена, зависимость (1) будет выглядеть следующим образом:

$$T_1 - T_3 = \Delta T_2 = qR_2 = q \left(\frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_4} + \frac{h_4}{\lambda_{\phi}} \right) \frac{1}{S}, \quad (6)$$

где T_1 и T_3 – новые значения установившихся избыточных температур в точках контроля; h_3 – толщина бронзового каркаса, заполненного фторопластом-4 с наполнителем; $\bar{\lambda}_4$ – среднеинтегральная теплопроводность двухкомпонентной системы, состоящей из бронзового пористого каркаса и фторопласта-4 с наполнителем; h_4 – толщина прирабочного фторопластового слоя; λ_{ϕ} – теплопроводность материала прирабочного слоя.

Известно [4], что измеряемая среднеинтегральная по объему теплопроводность $\bar{\lambda}_4$ двухкомпонентной системы определяется выражением

$$\bar{\lambda}_4 = m_1\lambda_{\phi} + m_2\lambda_{\text{бр}}, \quad (7)$$

где $\lambda_{\text{бр}} = \bar{\lambda}_3 = \lambda_k (1 - 1,5\Pi)$ – теплопроводность бронзового пористого каркаса;

$m_1 = \frac{m_{\phi}}{m_{\phi} + m_k}$; $m_2 = \frac{m_k}{m_{\phi} + m_k}$; m_{ϕ}, m_k – соответственно масса фторопласта-4 с наполнителем и масса бронзового каркаса в единице объема двухкомпонентной системы.

Так как $m_{\phi} = \rho_{\phi}V_{\phi} = \rho_{\phi}Sh_4$,

$$m_k = \rho_{\text{бр}}V_{\text{бр}} = \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi) = \rho_{\text{бр}}Sh_4(1 - \Pi)$$

где $\rho_{\text{бр}}, \rho_{\phi}$ – соответственно плотность фторопласта-4 с наполнителем и бронзы в компактном состоянии; V – объем двухкомпонентной системы, подверженный тепловому воздействию, то

$$m_1 = \frac{\rho_{\phi}}{\rho_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)}; \quad m_2 = \frac{\rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)}{\rho_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)}. \quad (8)$$

После подстановки выражения (8) в (7) получим формулу для определения среднеинтегральной теплопроводности

$$\frac{1}{\lambda_4} = \frac{\rho_{\phi}\lambda_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)(1 - 1,5\Pi)\lambda_{\kappa}}{\rho_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)}. \quad (9)$$

Подставив полученное выражение (9) в (6), получим формулу для определения толщины прирабочего слоя

$$h_4 = \frac{\Delta T_3 S}{q} - \left\{ \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3 [\rho_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)]}{\rho_{\phi}\lambda_{\phi} + \rho_{\text{бр}}(1 - \Pi)(1 - 1,5\Pi)\lambda_{\kappa}} \right\}. \quad (10)$$

Таким образом, используя схему измерения (рис. 1) можно определить толщину всех четырех слоев и пористость бронзового каркаса металлофторопластового ленточного материала в технологическом процессе производства.

Список литературы

- 1 С1 2210058 RU G 01 В 7/06, G 01 N 27/90. Способ непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием / Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков, А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов. № 2002102151/28(001924); Заявл. 23.01.2002 // Изобретения (Заявки и патенты). 2003. № 22.
- 2 Метод бесконтактного неразрушающего контроля слоев двухслойных изделий и анализ теплофизических процессов в биметаллах / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов, Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков. // Вестник ТГТУ. 2002. Т. 8, № 2. С. 190 – 200.
- 3 Пористые проницаемые материалы: Справ. изд. / Под ред. С.М. Белова. М.: Металлургия, 1987. 335 с.
- 4 Дульнев Г.Н. Теплопроводность смесей и композиционных материалов / Г.Н. Дульнев, Ю.П. Заричняк. Л.: Энергия, 1974. 264 с.

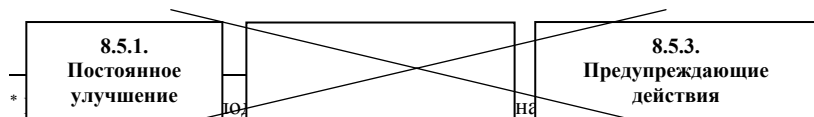
В.А. Самодуров

Тамбовский государственный технический университет

ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ*

В данном докладе рассмотрен подход к совершенствованию деятельности организации при помощи процесса «Постоянного улучшения» в системе менеджмента качества, подготавливаемой к сертификации по требованиям международных стандартов ИСО серии 9000 в редакции 2000 г.

В настоящее время нет единого мнения о том, каким образом должен осуществляться процесс постоянного улучшения. Иногда на вопрос о том, каким образом следует осуществлять постоянное улучшение – поступают ответы, сводящиеся к тому, что процесс постоянного улучшения есть простая совокупность процессов корректирующих и предупреждающих действий, т.е.:



=

+

Если бы вышесказанное было справедливо, то на наш взгляд, в международном стандарте ИСО 9001–2000 не потребовалось бы вводить процесс 8.5.1 «Постоянное улучшение», а достаточно было бы ограничиться имевшимися ранее процессами корректирующих и предупреждающих действий.

На рис. 1 проиллюстрировано взаимоотношение между различными составными частями (стадиями) процесса постоянного улучшения.

На первой стадии *процесса постоянного улучшения* осуществляется выбор процесса, который на данный момент является наиболее критическим (дефектоносным) и в первую очередь нуждается в улучшении.

На второй стадии специалисты созданной команды определяют границы и описывают ранее выбранный процесс в том виде, в каком он осуществляется до последнего времени. При необходимости, путем проведения мониторинга и измерений в ходе процесса, проверяют: верно ли понят и описан этот процесс, удовлетворяет ли он требованиям потребителей.

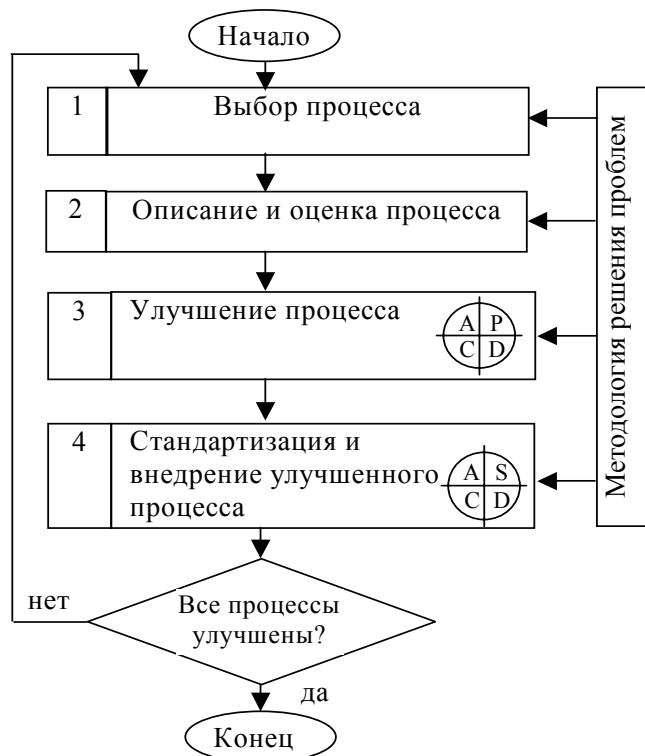


Рис. 1 Графическая модель процесса постоянного улучшения (развития) качества

На третьей стадии осуществляется собственно улучшение процесса. При этом следует использовать методологию решения проблемы, представляющую собой детализированный вариант цикла улучшения Plan – Do – Check – Act (PDCA) Деминга.

На стадии стандартизации достигнутое улучшение процесса должно быть превращено в стандартную процедуру, в соответствии с которой в каждый последующий момент времени этот процесс мог быть осуществлен одинаковым образом при минимальной изменчивости (вариации) его характеристик.

В.А. Самородов, Е.С. Кузнецова

Тамбовский государственный технический университет

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ FMEA-АНАЛИЗА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ

ТЕНТОВОГО МАТЕРИАЛА*

Тентовый материал (ТМ) с поливинилхлоридным покрытием (ПВХ) для автотранспорта относится к искусственным кожа и получается путем нанесения на тканевую основу одностороннего или двухстороннего ПВХ покрытия с последующим желированием, тиснением или без тиснения рисунка и охлаждением продукции на агрегате хлорвиниловых покрытий.

Для управления качеством ТМ разработана методика, в основу которой положен FMEA-анализ. Для наглядного представления методики разработана поточная диаграмма, которая представлена на рис. 1.

Рассмотрим более подробно порядок и последовательность действий, сведя их в четыре этапа:

Первый этап. Подготовка к анализу.

Для отображения первичной информации по видам порока разработан контрольный листок (КЛ), который позволил систематизировать пороки в производстве ТМ. Источником для заполнения КЛ служили маршрутные карты за февраль и март месяцы 2004 года.

Второй этап. Разработка классификации пороков ТМ по источникам возникновения.

Для идентификации возможных причин несоответствий и потенциальных возможностей улучшения качества ТМ проведена «мозговая атака». На основании сведений, полученных по результатам «мозговой атаки», построены причинно-следственные диаграммы для каждого вида порока ТМ, анализ которых показал, что можно выделить основные причины их возникновения: пороки, зависящие от основы, от персонала, от оборудования, от технологии.

На основании проведенных исследований разработана новая классификация пороков ТМ, учтя при этом классификацию по ГОСТ 26436–85, в которой пороки подразделяются на местные (М) и распространенные (Р).

Третий этап. Обработка данных КЛ.

В качестве инструмента обработки первичных данных выбрана диаграмма Парето, которая позволила сделать вывод, что пороки «раковина» и «замин» составляют в общем более 40 % от общего числа брака. Это говорит о том, что необходимо уделить тщательное внимание причинам, которые приводят к возникновению данного вида брака.

Четвертый этап. FMEA-анализ пороков ТМ.

На основании данных диаграммы Парето выбрали самый распространенный порок – «раковина». Используя опыт и знания FMEA-команды, определены причины потенциально-го порока «раковина» (отклонения температуры и толщины штриха) и последствия (возможности увеличения водопроницаемости

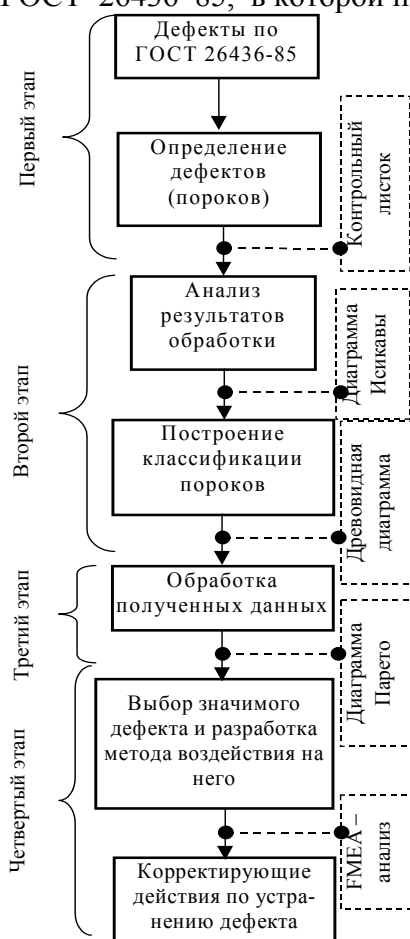


Рис. 1 Поточная диаграмма методики

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. А.В. Трофимова

и снижения разрывной нагрузки). Первоначально предложенные

меры по обнаружению порока: контроль температуры - визуально и регулировка зазора между ножевой раблей и подложкой с применением специальных щупов. Также проставлены экспертные оценки балла значимости S , балла возникновения O , балла обнаружения D . По формуле $ПЧР = S \times O \times D$ для каждой причины определено приоритетное число риска (ПЧР). Оба значения ПЧР превысили установленную критическую границу $ПЧР_{гр}=120$. Для снижения этого расчетного показателя предложено использовать автоматическое регулирование температуры в термокамере и автоматическое управление зазором между ножевой раблей и подложкой.

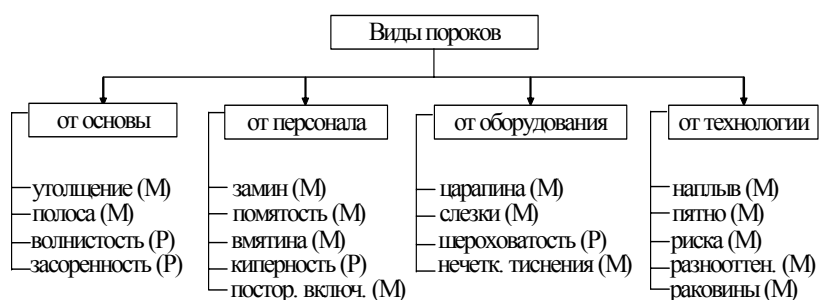


Рис. 2 Классификация пороков ТМ по источникам возникновения

После того, как действия по доработке определены, предложенный вариант проанализирован и подсчитаны значения нового ПЧР. Полученные значения ПЧР меньше критического значения $ПЧР_{гр}$. Максимальное значение ПЧР для порока «раковина» снижено до 112.

В результате проведения FMEA-анализа установлено, что для снижения ПЧР возникновения порока ТМ «раковина» необходимо внести изменения в методы контроля температуры и зазора. В службу технического директора направлены рекомендации, согласно которым необходимо осуществлять автоматическое регулирование температуры в термокамере и зазора между ножевой раблей и подложкой.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ*

Наиболее простым способом определения влагосодержания в образце материала является измерение изменения его веса во время эксперимента. Для измерения веса была спроектирована автоматизированная система контроля, в состав которой входят: датчик веса, промежуточный преобразователь, аналого-цифровой преобразователь и персональный компьютер.

В качестве датчика веса выбран датчик струнного типа, изготавливаемый на Тулиновском приборостроительном заводе, в котором при изменении нагрузки на датчик изменяется натяжение струны, вследствие чего меняется рабочая частота колебательного контура, частью которого она является.

Промежуточный преобразователь представляет собой электронную схему, предназначенную для поддержания автоколебаний струны и снятия частотного сигнала.

Для измерения частоты колебательного контура и преобразования в дискретный сигнал, предназначенный для дальнейшей обработки на компьютере, применяется звуковая карта с поддержкой Direct Sound частотой дискретизации не менее 44КГц 8 бит, чье использование в качестве технологического АЦП/ЦАП обосновано.

Для анализа частотных сигналов датчиков выбран метод спектрального анализа Фурье. Оцифрованный сигнал представляется специальной программой как таблица мгновенных значений амплитуды, и при длине отрезка анализируемого сигнала в 1 с используемый АЦП позволяет достигнуть точности измерения частоты до 0,002 Гц. Также достоинствами данного метода измерения частоты является резкое уменьшение времени расчётов и возможность отфильтровки посторонних шумов, возникающих в сигнале с датчика вследствие естественных для производства причин – помехи от электросети, вибрации от работы станков, передвижения людей и т.д.

Исследования поведения датчика в различных условиях измерения показали, что при постоянной нагрузке частота автоколебаний со временем изменяется, в процессе измерения возможны выбросы и срывы частоты, обусловленные различными причинами. Как показал анализ, основные погрешности измерения возникают из-за наличия паразитных резонансов в измерительном колебательном контуре, нарушения монотонности выходного сигнала, нелинейности статической характеристики, температурной зависимости.

Для повышения точности измерений веса предложена методика, позволяющая с помощью созданных программных средств внести корректирующие воздействия в результаты измерения. Методика включает следующую последовательность действий:

1 Производится статистическая обработка результатов измерений, для чего количество измерений частоты увеличивается в 10–20 раз.

2 Программным способом производится коррекция срывов рабочей частоты, исходя из гипотезы: изменение веса является непрерывным процессом и поэтому не может быть резкое скачкообразное изменение соответствующего изменения частоты контура.

3 Вычисляется математическое ожидание R точек измерения, соответствующих одной точке, необходимой при дальнейшем использовании.

4 В соответствии с критериями теории выбросов отбрасываются промахи – значения частот, непопадающие в доверительный интервал.

5 Для учета погрешности датчика от температуры вводится поправка нулевой частоты датчика (частота без нагрузки) с учетом гипотезы о ее линейной зависимости. Для определения коэффициентов зависимости проводятся два измерения с гирями перед началом и после окончания основного эксперимента.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Мищенко

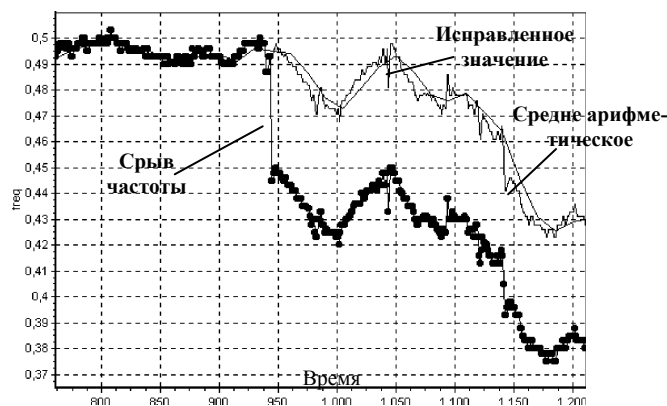


Рис. Обработка результатов измерений

6 По результатам специально организованных экспериментов была построена градуировочная таблица, обработка данных которой позволила вывести аппроксимирующее уравнение градуировочной характеристики датчика:

$$Y = k_0 + k_1 x + k_2 \sqrt{x},$$

где Y – вес; x – частота датчика; k_0, k_1, k_2 – коэффициенты.

Для определения коэффициентов k_i ($i = 0, 1, 2$) необходимо указать координаты трех точек. В результате получаем градуировочную зависимость, которая используется при обработке данных экспериментов.

7 Для сглаживания конечных данных зависимости веса от времени применяется интерполяция сплайнами третьего порядка.

Предложенный метод позволил поднять точность измерений веса в 10 раз относительно стандартных весов.

***Е.И. Солодков, С.В. Пономарев*, А.Н. Жмаев,
С.В. Миронов*, А.А. Бушков****

ОАО Тулиновский приборостроительный завод (ТВЕС),

* Тамбовский государственный технический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ФОРМ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ ПРОЦЕССА ГРАДУИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЕСОВ НА ОАО «ТВЕС»

Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) или анализ форм и последствий отказов является инструментом управления качеством, который применяют для системной идентификации возможных отказов процессов и для предотвращения их последствий. В рамках FMEA-анализа предполагается не только прогнозирование результатов появления отказа, но и того, насколько серьезны (суровы) будут последствия этого отказа.

Нами выполнено практическое применение FMEA-анализа в целях возможного улучшения процесса градуировки электронных весов. Этот процесс, по результатам анализа деятельности Тулиновского приборостроительного завода (ОАО «ТВЕС»), был определен высшим руководством как критический (дефектоносный).

Заметим, что процесс градуировки весов на ОАО «ТВЕС» осуществляется с использованием имеющегося на предприятии универсального стенда нагружения, который состоит из основного и подвижного каркасов. Последний имеет левую и правую гребенку, на которые навешиваются гири в необходимой последовательности.

Управление работой стенда осуществляется оператором путем включения и отключения питания электродвигателя. При этом трудность состоит в том, что оператор в своих действиях вынужден опираться на результаты визуального контроля полноты опускания очередной гири на платформу весов. Следствием этого являются нередкие случаи, когда платформа весов бывает не догружена (из-за непол-

ного опускания гири) или перегружена (вследствие воздействия гири, которая должна была бы быть опущена на платформу весов при нагружении в следующей реперной точке).

После подробного изучения имевшегося положения дел, FMEA-команда разбила рассматриваемый процесс на четыре подпроцесса, корректность выполнения которых наиболее сильно влияет на качество процесса градуировки в целом:

- транспортировка и установка весов на столешницу стенда;
- контроль горизонтальной установки весов по уровню;
- нагружение платформы весов в реперных точках;
- регистрация частотных сигналов датчика для целей программирования.

Анализ этих подпроцессов выявил возможные формы отказов:

- 1) повреждение весов в результате падения;
- 2) весы не выверены по уровню;
- 3) несоответствие веса нагружения реперной точке;
- 4) выход из строя стенда;
- 5) потеря вносимой в ПЗУ весов информации.

На следующем этапе работы члены FMEA-команды для каждого подпроцесса:

– выявили основные причины и вероятные последствия неудач, среди которых были выделены возможные задержки и приостановки производства;

– количественно оценили слабые пункты (узкие места) рассматриваемых подпроцессов и вычислили значения вероятных рисков P возможных отказов

$$P=P \times C,$$

где P – вероятность того, что отказ произойдет; C – серьезность последствий отказа для каждого аварийного режима.

После завершения работы FMEA-команды был составлен письменный отчет о результатах работы по выполненному анализу форм и последствий отказов. Этот отчет был передан руководителям организации, которые верифицировали и оценили результаты работы FMEA-команды. Результаты работы FMEA-команды и сформулированные рекомендации по улучшению процесса градуировки весов приняты для использования в практической деятельности ОАО «ТВЕС». Часть рекомендаций (дополнительное обучение и инструктаж персонала, более частая калибровка используемых гирь) уже внедрены. Принимая во внимание наибольшее значение вероятного риска, специалисты ОАО «ТВЕС» приступили к проектированию и разработке автоматизированной системы контроля и управления (АСК и У) полной опускания гири на платформу весов.

Д.М. Тамбовский, М.Ю. Серегин

Тамбовский государственный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Спектральный анализ – это один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать частотный состав измеряемого сигнала. Преобразование Фурье является математической основой, которая связывает временной или пространственный сигнал (или же некоторую модель этого сигнала) с его представлением в частотной области. Методы статистики играют важную роль в спектральном анализе, поскольку сигналы, как правило, имеют случайный характер.

Спектральное разрешение относится к числу главных проблем современного спектрального оценивания, в особенности применительно к анализу коротких последовательностей данных.

Задача спектрального оценивания подразумевает оценивание некоторой функции частоты. О характеристиках спектральной оценки судят по тому, насколько хорошо она согласуется с известным спектром тест-сигнала в некоторой непрерывной области частот. Примером такого применения может служить оценивание частоты синусоиды в белом шуме.

Для разложения сигнал в его частотные составляющие используется дискретное преобразование Фурье. В нашем случае это преобразование переводит N последовательных значений амплитуды сигнала в $N/2 + 1$ пар коэффициентов $\text{Re}[n]$, $\text{Im}[n]$.

Непосредственные свойства преобразования:

- в реальных приложениях можно считать, что разложив и сложив обратно сигнал, мы никогда ничего не теряем;
- разрешение по частоте зависит от размера преобразования, и составляет половину от этого размера. При размере БПФ = 512 мы получаем в результате амплитуды и фазы 256-ти равномерно расположенных частот.

Вообще говоря, перевод сигнала в частотное представление возможен только блоками (окнами). Исходный сигнал делится на блоки и можно сказать, что в этом блоке имеются такие-то частоты. Вернее, так: его можно получить, сложив такие-то частоты.

Практически был проведен спектральный анализ экспериментальных данных с ОАО «ТВЕС».

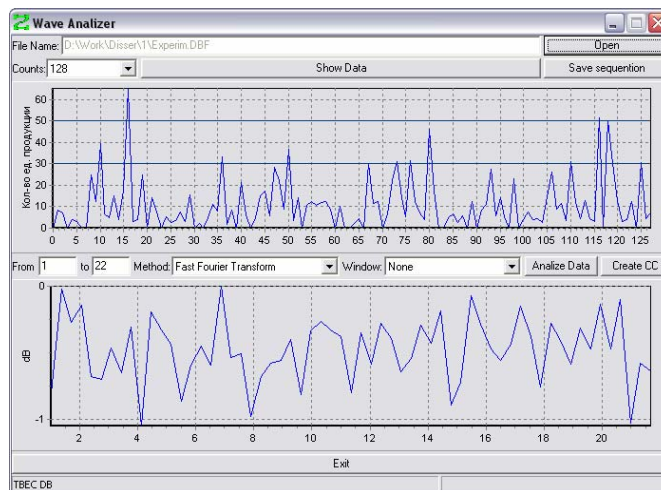


Рис. 1 Анализ результатов проверки датчиков веса

В верхней части рисунка построена контрольная карта результатов этих проверок. График показывает процент бракованных весов в день.

Если же взять эти данные и провести их обработку при помощи методов спектрального анализа, например, используя быстрое преобразование Фурье, рассмотренное выше, то можно заметить, что данный процесс имеет случайный аперриодический характер.

Но, используя небольшие выборки, можно лишь предварительно оценить наличие периодичности (закономерности) в исследуемом процессе. Для получения более точных результатов следует брать большие объемы данных.

Е.А. Тимошина

Тамбовский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭМАЛИ ПФ-115 БЕЛОГО ЦВЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ QFD-АНАЛИЗА*

Результаты исследования торговых точек г. Тамбова свидетельствуют о том, что объем продаж эмали ПФ-115 занимает треть от объема потребления всей лакокрасочной продукции.

С помощью QFD-методологии проведен анализ эмали ПФ-115 белого цвета (ГОСТ 6465–76), выпускаемой для розничной торговли. Сначала важные пожелания потребителей с помощью первого «Дома качества» преобразовываются в детальные технические характеристики продукции, а затем (по-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. А.В. Трофимова

средством трех последующих «Домов качества») в детальные технические требования как к способу контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства.

Анкетированием установили требования потребителей. На вопрос: «Какое из свойств эмали ПФ-115 белого цвета для Вас наиболее важно? (по пятибалльной системе)» – опрошенные ответили в соотношении приведенном в таблице (в %).

Баллы	1	2	3	4	5
Блеск	1	2	10	62	25
Чистый белый цвет	0	3	12	17	68
Малый расход	0	1	6	23	70
Долговечность покрытия	0	2	8	12	78
Хорошее высыхание	0	0	9	27	64
Отсутствие трещин, пузырей	2	9	17	44	28
Неизменность цвета во времени	0	6	24	40	30

На основе результатов применения QFD-анализа разработаны следующие корректирующие действия.

Во-первых, необходимо улучшить стойкость покрытия к статическому воздействию воды и термостойкость с помощью замены наполнителя мел на микрорамор, так как эмаль ПФ-115 используется для окраски металлических и деревянных изделий, эксплуатирующихся в атмосферных условиях [1].

Во-вторых, улучшить укрывистость высушенной пленки. Для этого необходимо взять пигмент с большей укрывистостью, более высокой белизной и формой частиц игольчатой или чешуйчатой.

В-третьих, необходимо ввести после предварительного смешивания дополнительную стадию «вызревание» пигментной пасты длительностью от 5 до 6 часов при температуре 40 °С. Диспергирование пасты, прошедшей стадию вызревания, происходит быстрее.

В-четвертых, необходимо производить пересчет рецептуры на ЭВМ, что увеличит точность и уменьшит вероятность брака.

В-пятых, на стадии составления пасты следует вводить 60 % пленкообразователя, а остальные 40 % пленкообразователя добавлять на стадии составления эмали.

В-шестых, диссольвер должен быть снабжен бесступенчатым вариатором скорости, позволяющим менять число оборотов от 0 до 2500 об/мин, так как пигментную пасту предварительно смешивают при скорости мешалки 400 об/мин, а диспергируют при скорости 2,0 ... 2,5 тыс/мин[2].

Список литературы

1 Кулешова И.Д. Байкальские микрораморы – новые наполнители для лакокрасочной промышленности / И.Д. Кулешова // Лакокрасочные материалы и их применение. 2003. № 7-8. С. 7 – 10.

2 Кудрявцев Б.Б. Инвестиции – в технологии / Б.Б. Кудрявцев // Лакокрасочные материалы и их применение. 2000. № 10-11. С. 26 – 28.

А.В. Трофимов, А.В. Баев

Тамбовский государственный технический университет

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕНТОВОГО МАТЕРИАЛА

Практика показала, что качество тентового материала определяется, в основном, процессом нанесения ПВХ композиции, основным из этапов которого является формирование полимерного покрытия наносимого на основу наносным (ракельным) способом. С целью улучшения свойств ТМ, формирование

ПВХ покрытия осуществляется в несколько слоев поочередно на лицевую и изнаночную стороны материала. Так для ТМ вида ТМП-2-У третьей категории ($0,850 \dots 0,900 \text{ кг/м}^2$) данный процесс состоит из трех основных этапов, каждый из которых характеризуется определенными значениями параметров. Рассмотрим особенности каждого из этапов.

На *первом этапе* процесс осуществляется при относительно низких скорости движения полуфабриката ($5 \dots 7 \text{ м/мин}$) и температуре сушки ($140 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$). При этом величина наложения ПВХ композиции, определяемая величиной зазора между основой и ракельным ножом наносного устройства, наоборот большая ($(0,35 \dots 0,40) \cdot 10^{-3} \text{ м}$). Такие значения основных параметров процесса установлены для того, чтобы обеспечить равномерную пропитку основы на полную глубину ткани. На *втором этапе* процесс осуществляется при более высоких скорости ($8 \dots 10 \text{ м/мин}$) и температуре ($145 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) и меньшей величине зазора ($(0,25 \dots 0,30) \cdot 10^{-3} \text{ м}$). На *третьем этапе* происходит окончательное формирование покрытия, причем не только по массе, но и по внешнему виду. Поэтому нанесение ПВХ композиции на этом этапе происходит при минимальной скорости ($4 \dots 5 \text{ м/мин}$) и при повышенной температуре ($165 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$). При формировании последнего слоя покрытия, регулирование массы ТМ происходит исходя из отклонения массы $m_{\text{ТМ}}$ от оптимального значения $m_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}$, кг/м^2 . При этом величина наложения определяется как

$$\Delta m_{\text{ТМ}} = m_{\text{ТМ}} - m_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}.$$

После ряда преобразований получили

$$\Delta m_{\text{ТМ}} = \rho_{\text{ПВХ}} (h_{\text{ТМ}} - h_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}),$$

где $\rho_{\text{ПВХ}}$ – плотность ПВХ покрытия, кг/м^3 ; $h_{\text{ТМ}}$ – толщина ТМ, м; $h_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}$ – оптимальное значение толщины ТМ.

Для учета изменения толщины в результате уплотнения покрытия введем коэффициент деформации $K_{\text{д}}$. Тогда величина изменения зазора наносного устройства может быть найдена как

$$\Delta h_3 = K_{\text{д}} \cdot (h_{\text{ТМ}} - h_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}). \quad (1)$$

С помощью последней формулы можно рассчитывать необходимую величину изменения зазора наносного устройства. Расчет Δh_3 позволяет осуществлять управление процессом, включающее в себя следующие действия:

- 1) периодическое измерение толщины ТМ $h_{\text{ТМ}}$ непосредственно после уплотнительного узла толщиномером;
- 2) расчет разности $(h_{\text{ТМ}} - h_{\text{ТМ}}^{\text{опт}})$, соответствующей отклонению измеренной толщины $h_{\text{ТМ}}$ от оптимальной $h_{\text{ТМ}}^{\text{опт}}$;
- 3) расчет величины изменения зазора Δh_3 по формуле (1);
- 4) непосредственное изменение зазора на величину Δh_3 .

Для ТМП-2-У третьей категории $K_{\text{д}} = 1,310 \pm 0,082$.

Периодичность измерения толщины $T_{\text{и}}$ определяется величиной транспортного запаздывания t_3 , причем $T_{\text{и}} > t_3$. В свою очередь, величина транспортного запаздывания t_3 зависит от скорости обработки V и длины участка обрабатываемого материала от наносного устройства до точки измерения толщины L , и определяется соотношением

$$t_3 = \frac{L}{V}.$$

Е.Е. Чепурнова

Тамбовский государственный технический университет

ТЕРМИНЫ *ВЕРИФИКАЦИЯ* И *ВАЛИДАЦИЯ* ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОЦЕССУ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ*

Поскольку стандарты серии ИСО 9000 в редакции 2001 г. введены в действие в России относительно недавно, а их перевод с английского языка на русский оставляет желать лучшего, то многие термины и определения, а также многие разделы стандартов ИСО серии 9000 требуют отдельного рассмотрения и осмысления, так как опыт показывает, что создаваемые на их основе стандарты предприятия (СТП) зачастую весьма неоднозначно, а иногда и некорректно трактуют такие понятия как, например, валидация, верификация, проведение анализа и многое другое. Целью данной статьи является авторский вариант трактовки терминов верификация и валидация применительно к процессу планирования проектирования и разработки.

Все основные этапы проектирования и разработки известны и изложены в соответствующих государственных и отраслевых стандартах России и поэтому процесс их планирования особых затруднений обычно не вызывает.

В ходе планирования проектирования и разработки организация должна устанавливать проведение анализа, верификации и валидации, соответствующие каждому этапу проектирования и разработки [1, 2].

По мнению автора, необходимо устанавливать сначала проведение верификации с определением статуса «верифицировано», затем анализа и после этого валидации с определением статуса проектируемой и разрабатываемой продукции как «подтверждено».

Процесс проектирования и разработки каждого этапа завершается на практике проведением испытаний, анализом проведенных испытаний и исследованием полученных в результате проектирования и разработки материалов, а также выводами о том, соответствует ли по результатам анализа данной стадии создаваемое изделие установленным ранее входным данным. Свяжем этот процесс с определениями стандарта ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Исходя из определения, верификация – подтверждение (то есть установление «да» или «нет») на основе представления объективных свидетельств (например, протоколов испытаний) того, что установленные требования были выполнены (или не выполнены), можно сделать вывод, что термин «верифицировано» применяется для изделия, прошедшего испытания на данной стадии проектирования на соответствие требованиям, заложенным в начале проектирования (входным данным). Данный термин в русском языке может иметь значение «проверено», и в этом случае изделие и будет иметь такой статус.

После проведения испытаний проектные материалы, изделие (опытный образец или макет), протоколы испытаний и др. анализируются комиссией по приемке этапа проекта. В результате анализа должен быть получен ответ на вопрос: соответствует ли изделие в целом на данном этапе всем заданным требованиям либо не соответствует. Или, следуя определению, «валидация» – подтверждение на основе представления объективных свидетельств (протоколов испытаний, проектных материалов, макета либо опытного образца, результатов анализа этапа проектирования и разработки и др.) того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения (входные данные), выполнены. Таким образом, происходит оценка (валидация) выполнения заданных требований на данной стадии проектирования и разработки.

Если изделие соответствует всем заданным требованиям, оно, следуя терминологии ГОСТ Р ИСО 9000–2001, будет иметь статус «подтверждено».

Таким образом, процесс испытания (проверка) изделия на соответствие требованиям, предъявляемым к нему на данном этапе проектирования и разработки, можно характеризовать как «верификация»,

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева

а оценка изделия на соответствие его всем предъявляемым к нему на данном этапе проектирования и разработки требованиям, полученная на основе проведенного анализа, есть «валидация».

Следует заметить, что в русском языке термины «валидация», «валидный» до сих пор практически не применялись, а впервые введены в новой версии стандартов ИСО серии 9000; зато антоним этого слова «инвалид», «инвалидность», т.е. потерявший работоспособность – слова общеупотребительные.

Следует также обратить внимание, что в определениях «верификация» и «валидация» присутствует выражение «объективные свидетельства. Однако применительно к термину «верификация» объективные свидетельства – это лишь протоколы испытаний, а в случае определения «валидация» – это все материалы этапа проектирования: само изделие, протоколы его испытаний, проектные материалы и другие.

Список литературы

1 ГОСТ Р ИСО 9001–2001 Системы менеджмента качества. Требования. М.: Изд-во стандартов, 2001. 26 с.

2 ГОСТ Р ИСО 9000–2001 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Изд-во стандартов, 2001. 26 с.

Т.И. Чернышова, Д.В. Игнатов

Тамбовский государственный технический университет

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для средств измерений (СИ), и, в частности, процессорных средств (ПрС) теплофизических измерений (ТФИ), одним из основных показателей качества является их метрологическая надёжность (МН). Под МН понимается свойство СИ сохранять во времени метрологические характеристики (МХ) в пределах установленных норм при эксплуатации в заданных режимах и условиях использования, хранении и транспортировании [1], т.е. МН определяется нестационарным случайным процессом изменения во времени нормируемых метрологических характеристик исследуемых СИ.

В настоящее время разработана методология оценки, прогнозирования и повышения МН ПрС ТФИ, изложенная в [1] и базирующаяся на построении математических моделей изменения во времени МХ СИ с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования. На ее основе создана методика, позволяющая оценить показатели МН исследуемых СИ как на этапе их проектирования, так и эксплуатации.

Обстоятельством, ограничивающим универсальность применения разработанной методики, является определение показателей МН при неизменных нормальных условиях эксплуатации ПрС ТФИ, и неучет влияния на МН условий, отличных от нормальных, и, прежде всего, повышенных температур эксплуатации.

Для оценки метрологического ресурса (МР), являющегося основным показателем МН проектируемых ПрС ТФИ, с учетом температуры, как доминирующего внешнего фактора, влияющего на старение СИ, предлагается введение в процедуру математического моделирования МХ исследуемых средств априорных знаний о температурно-временной стабильности параметров комплектующих СИ элементов.

Результаты проведенного моделирования позволяют сформировать базу данных о значениях МР при различных температурных режимах работы ПрС ТФИ.

Контроль изменяющейся температуры в фиксированные интервалы времени эксплуатации ПрС ТФИ и накопление информации об изменении темпа (скорости) старения МХ на выделенных участках контроля температурных режимов является основой для последовательной коррекции ранее построенной математической модели изменения во времени МХ на этапе эксплуатации исследуемого СИ. Способы коррекции таких моделей изложены в [1].

Скорректированная математическая модель изменения во времени МХ эксплуатируемых ПрС ТФИ позволяет дать рекомендации по изменению первоначально выбранных при проектировании ПрС межпо-

верочных интервалов исследуемого средства с учётом реальных температурных режимов его работы, а также прогнозировать метрологическую исправность ПрС ТФИ на каждый очередной межповерочный интервал его эксплуатации.

Разработанный подход позволяет, в конечном итоге, повысить достоверность и точность определения МР ПрС ТФИ, работающих в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1 Мищенко С.В. Метрологическая надёжность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. М.: «Изд-во Машиностроение–1», 2001. 96 с.

С Е К Ц И Я 5 S E C T I O N 5

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕПЛОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СУШКА И ТЕРМОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

MODERN ENERGY-EFFICIENT HEATING TECHNOLOGIES, DRYING, AND WET-HEAT PROCESSING OF MATERIALS

Л е к ц и и

О.Л. Данилов

Московский энергетический институт
(технический университет)

ЭНЕРГОДИАГНОСТИКА СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Сушильные установки относятся к числу теплотехнологических установок, имеющих наибольшую энергоёмкость и, как правило, низкие коэффициенты полезного действия. Первое определяется тем, что сушильные установки предназначены для испарения и десорбции воды, а второе – тем, что более 90 % работающих установок – сушилки конвективного типа, у которых потери тепла с уходящим сушильным агентом достигает 40 ... 70 %.

Наличие в установках неравномерных полей по сечению сушильной камеры температуры, скорости, влагосодержания сушильного агента обуславливает неравномерный локальный тепломассообмен и снижает среднюю интенсивность сушки. Теоретический анализ возможностей управления неравномер-

ным локальным тепломассообменом позволяет полагать, что детальное макроскопическое знание многомерных полей переменных физических параметров в рабочих камерах теплотехнологических установок станет основой энерго- и ресурсосбережения не только традиционными методами, но и за счет кинетической оптимизации, дающей более весомый вклад в потенциал сбережения [1, 2].

В Московском энергетическом институте разработана универсальная система диагностики сушильных установок, принципиальная структура которой показана на рис. 1.

Покажем на примере ленточной секционной сушильной установки для фильтрационной сушки дисперсного материала на ленте движущегося конвейера некоторые особенности системы диагностики. Система включает информационно-вычислительный комплекс и программную часть.

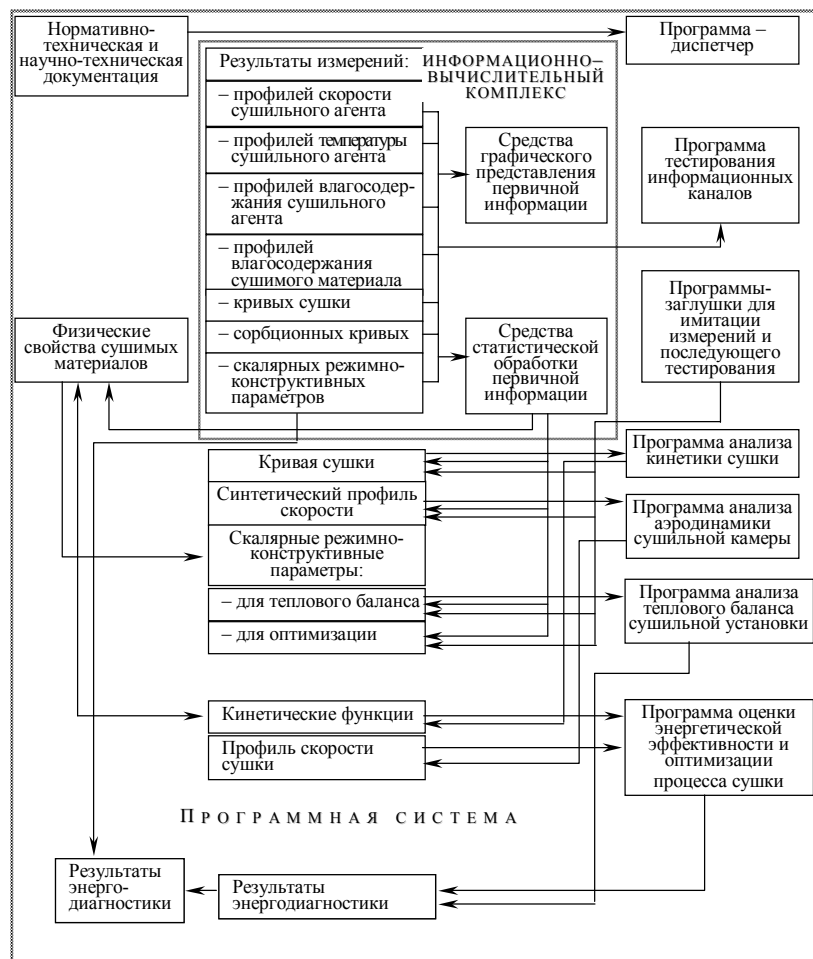


Рис. 1 Структура системы «Энергодиагностика сушильной установки»

В результате опроса и измерения режимно-конструктивных параметров ленточной сушильной установки накапливается первичная информация, характеризующая особенности технологического процесса сушки, подвергаемого энергодиагностике. Состав и структура этой информации в той части, которая является результатом измерений при помощи приборов информационно-вычислительного комплекса, показана на рис. 1. Небольшой объем информации, содержащей режимно-конструктивные параметры ленточной сушильной установки в виде множества скалярных переменных, получают в результате опроса согласно опросным листам. Задачей информационно-вычислительного комплекса является обработка полученной информации программными и аппаратными средствами, преследующая нижеперечисленные цели:

- графическое представление результатов измерений, имеющих структуру многомерных массивов, с целью немедленного визуального контроля их правильности на месте измерений и при необходимости – повторения измерений некорректно определенных величин;

- вычисление величин, неподдающихся непосредственному измерению, по тем величинам, которые вместо них измеряются непосредственно. Например, в ходе сбора информации должны быть построены профили влагосодержания сушильного агента, влагосодержания сушимого материала и т.д., которые, как правило, не поддаются непосредственному измерению, так что вместо них измеряются от-

носительная влажность сушильного агента, массы проб материала и т.д. Обработка полученной информации подразумевает переход от непосредственно наблюдаемых величин к требуемым алгоритмом энергодиагностики;

- статистическую обработку измеренных величин, их верификация и понижение размерности. Например, профиль скорости сушильного агента измеряется во всех секциях установки в три момента времени, и задачей обработки полученной информации является получение среднего профиля скорости, величины дисперсии, характеризующей изменение скорости от момента времени к моменту времени и от секции к секции, а в случае недопустимо большой дисперсии – выдачу предупредительного сигнала оператору системы диагностики.

В результате обработки информации на выходе информационно-вычислительного комплекса после обработки программными и аппаратными средствами получается следующая информация:

- файлы данных, содержащие профиль скорости сушильного агента, кривую сушки, скалярные параметры для работы программы анализа теплового баланса, скалярные параметры для работы программы оптимизации;

- файлы данных, в которых накапливается информация о физических свойствах сушимых материалов и режимно-конструктивных параметрах обследованных сушильных установок, не используемые непосредственно для работы программной системы, помещаемые в базы данных;

- графическое представление результатов измерений.

Обработка информации, полученной в результате первичных измерений, осуществляется по общеизвестным соотношениям.

Профили скорости и температуры сушильного агента, измеренные под и над конвейером сушильной установки в каждой секции должны быть представлены в графическом виде и осреднены (рис. 2). Полученный таким образом осредненный профиль скорости именуется синтетическим. Осреднение выполняется:

$$\bar{u}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_{ij}; \quad \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i u_i / \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i \quad (1)$$

где \bar{u}_i, t_i – средние скорость и температура в точке профиля с номером i ; \bar{u}_{ij} – скорость в профиле с номером j , в точке с номером i .

Одновременно вычисляется дисперсия скорости в каждой точке профиля. Если она превышает установленной значение, равное по умолчанию 10 %, оператору должно быть выдано предупредительное сообщение о ненадежности полученных результатов измерений.

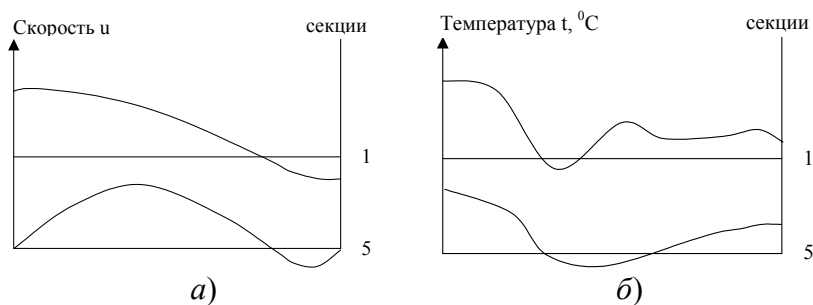


Рис. 2 Графики возможных профилей:

a – скорости сушильного агента над конвейером,
б – температуры сушильного агента под конвейером

Профили влагосодержания сушильного агента не поддаются непосредственному измерению. Вместо них измеряется относительная влажность или температура адиабатного насыщения сушильного агента. Влагосодержание сушильного агента z вычисляется по температуре сушильного агента t и температуре адиабатного насыщения t_s при помощи формулы

$$z = \frac{1,006(t - t_s) + 0,62198 \frac{P(t_s)}{99325 - P(t_s)} (2493 - 1,97t_s)}{2493 - 1,97t} \quad (2)$$

В этой формуле $P(t)$ – функция температуры, определенная следующим образом:

$$P(t) = \exp\left(22,980 - \frac{3584,7}{t + 273,16} - \frac{257340}{(t + 273,16)^2}\right). \quad (3)$$

Все полученные профили влагосодержания сушильного агента представляются в графическом виде. Затем вычисляются среднее влагосодержание сушильного агента под и над конвейером для каждой секции и среднее влагосодержание сушильного агента над конвейером для всей установки в целом. Осреднение влагосодержания выполняется с учетом весовой фракции.

Влагосодержание сушимого материала на входе также непосредственному измерению не поддается и вычисляется по формуле

$$w = m_1 / m_2 - 1, \quad (4)$$

где m_1 – масса пробы до высушивания; m_2 – масса пробы после высушивания помещается в файлы после обработки.

Сорбционная кривая представляет собой множество значений влагосодержания материала при различных значениях относительной влажности сушильного агента, изменяющейся в пределах от 0 до 1. Выполняется сплайн-интерполяция сорбционной кривой, состоящей из отдельных точек. При помощи полученного сплайна, представляющего собой некоторую функцию относительной влажности сушильного агента, определяется равновесное влагосодержание сушимого материала. Относительная влажность, при которой по сплайну должно быть вычислено равновесное влагосодержание, определяется по среднему влагосодержанию сушильного агента в установке. Рекомендуется выполнить сплайн-интерполяцию третьего порядка. Краевым условием $\varphi = 0$ может служить условие $w = 0$, а при $\varphi = 1$ – условие $d^2w/d\varphi^2 = 0$.

Кривая сушки представляет собой множество значений влагосодержания материала в разные моменты времени. Влагосодержания материала, не поддающиеся непосредственному измерению, вычисляются по формуле. Графическому представлению подлежит так называемая кривая скорости сушки, получаемая путем численного дифференцирования кривой сушки. Для численного дифференцирования можно использовать простейшую разностную формулу первого порядка

$$\left(\frac{dw}{dt}\right)_i = (w_i - w_{i+1})k, \quad (5)$$

где w_i, w_{i+1} – значения влагосодержания в последовательные моменты времени; k – коэффициент пропорциональности, который можно считать равным единице или произвольному положительному числу, так как для описания кинетических свойств сушимого материала имеет значение только форма кривой скорости сушки, но не ее масштаб.

Для расчета приведенной толщины слоя используется среднее влагосодержание сушильного агента над слоем и под слоем z_1 и z_2 и средняя температура сушильного агента над слоем t_1 . Приведенная толщина слоя вычисляется по формуле

$$\mu = \ln \frac{z_s - z_1}{z_s - z_2}. \quad (6)$$

Относительно величины t_s решается трансцендентное уравнение

$$\begin{aligned} 1,006t_1 + z_1(2493 + 1,97t_1) = \\ = 1,006t_s + \frac{0,62198P(t_s)}{99325 - P(t_s)}(2493 + 1,97t_s), \end{aligned} \quad (7)$$

где $P(t)$ – функция (3), и вычисляется величина

$$z_s = \frac{0,62198P(t_s)}{99325 - P(t_s)}. \quad (8)$$

Выполняется проверка неравенства $z_s > z_2$. Нарушение неравенства свидетельствует о том, что величина z_2 измерена неверно, о чем выдается сообщение оператору.

Дальнейшая обработка измеренных параметров позволяет определить энергетическое совершенство сушильной установки и возможный потенциал энергосбережения.

Аналогично измеряются и обрабатываются термограммы материала, поле температур на выходе из калорифера каждой из секций и в целом на входе и выходе установки и др. При анализе тепловой экономичности установки используется метод так называемой приведенной толщины слоя.

Исследования статики конвективных сушильных установок позволили показать, что величина тривильным образом определенного КПД при сушке имеет условный характер. Областью изменения КПД сушильной установки является интервал $0 < \eta < \eta_s$, где η_s – предельный КПД сушильной установки, достигаемый в случае равенства температуры сушильного агента t_2 на выходе из установки температуре адиабатного насыщения t_m . Можно показать, что имеется область температур сушильного агента, в которой значение η_s превышает единицу, а при температуре сушильного агента t_1 , равной температуре окружающей среды, значение $\eta_s \rightarrow \infty$. Нами введено понятие относительного КПД сушильной установки, который представляет собой отношение формалистически определенного КПД к его предельному значению. Использование в качестве натуральных показателей совершенства сушильной установки удельных расходов топлива непосредственно в установке осложняется спецификой сушки, как процесса массообменного. С учетом этого обстоятельства при оценке энергетического совершенства сушильной установки необходимо помимо реального удельного расхода энергии q определять q_T – теоретический удельный расход энергии, соответствующий условию $\Delta = 0$, $q_{пр}$ – минимальный удельный расход с учетом гигроскопических свойств сушеного материала и q_M – минимальный удельный расход тепла, обусловленный лишь соотношением $t_2 = t_m$. При температурах $t_2 > 100$ °С значения $q_{пр}$ и t_m совпадают.

Разработанная в МЭИ программа анализа сушильных установок может быть положена в основу системы управления неравномерным тепло- и массообменом между сушильным агентом и материалом.

Список литературы

1 Данилов О.Л.. Кинетическая оптимизация как один из способов энергосбережения. Энергосбережение – теория и практика: Сб. нормативно-технических и методических работ и докладов: В 2 ч. / О.Л. Данилов; Под общ. ред. чл. корр. РАН А.В. Клименко, М.: АМИПРЕСС, 2002. Ч.1. 120 с.

2 Данилов О.Л. Структура универсальных алгоритмов расчета тепломассообменных аппаратов и оценки потенциала энерго- и ресурсосбережения / О.Л. Данилов, С.И. Коновальцев // Тепломассообмен в процессах сушки: Тез. докл. III Минского междунар. форума по тепло- и массообмену «Тепломассообмен-ММФ-96». Минск, 1996. Т. 8. С. 87 – 94.

Ю.П. Секанов

НИИ «Агроприбор» (Москва)

ПРОБЛЕМЫ ВЛАГОТЕРМОМЕТРИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК

В агропромышленном комплексе создается около 30 % национального дохода, а потребительский рынок более чем на 70 % формируется за счет продовольствия и товаров, изготавливаемых из сельскохозяйственного сырья. С вступлением в ВТО будут ослаблены или отменены ограничения на импорт продукции, поэтому проблема конкурентоспособности сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки становится для отечественных товаропроизводителей важнейшей. Принятие Федерального закона «О техническом регулировании» продиктовано, главным образом, решением данной проблемы. Одним из определяющих условий успешной работы поименованного закона является высокий уровень

развития техники измерений во всех областях производственной деятельности, так как требования, устанавливаемые в технических регламентах (статья 7, п. 1), могут базироваться только на результатах достоверных измерений. Поскольку технические регламенты принимаются государственными органами власти и управления, то повышается ответственность за состояние измерений в отрасли. Анализ показывает, что на уровне сельских товаропроизводителей это состояние не отвечает современным требованиям ведения сельскохозяйственного производства. Принятие закона должно способствовать развитию средств измерительной техники: автономных приборов, измерительных каналов в структурах диагностики, автоматизированных и автоматических систем контроля и управления технологическими процессами в АПК.

Качество является приоритетным фактором в конкурентоспособности продукции. В связи с развитием интеграционных процессов и глобализацией бизнеса проблема управления качеством приобрела мировую значимость.

Проблема качества продукции АПК включает два направления:

- повышение качества сельскохозяйственного сырья (продукции растениеводства, животноводства и др.);

- обеспечение высокого качества продукции переработки сельскохозяйственного сырья.

Первые из названных направлений играют доминирующую роль в решении проблемы конкурентоспособности продукции АПК. Однако в настоящее время основное внимание уделяют контролю качества конечной (готовой) продукции. В готовом продукте получает отражение вся «история» его получения, поэтому отклонения от регламентов процесса в любом этапе производства сказываются на его качестве.

Процессы производства в земледелии относятся к сложным объектам управления, что обуславливается большим числом контролируемых и управляемых параметров и действием многочисленных возмущений, влияющих на эффективность выполнения этих процессов. В этой связи важное значение имеет обоснование приоритетных приборов, средств контроля и управления, которые являются определяющими в решении названных выше проблем, уже в ближайшей перспективе.

Методология обоснования комплексов технических средств для контроля и управления технологическими процессами в растениеводстве предложена в работе [1]. В технологии исследований, реализующих методологию, четыре блока: технологической целесообразности, экономической, технической перспективы и метрологического обеспечения. Ее применение обеспечивает достижение оптимальных конструктивных и метрологических параметров технических средств, конкурентную способность, сокращение сроков их разработки.

Основу продовольственной безопасности составляют зерновые ресурсы, определяющие производство продуктов питания. Государственная ответственность за продовольственную безопасность страны лежит в основе стратегии развития АПК. Среди параметров, которые составляют информационную базу системы принятия решений, без технической реализации и внедрения которой в зерновое производство невозможно достичь объективно возможных гарантий по качеству и количеству, произведенной продукции, доминируют содержание влаги и температура зерна и среды. При уборке, обработке, хранении зерна и семян практически нет операций, оптимальные решения о проведении которых могли бы приниматься без информации о влажности. Примерно в 30 % операций необходим контроль температуры зерновой массы. Несоблюдение технологических требований к влажности приводит к росту потерь, снижению качества зерна, проявляющемуся в его тепловом и механическом травмировании и, как следствие, в снижении технологических и посевных свойств, росту затрат топлива на сушку.

Необходимость в определении влажности зерна возникает значительно раньше того момента, когда оно будет доставлено на обработку. Сроки, способы уборки, режимы уборочной и обрабатывающей техники определяют исходя из влажности зерна. Структура комплекса влагомеров для зерна включает полевые, автоматические поточные, лабораторные и образцовые средства измерений. Из накопленного отечественного и зарубежного опыта применения средств влагомерометрии в зернопроизводстве, приведем лишь несколько примеров

В настоящее время определение спелости зерна по влажности в силу оперативности, объективности и малой трудоемкости доминирует над другими методами. По влажности идентифицируют фазы спелости. Оперативная оценка площадей созревания различных культур позволяет рассчитывать необходимые мощности и осуществлять маневрирование комбайнами, обеспечивая уборку в оптимальные сроки.

Оптимизация по информации о влажности зерна начала уборки приводит не только к резкому снижению травмирования, но и к росту за счет лучшей выполненности урожайности от 0,7 до 1,6 ц/га [1].

Известно, что существует интервал влажности, в котором травмирование зерна при обмолоте минимальное. В этом интервале наблюдаются максимальная всхожесть и минимальное повреждение грибами. По данным Б.Д. Казакова и В.Л. Кретовича (1980) каждые 10 % повреждений приводят к снижению урожайности на 1 ц/га. Для снижения механических повреждений осуществляют настройку рабочих органов и регулировку режимов работы комбайнов с учетом влажности зерна.

Ежегодно сушке подвергают 70 ... 80 % убранного урожая. При прогнозируемой величине производства зерна к 2010 г. 110 ... 120 млн.т на сушку необходимо затратить более 1 млн.т топлива. В качественном и экономичном ведении процесса сушки определяющая роль принадлежит информации о влажности и температуре зерновой массы. Для эффективного ведения процесса сушки контроль и регулирование конечной влажности зерна в шахтных, барабанных зерносушках должны осуществляться автоматически. Автоматическое регулирование в шахтных зерносушилках позволяет экономить по данным разных источников от 5 до 15 % жидкого топлива.

Снижение затрат топлива на сушку в среднем на 22 % в напольных сушилках и на 30 % в бункерах активного вентилирования при повышении их производительности почти в 1,5 раза позволяет достигнуть оперативное управление процессом по параметрам влажности зерна, влажности и температуры атмосферного воздуха.

В сельскохозяйственном производстве для сохранения зерна применяют консерванты, оптимальные дозы внесения которых определяют исходя из влажности и времени хранения продукции. Ошибки при внесении консервантов могут приводить к негативным последствиям. Установлены оптимальные дозы консервантов к массе обрабатываемой продукции, при которых обеспечивается эффективное их удаление.

Высокие требования к влажности зерновой массы предъявляются при закладке на хранение. Несоблюдение этих требований и отсутствие систем контроля за состоянием зерновой массы при хранении неоднократно приводило к серьезным авариям. По этой причине были взрывы на ряде элеваторов [2].

Содержание влаги является одним из параметров качества, учитываемых при реализации зерна как на внутреннем так и на международном рынках.

В формировании рыночной системы закупок сельскохозяйственной продукции роль объективной оценки ее качества приобретает исключительную актуальность. С этой стороны сельский товаропроизводитель остается совершенно незащищенным. В стране за прошедшие 15 лет мало что сделано в защите интересов сельских товаропроизводителей. В отсутствие средств измерений и независимых служб по контролю качества зерна производитель при его реализации вынужден соглашаться с оценками, которые представляет другая сторона. О том, что вероятность объективной оценки при таком одностороннем контроле не высока, говорит следующий пример. По данным главного государственного хлебного инспектора в результате занижения качества и веса зерна выявлена в 2002 г. недоплата на 14 млн. р.

Для любого параметра качества имеется свой количественный интервал, за пределами которого свойства продукта не обеспечивают его общественную полезность. Поэтому достоверная оценка влажности как параметра качества зерна является непременным условием добросовестной конкуренции, а следовательно, и защиты интересов его производителей. Погрешность измерения является важнейшим показателем, определяющим потребительскую ценность измерительного прибора. Такие параметры, как масса, габариты, энергопотребление составляют группу параметров, определяющих плату за полезность. Но уровень погрешности не всегда выступает фактором формирования экономического эффекта. Это имеет место тогда, когда погрешность прибора не отвечает реальным условиям его применения. Погрешности измерения должны отвечать действительно необходимому уровню точности, а методы и технические решения их достижения не должны отличаться сложностью.

В таблице приведены погрешности влагомеров, обоснованные исходя из технологической целесообразности, экономической эффективности и согласованные с погрешностями образцовых средств измерений.

Таблица

Тип прибора	Диапазон измерения, %	Погрешности измерения, %:	
		голозерные культуры	пленчатые культуры

Полевой	8...21	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
	21...27	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$
	Более 27	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
Лабораторный	8...21	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$
	21...27	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
	Более 27	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$
Поточный автоматический	11...21	$\pm 1,0$	$\pm 1,3$
	Более 21	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$

Отечественный рынок интенсивно заполняется зарубежными приборами, метрологические параметры которых недостаточно адаптированы к российским условиям. Так только электрических влагомеров насчитывается более 10 марок. При большой разномарочности приборов и неудовлетворительном метрологическом и техническом сервисе резко усложняется задача обеспечения единства измерений. Все отмеченное приводит к широкой вариации оценок параметров качества зерна.

Оснащение зернопроизводства средствами измерения влажности с параметрами, приведенными в таблице, позволит повысить информационный уровень управления технологическими процессами, что будет способствовать достижению целей технических регламентов в соблюдении требований к качеству и безопасности продукции, процессам производства, хранения и реализации.

Список литературы

- 1 Секанов Ю.П. Влагометрия сыпучих и волокнистых и растительных материалов / Ю.П. Секанов. М.: РАСХН, 2001. 189 с.
- 2 Известия. 1988. № 89.

Доклады

А.А. Авдеева, Д.С. Начинов, А.В. Авдеев

ОАО «Научно исследовательский институт
сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячкина»
(ОАО «ВИСХОМ»)

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РАБОТЫ СУШИЛКИ С-20

Качество зерна, производимого в России, в значительной степени зависит от одного из наиболее энергонасыщенных технологических процессов при его производстве. Этим процессом является сушка зерна, на которую приходится до 60 % энергозатрат. В России ежегодно необходимо подвергать сушке до 81 % убираемого зерна. Мировая практика показывает, что для сушки зерна в основном используются шахтные с коробами сушилки. По мнению некоторых специалистов, одним из существенных недостатков известных шахтных зерносушилок с коробами (отечественных и зарубежных) является невозможность сушки на них зерна повышенной влажности (более 22 %) за один пропуск его через шахту.

Проведенные нами эксперименты и сопоставление их с ранее проведенными исследованиями по сушке зерна влажностью до 20 %, показало, что при сушке зерна повышенной влажности экспозиция увеличивается на 30 % и необходимо дополнительное на него температурное воздействие. Поэтому, изучив «классическую» схему работы шахтной сушилки типа «С» (рис. 1, а) мы пришли к выводу о необходимости увеличения зоны сушки, за счет перевода зоны охлаждения в еще одну сушильную

(рис. 1, б), и выноса из сушилки процесса охлаждения в бункера активного вентилирования. За счет этого зона сушки и продолжительность процесса увеличиваются на 1/3, что позволяет, за один проход зерна повышенной влажности через шахту высушивать его до кондиции.

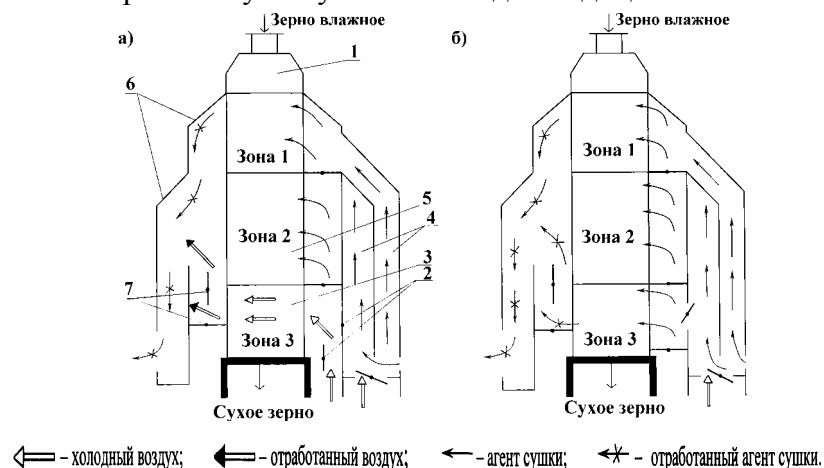


Рис. 1 Принципиальные технологические схемы зерносушилки С-20

а – «классическая»; б – охладительная зона переведена в сушильную (новый прием); 1 – надсушильный бункер; 2 – заслонка в диффузоре; 3 – зона охлаждения; 4 – диффузор; 5 – зона сушки; 6 – конфузор; 7 – заслонка в конфузоре

Предложенная схема работы была проверена при хозяйственной эксплуатации сушилки С-20 на семенном и продовольственном режимах сушки зерна пшеницы в ЗАО «Колхоз Уваровский» Можайского района, Московской области в уборочный сезон 2003 г. При этом сушка зерна осуществлялась по двум схемам: «классической» и с переводом охладительной зоны в сушильную. Проведенные исследования позволили установить, что применять охлаждение зерна после сушки при значительных расходах атмосферного воздуха с высокой относительной влажностью и влагосодержанием нецелесообразно, так как из-за насыщения высушенного зерна влагой снижается эффективность сушки и натура высушенного зерна, возрастают теплоэнергетические затраты. Результаты проведенных исследований показали, что схема перевода зоны охлаждения в сушильную позволяет зерно повышенной влажности в зерносушилке С-20 доводить до кондиционной влажности за один проход его через шахту. При этом всхожесть и энергия прорастания зерна, т.е. его качество не ухудшается.

Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, К.В. Шапкин,
Д.В. Пугачев*

Тамбовский государственный технический университет,

*Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТВЕРДОФАЗНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Наиболее распространенные традиционные методы переработки полимерных материалов в изделия используют длительные технологические операции нагрева для перевода материала в вязко-текучее или высокоэластическое состояния и его последующего охлаждения. При этом возникают ряд принципиальных трудностей, связанных с неоднородным пространственно-временным распределением температуры, а длительность этих операций лимитирует общую производительность перерабатывающего оборудования. Твердофазные технологии позволяют отказаться от данных технологических операций, а это огромная экономия в энергии и капитальных затратах, поэтому за ними будущее и их называют технологиями XXI века.

Переработка полимеров методами пластического деформирования в твердом состоянии заимствована из технологии обработки металлов давлением в твердой фазе. Физико-химические основы твердофазной технологии переработки полимерных материалов в изделия на базе современных физических представлений о механизмах пластического деформирования изложены в ряде работ [1, 2].

В связи с проблемой создания полимерных материалов, отвечающих требованиям процесса обработки термопластов давлением в твердой фазе, проведены исследования структуры, релаксационных и пластических свойств полимерных сплавов на основе ПВХ, ПС, ПЭ, ПА и ПК в области малых добавок других полимеров (термоэластопластов (ТЭП) ИСТ-30 и ДСТ-30; сополимеров МБС и АБС; ПММА и др.).

Показано, что экстремальное изменение физико-химических свойств полимерных сплавов связано с критическим метастабильным состоянием полимерной системы в области малых добавок. Метастабильное состояние для несовместимых полимерных систем определяется процессами спиноподобного распада бинарной полимерной системы при переходе однофазной структуры в двухфазную. В отличие от полимерных смесей, полимерные сплавы представляют собой систему, в которой два или более компонентов образуют истинный или коллоидный раствор на базе одного из них, их возникновение наиболее вероятно в области малых добавок одного полимера к другому. Полимерные сплавы отличаются от соответствующих гомополимеров улучшенными физико-механическими свойствами, что обусловлено их микрогетерогенной структурой и многофазной природой.

Полученные в работе экспериментальные результаты находятся в полном согласии с работами П.А. Ребиндера [3], Ю.С. Липатова [4], С.Я. Френкеля [5] и В.Н. Кулезнева [6], в которых доказывается возможность образования термодинамически устойчивых дисперсных полимерных систем в расплаве полимеров в результате самопроизвольного диспергирования одного из компонентов из-за неустойчивости межфазной границы и пониженного межфазного натяжения. Данному состоянию соответствует максимальная критическая дисперсность частиц вводимой добавки. Согласно работам В.Н. Кулезнева, скачкообразный качественный переход от однофазных к двухфазным полимерным системам происходит в области размеров частиц $10^{-9} \dots 10^{-7}$ м. [6].

В работе [7] на примере полимерных систем ПЭВП + ДСТ-30 и ПЭВП + ИСТ-30 методом электронной микроскопии и рентгеноструктурными исследованиями установлено, что размер частиц ТЭП в матрице меняется от 50 до 200 нм в концентрационной области от 3 до 20 м.ч. ТЭП.

Таким образом, при переходе системы из однофазной к двухфазной (расплаивание), выделяющаяся фаза находится в высокодисперсном состоянии и образует термодинамически устойчивую эмульсию с размером частиц не выше нескольких десятков нанометров. Межфазный слой в такой полимерной системе в силу близости к критическим условиям имеет значительную толщину, а межфазная поверхность велика. Высокорастворимая поверхность раздела фаз и пониженное взаимодействие полимеров на этой поверхности и приводит к экстремальному изменению физико-химических свойств полимерной системы в данной концентрационной области.

Основными требованиями к структуре полимерных сплавов с высокой пластичностью являются: несовместимость компонентов, имеющих, однако термодинамическое сродство в области малых добавок, гарантирующее высокую степень дисперсности легирующих веществ и, следовательно, высокоразвитую площадь межфазной поверхности с пониженным межфазным поверхностным натяжением, обеспечивающих низкую сдвиговую устойчивость системы и высокую подвижность структурных элементов.

Оптимальной температурой переработки полимерных материалов в твердой фазе является температура вторичного релаксационного перехода $T\beta$ или $T\beta'$, ближайшая к T_c – для стеклообразных полимеров. Для кристаллических полимеров такой оптимальной температурой является температура предплавления T_1 , ближайшая к $T_{пл}$.

Полученные закономерности формирования структуры, свойств и оптимальных условий переработки полимерных наноматериалов в твердой фазе подтверждаются при изучении технологических процессов твердофазной экструзии (ТФЭ) и объемной штамповки (ОШ) [1].

Установлено, что введение в ПВХ 1 ... 2 м.ч. ИСТ-30 и ДСТ-30 при всех температурах приводит к резкому падению давления выдавливания. Достаточно 1 ... 5 м.ч. ТЭП чтобы снизить давление выдавливания исходного ПВХ в 1,5–3,0 раза. Аналогичные результаты получены при твердофазной экструзии легированных ПС, ПЭВП, ПА и ПК.

Известны случаи использования размерного эффекта для повышения пластичности различных металлических наноматериалов [8]. В настоящей работе показано, что наличие легирующих веществ нанометрового размера позволяет существенно повысить пластичность и снизить сопротивление деформированию различных полимерных систем. Так введение (1,0 ... 1,5) м.ч. АБС и ПММА обеспечивает полное оформление изделия из ПК-сплавов объемной штамповкой при разработанных режимах и позволяет снизить величину технологической и ориентационной усадки.

Экспериментальные данные по изучению физико-механических свойств полимерных сплавов после ТФЭ и ОШ свидетельствуют о существенном увеличении прочностных показателей материалов. Для кристаллизующихся полимерных сплавов максимальные прочностные показатели достигаются при пластическом деформировании в области предплавления, где создается высший организационный порядок в надмолекулярной структуре, связанный с предпереходными физико-химическими процессами в полимере [2]. Для аморфных полимеров, имеющих практически неупорядоченную надмолекулярную структуру в нормальных условиях, наивысшие прочностные показатели достигаются только в условиях пластического деформирования при пониженных температурах, т.е. при высоких гидростатических давлениях, когда закрытие «пор», «дырок» и других дефектов структуры обеспечивает наиболее плотную упаковку полимерного тела. Полученные экспериментальные результаты объясняются с позиций неравновесной термодинамики и физической мезомеханики [1–2].

Таким образом, при создании полимерных материалов, отвечающих требованиям процесса обработки термопластов давлением в твердой фазе, размерные эффекты, обусловленные наличием в полимерной системе частиц нанометрового размера, и высокоразвитая площадь межфазной поверхности являются определяющими. Полученные результаты свидетельствуют о большой перспективности использования полимерных наноматериалов в деле создания специальных полимерных сплавов для переработки их в твердой фазе.

Список литературы

- 1 Переработка полимеров в твердой фазе (физико-химические основы) / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько // М.: «Изд-во Машиностроение-1», 2002. 320 с.
- 2 Баронин Г.С. Физико-химические и технологические основы переработки полимерных сплавов в твердой фазе: Дис. ... д-ра техн. наук / Г.С. Баронин. СПб., 2003. 413 с.
- 3 Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер. М.: Наука, 1979. 384 с.
- 4 Изучение микрогетерогенности сплавов ПЭ и ПОМ рентгеновским методом / Шилов В.В., Безрук Л.И., Коомото Т. и др. // Высокомолекулярные соединения. 1976. Т (А) XVIII, № 12. С. 2793 – 2799.
- 5 Френкель С.Я. О возможности существования термодинамически устойчивых дисперсных полимерных систем / С.Я. Френкель, О.В. Романкевич // Высокомолекулярные соединения. 1980. Т (А) XXII, № 8. С. 1779 – 1987.
- 6 Кулезнев В.Н. Смеси полимеров / В.Н. Кулезнев. М.: Химия, 1980. 304 с.
- 7 Кербер М.Л. Разработка физико-химических основ эффективных методов получения композиционных материалов: Дис. ... д-ра хим. наук / М.Л. Кербер. М., 1981. 434 с.
- 8 Гусев А.И. Нанокристаллические материалы / А.И. Гусев, А.А. Ремпель. М.: Физматлит, 2001. 224 с.

М.Н. Гамрекели

Уральский государственный лесотехнический университет
(Екатеринбург)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ И
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗООЧИСТКИ**

Влажность сухих термолабильных продуктов, получаемых в результате распылительной сушки, определяется по стандартной методике [1]. При анализе влажности таких продуктов температура составляет 95 ... 100 °С. К ним относятся сухое цельное и обезжиренное молоко, заменители цельного молока, казеинат натрия, кофе, сухие овощные и фруктовые соки и другие пищевые продукты.

В результате высокотемпературной распылительной сушки и прокалки из растворов и суспензий солей за одну стадию получают окислы. Продукты пиролиза получают из пульп, содержащих органические вещества.

Полнота термического разложения α_n полученных продуктов оценивается показателем Π , который называют потерями веса при прокаливании. Показатель в процентах определяет предельное уменьшение массы m_n единичной стандартной навески при температуре выше температуры начала термического разложения определенного вида продукта

$$\alpha_n = \frac{1 - \frac{100m_n}{100 - \Pi}}{1 - m_n}, \quad (1)$$

где m_n – относительный вес единичной навески, соответствующий полностью завершеному процессу разложения.

Полнота разложения компонентов продуктов сушки и состав газовых примесей в парогазовых выбросах определялись методами химического анализа и хроматографии.

Гранулометрический состав продуктов сушки и прокалки определялся счетным методом.

Пробоотбор дисперсного продукта осуществлялся методом внешней и внутренней фильтрации.

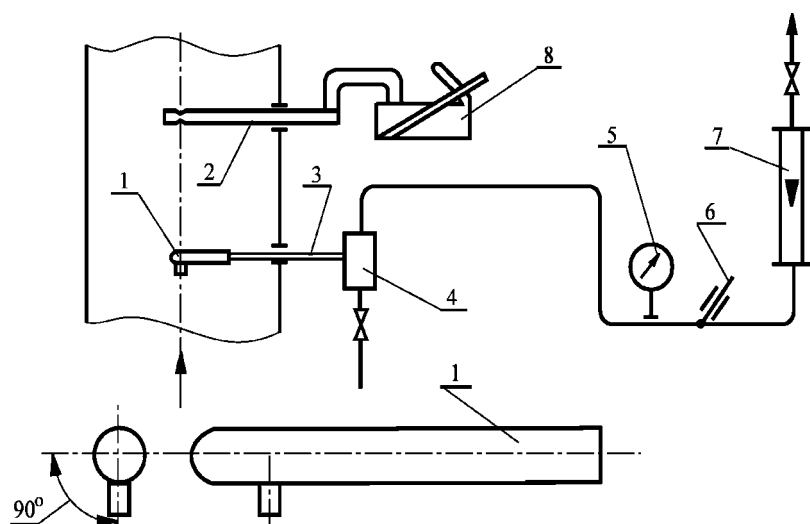


Рис. 1 Схема пробоотбора методом внутренней фильтрации

- 1 – фильтрующий элемент(патрончик); 2 – пневмометрическая трубка;
 3 – трубка фильтродержателя; 4 – каплеотбойник; 5 – манометр;
 6 – термометр; 7 – ротаметр; 8 – дифманометр

Для улавливания пыли применялся стеклянный патрончик, заполняемый стеклянным волокном (диаметр нитей 15–20 мкм). Со стороны глухого конца патрончик имел газозаборный носик определенного диаметра, который устанавливался навстречу потоку газа.

Запыленный газ отбирают с помощью заборных трубок, вводимых внутрь газохода навстречу потоку. Заборное устройство и фильтродержатель снабжены электронагревателем для предотвращения конденсации. Ротаметром измеряют расход отбираемого газа. В качестве фильтрующего элемента применялся аналитический фильтр АФА-ХА-18 из ткани Петрянова. При внешней фильтрации пылеулавливающий фильтрующий элемент расположен вне газохода.

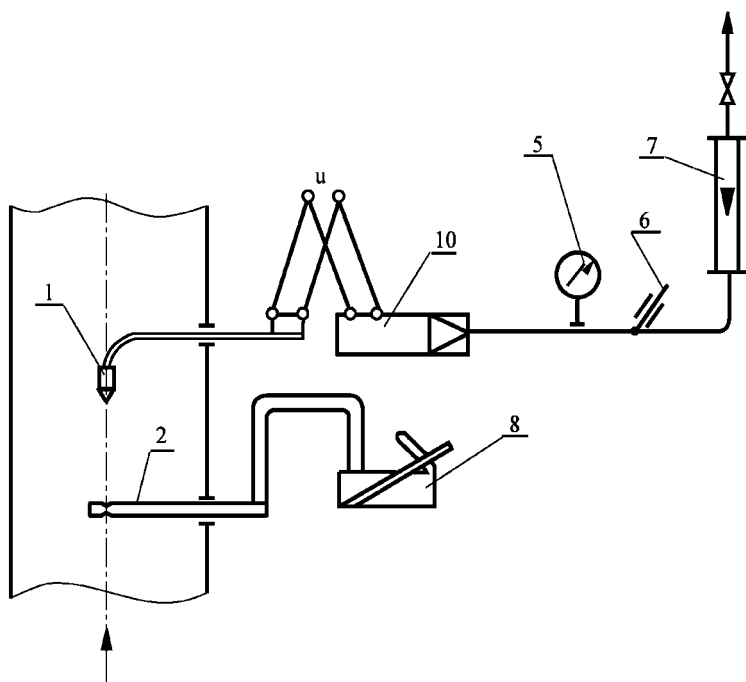


Рис. 2 Схема пробоотбора методом внешней фильтрации:

9 – заборное устройство; 10 – фильтодержатель

Для достоверного определения концентрации и гранулометрического состава частиц отбор газа проводился при соблюдении равенства скорости газа в потоке и скорости отбора (изокинетически). Сечение газохода разбивали на 8–10 концентрических колец. Затем измерялся динамический напор h в двух точках каждого кольцевого сечения. Полученное среднее значение с учетом плотности газа ρ_r , и поправочного коэффициента пневмометрической трубки k пересчитывали в скорость газа по формуле

$$w = \sqrt{\frac{2ghk}{\rho_r}} \quad (2)$$

Для трубки ГИНЦВЕТМЕТА коэффициент $k = 0,49$.

По профилю скорости рассчитывали среднюю скорость и расход газа при нормальных условиях с учетом массовой доли каждого концентрического кольцевого сечения, соответствующего точке пробоотбора. Для предотвращения оседания пыли в заборной трубке диаметр ее наконечника d_n подбирался таким образом, чтобы скорость была не ниже 10 м/с.

Запыленность газа в граммах (г/м^3), отнесенную к нормальным условиям, рассчитывали по формуле

$$Z = \frac{(q+a+b)}{v_0 \cdot \tau_0} \quad (3)$$

где: q – привес аналитического фильтра или патрончика, г; a – поправка на количество пыли, оседающей в заборной трубке, г; b – поправка на изменение массы контрольного фильтра или патрончика, г; v_0 – отбираемый объем газа при нормальных условиях, л/мин; τ_0 – продолжительность замера запыленности, мин.

Выбор значений поправок осуществляли в соответствии с рекомендациями [2].

Методы пробоотбора при внутренней и внешней фильтрации применялись для оценки содержания дисперсного продукта в отработанных газах установок высокотемпературной распылительной сушки и прокали и технологических установок для сушки молочных продуктов. При испытаниях сушильно-прокалочного аппарата отбор газа для определения пылесодержания осуществляли после металлокера-

мического фильтра. При сушке молока определяли содержание пылевидного продукта в отработанном сушильном воздухе после сушильной камеры, после циклона, после мокрого скруббера, а также в вытяжной трубе. Точки отбора располагались на участках сечений газоходов с симметричным поперечным полем скоростей. Пробы газа отбирались в стационарном режиме при длительности отбора от 35 до 60 минут. Унос сухого молока при работе установки без скруббера составлял 1,7 ... 6,4 кг/ч при среднем значении 3,26 кг/ч, казеината натрия в среднем 2,7 кг/ч. Среднеквадратическая ошибка методов составляла $\pm (11 \dots 17) \%$.

Список литературы

1 Долгов В.В. Термическое разложение оксалата самария / В.В. Долгов, В.Г. Власов, В.Н. Шалагинов // Журнал прикладной химии. 1973. № 2. С. 251 – 256.

2 Гордон Г.М. Контроль пылеулавливающих установок / Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. М.: Металлургия, 1973.

А.Г. Двойнин, В.А. Лузгачев

Тамбовский государственный технический университет

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ АДГЕЗИОННОЙ ПЛЕНКИ ПРИ СУШКЕ КОРДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Необходимость решения проблем, связанных с возникновением на поверхности обрабатываемых кордных материалов бугорков пропиточного состава при сушке от пленкообразующих водных латексно-смоляных дисперсий (рис. 1 б), возникла при эксплуатации промышленных кордных линий с 80–90 гг. прошлого века. С образованием бугорков связывались следующие негативные последствия: снижение качественных показателей адгезионной обработки; уменьшение производительности оборудования; загрязнение камер термомеханической обработки, воздухопроводов и рабочей зоны пожароопасной и токсичной пылью.

Исследования механизма образования бугорков на адгезионной пленке проводились на кафедре «Процессы и аппараты химической технологии» ТИХМа еще в 1983–84 годах [1–3]. Целью данной работы является дальнейшее изучение влияния параметров термомеханической обработки на процесс формирования адгезионной пленки.

Возможность визуального наблюдения и фиксации временных участков поверхностных явлений в процессе сушки позволила установить:

1) образование бугорков пропиточного состава происходит в результате вздутия в межстренговых впадинах и прорыва образующейся в процессе сушки адгезионной пленки под воздействием внутреннего фильтрационного потока жидкости. Наблюдаемое явление можно характеризовать как образование поверхностных пузырей, наполненных жидкостью;

2) интервал значений температур теплового агента (воздуха), используемого при термомеханической обработке кордных материалов можно разбить на три диапазона:

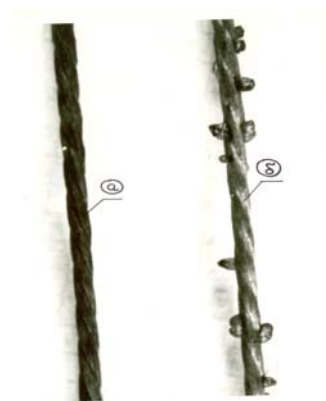


Рис. 1 Фотография поверхности кордшнуров после адгезионной обработки

а) первый диапазон – от температуры материала при самоиспарении $T_{\text{си}}$ до температуры кипения пропиточного состава $T_{\text{кип}}$, величину которой для пленкообразующих составов можно принять за 100 °С. При сушке в этом диапазоне наблюдается одна площадка температурной стабилизации при температуре мокрого термометра $T_{\text{мт}}$ и временной участок поршневого движения по межволоконным капиллярам жидкостных манжет от поверхности стренг в направлении межстренговых впадин (кривая 1 на рис. 2). Явления пузыреобразования в этом диапазоне не наблюдается, адгезионная пленка ровная без видимых дефектов (рис. 1, а);

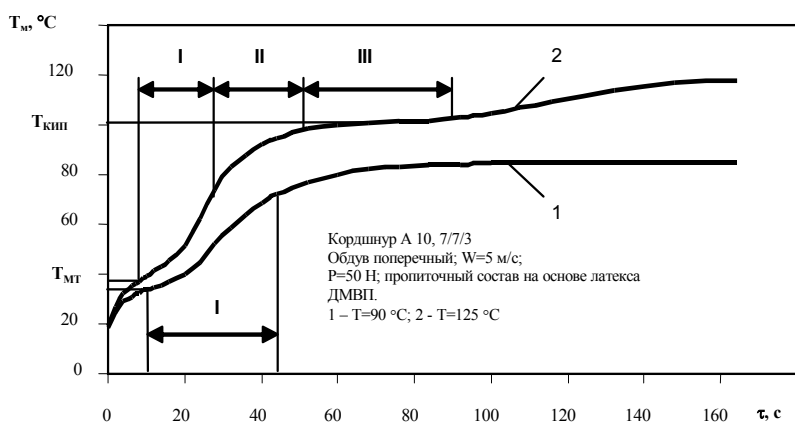


Рис. 2 Временные участки поверхностных явлений

б) второй диапазон – от температуры $T_{\text{кип}}$ до температуры ≈ 120 °С можно считать переходным. В этом диапазоне, несмотря на наличие на кинетической кривой сушки $T_{\text{м}}(\square)$ двух площадок температурной стабилизации при $T_{\text{мт}}$ и $T_{\text{кип}}$, явление поверхностного пузыреобразования имеет неустойчивый характер: наблюдается или отсутствует в зависимости от параметров сушки и используемых в пропиточном составе ингредиентов;

в) третий диапазон – от температуры ≈ 120 °С до температуры плавления материала $T_{\text{пл}}$. В этом диапазоне пузыреобразование наблюдается всегда и его интенсивность увеличивается с ростом температуры теплового агента. На кривой $T_{\text{м}}(\square)$ наблюдается три временных участка поверхностных явлений: I – поршневое движение жидкостных манжет в межволоконных капиллярах; II – пузыреобразное вздутие адгезионной пленки в межстренговых впадинах; III – пузырьковое кипение жидкости в образовавшихся стволовых порах (кривая 2 на рис.2);

3) величина температуры $T_{\text{мт}}$ при сушке кордшнуров зависит от сопротивления фильтрационному переносу образующейся поверхностной пленки.

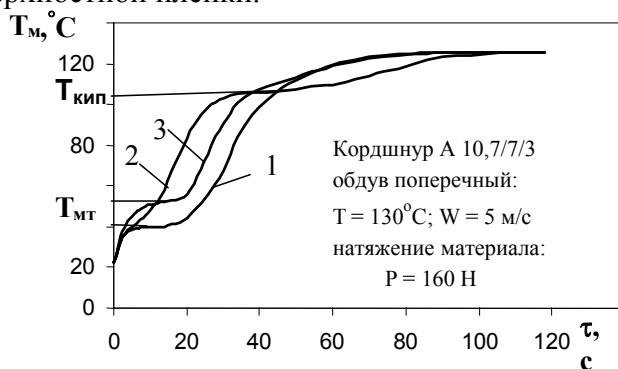


Рис. 3 Термограммы сушки кордшнура А 10,7/7/3

На рис. 3 представлены кривые сушки $T_{\text{м}}(\square)$, полученные на одном образце кордшнура при одинаковых параметрах сушки и последовательной пропитке кордшнура перед сушкой: водой с добавлением ПАВ (кривая 1), пропиточным составом на основе латекса ДМВП (кривая 2) и опять водой с добавлением ПАВ (кривая 3). Перед экспериментами кордшнур вымачивался в ацетоне в течение шести часов для

уменьшения количества авиважных препаратов. Повышение величины температуры мокрого термометра $T_{\text{мт}}$ на кривой 3, по сравнению с кривой 1, объясняется увеличением избыточного давления парогазовой фазы внутри материала при увеличении сопротивления фильтрационному переносу жидкости на поверхность материала. Отсутствие второй площадки температурной стабилизации при $T_{\text{кип}}$ на кривой 3, объясняется меньшей величиной сопротивления сформировавшейся пористой структуры адгезионной пленки по сравнению с формирующейся пленкой (кривая 2). Сопротивление пленки возрастает в начале процесса сушки, по мере отложения на поверхности материала нелетучих ингредиентов пропиточного состава и уменьшается при образовании в ней сквозных и ствольных пор под воздействием фильтрационных потоков жидкости и пара.

Полученные ранее [1–3] и приведенные выше результаты экспериментальных исследований кинетики сушки кордшнуров позволяют сделать следующие выводы:

1 Наряду с капиллярным переносом жидкости в первом периоде сушки кордшнуров имеет место и фильтрационный перенос жидкости к поверхности материала по наиболее крупной и «рыхлой» межстренговой пористой структуре.

2 Безопасная эксплуатация оборудования, в котором реализуется технология совмещенных режимов сушки и термовытяжки (температура теплового агента 200 °С и выше) [4] требует проведения экологических мероприятий из-за наличия в пыли адгезионной пленки резорцина и формальдегида (соответственно, 3 и 2 класс опасности).

3 Полученные экспериментальные данные по определению температурных диапазонов явления поверхностного пузыреобразования хорошо согласуются с требованиями технологического регламента итальянской фирмы «Пирелли» (лицензия приобретена 24.07.81 г. по контракту № 46-03/26850-126). По этому регламенту сушку текстильного корда для легковых шин необходимо проводить при температуре теплового агента (120 ± 5) °С.

Список литературы

1 Исследование кинетики нагрева кордшнуров в процессе их радиационно-конвективной сушки при различных натяжениях / А.Г. Двойнин, И.А. Клещ, В.И. Коновалов, В.Г. Двойнин // Рук. деп. в отделе
НИИТЭХИМа, Черкассы, 1984.
№ 291хп-Д84. 10 с.

2 Коновалов В.И. Особенности интенсивной сушки материалов, пропитанных дисперсиями или растворами / В.И. Коновалов, А.Г. Двойнин, Е.Н. Туголуков // Теплообмен-ММФ. Избр. доклады Междунар. форума. Минск: ИТМО, 1989. Секц. 6, 7. С. 152 – 165.

3 Impregnating, during and thermal treating of fibrous materials / V.I. Konovalov, A.G. Dvoinin, V.N. Zaton, E.N. Tugolukov // Drying'91/ Ed. A.S. Mujumdar and I. Filkova. Amsterdam, 1991. P. 142 – 153.

4 Коновалов В.И. Пропиточно-сушильное и клеепромазочное оборудование / В.И. Коновалов, А.М. Коваль. М.: Химия, 1989. 224 с.

А.Г. Двойнин, В.А. Лузгачев, И.А. Коновалов

Тамбовский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПУЗЫРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ АДГЕЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ КОРДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При осевом сжатии в процессе эксплуатации резиновых изделий, армированных кордом из синтетических нитей, на границе стренга-резины возникают напряжения сдвига, возрастающие по направлению к центру нити. Наибольшие напряжения в резине и на границе стренга-резины возникают в месте касания стренг [1]. В этой зоне наиболее вероятно отслоение нити от резины, приводящее к сокращению времени эксплуатации (ходимости) готовых изделий. Появление на адгезионной пленке в процессе высокоинтенсивной сушки при значении температуры теплового агента выше (100 ... 120) °С отслаив-

вающихся от подложки бугорков в межстренговых впадинах кордных нитей [2] является нежелательным дефектом, снижающим качество адгезионной обработки.

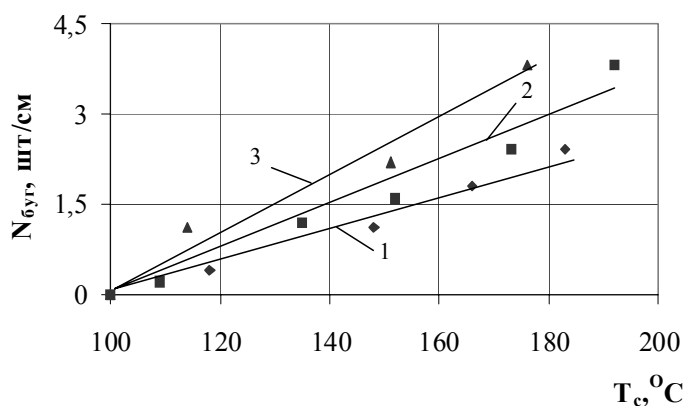


Рис. 1 Изменение интенсивности пузыреобразования от величины натяжения материала при сушке кордшнура марки А 10,7/5/3; поперечный обдув $W = 5$ м/с; пропиточный состав на основе латекса ДМВП-10х;

1 – $P = 10$ Н; 2 – $P = 50$ Н; 3 – $P = 70$ Н

Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование зависимости процесса пузыреобразования на адгезионной пленке от параметров термомеханической обработки. Эксперименты проводились на установке, принципиальная схема которой описана в работе [2]. Интенсивность пузыреобразования характеризовали отношением количества поверхностных бугорков к длине обработанного образца кордшнура $N_{бугр}$. Образцы кордшнуров длиной от 40 до 60 мм получали проклейкой торцов силикатным клеем.

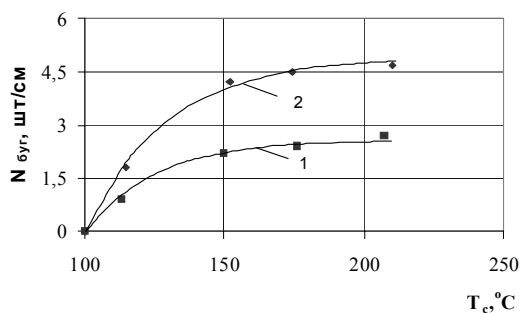


Рис. 2 Изменение интенсивности пузыреобразования от величины скорости воздуха при сушке кордшнура марки А 10,7/7/3;

поперечный обдув; пропиточный состав на основе латекса ДМВП-10х; $P = 50$ Н;

1 – $W = 5$ м/с; 2 – $W = 10$ м/с.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что интенсивность пузыреобразования увеличивается: при увеличении интенсивности энергоподвода к обрабатываемому материалу из-за увеличения температуры теплового агента (рис. 1 - 3) и скорости обдува (рис. 2); при уменьшении общей пористости регулярной структуры кордного материала из-за увеличения натяжения (вытяжки) материала (рис. 1); при неравномерном по периметру сечения материала фильтрационном сопротивлении формирующейся адгезионной пленки в условиях поперечного направления обдува материала (рис. 1 и 3).

Интенсивность пузыреобразования уменьшается и его начало смещается в сторону более высоких температур теплового агента (кривая 2 на рис. 3) из-за уменьшения фильтрационного сопротивления адгезионной пленки при снижении скорости коалесценции глобул в процессе пленкообразования [3] при модификации пропиточного состава смешением латексов, содержащих полимеры различной природы.

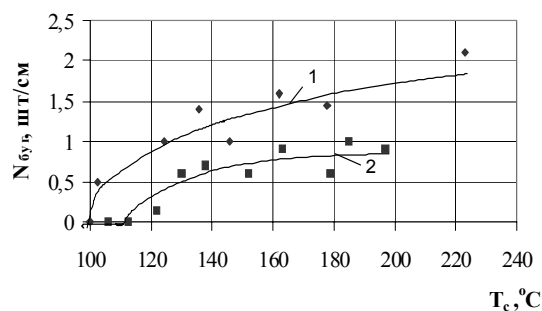


Рис. 3 Изменение интенсивности пузыреобразования в зависимости от ингредиентов пропиточного состава при сушке кордшнура марки А 10,7/7/3; продольный обдув $W = 7$ м/с; $P = 12$ Н; 1 – состав на основе латекса ДМВП; 2 – смеси латексов ДМВП и СКД

Выполнение требований технологического регламента итальянской фирмы «Пирелли» к сушке текстильного корда для легковых шин (величина температуры теплового агента $T_c = (120 \pm 5) ^\circ\text{C}$ при нулевой вытяжке материала) для анидных кордшнуров является необходимым, но не достаточным условием исключения пузыреобразования на адгезионной пленке. Для исключения пузыреобразования необходимо дополнительно применять модифицированные пропиточные составы, характеризующиеся межглобулярной неоднородностью в формирующейся при сушке пленке адгезива.

Список литературы

- 1 Технология обработки корда из химических волокон в резиновой промышленности / Под ред. Р.В. Узиной. М.: Химия, 1973. 208 с.
- 2 Коновалов В.И. Особенности интенсивной сушки материалов, пропитанных дисперсиями или растворами / В.И. Коновалов, А.Г. Двойнин, Е.Н. Туголуков // Теплообмен – ММФ. Избр. доклады Междунар. форума. Минск: ИТМО, 1989. Секц. 6, 7. С. 152 – 165.
- 3 Кузнецов В.Л. О модификации свойств полимеров латексов / В.Л. Кузнецов // Каучук и резина. 1979. № 5. С. 8 – 12.

С.В. Кочергин, Ю.Н. Демин

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
и проектно-технологический институт по использованию
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМОРЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Электротермическое оборудование (ЭТО) продолжает оставаться основным видом теплообменных аппаратов, обеспечивающих комфортные условия жизнедеятельности и используемых для различных нужд в народном хозяйстве, в частности для разогрева нефтепродуктов, подогрева технической воды для обработки сельскохозяйственной продукции, приготовления кормов и т.д.

С развитием техники увеличиваются требования к надежности и энергоемкости подобного оборудования. Так как энергоемкость электротермического оборудования зависит от режимов его работы, поэтому необходимо построение оптимальных систем управления. Создаваемые сложные системы управления, как правило, имеют высокую стоимость, большие расходы на их эксплуатацию и ремонт. Использование такого оборудования не всегда экономически оправдано, например, в сельском хозяйстве.

Применение саморегулируемого электротермического оборудования (СЭТО), работающего без дополнительных датчиков и регуляторов за счет специально конструктивно организованных термочувствительных обратных связей позволяет значительно снизить стоимость оборудования и увеличить надежность его работы в условиях агрессивной среды (низкие температуры, высокая влажность и т.д.).

Создание СЭТО является новым направлением развития тепловых технологий и автоматического регулирования с перемещением центра тяжести исследований на разработку конструкции устройств и синтез материалов с различными электрофизическими свойствами.

В ИИТиНом разработаны СЭТО, принцип управления температурой в которых осуществляется за счет изменения уровня воды в электродной камере (варочный котел, электрическая пароводогрейная установка, проточный водонагреватель с пассивными электродами), а также за счет изменения электрофизических свойств материалов, т.е. диэлектрической проницаемости (позисторные подогреватели моторного масла и двигателей внутреннего сгорания).

Позисторный нагреватель работает следующим образом: при подаче напряжения на устройство позистор нагревается, его сопротивление сначала падает, а затем, после «температуры переключения», сопротивление резко возрастает, и ток в цепи падает. При снижении температуры окружающей среды сопротивление позистора уменьшается, ток растет, в результате чего температура позистора стабилизируется на определенном уровне. Следовательно, позистор может выполнять двойную роль: нагревателя и регулятора температуры, так как он сам нагревается под действием напряжения источника, реагируя на изменение напряжения и температуры окружающей среды. Поэтому позистор может применяться в качестве термостабилизатора, не боящегося собственного перегрева. Мощность термостабилизатора зависит от коэффициента теплового рассеяния, типа температурной характеристики (крутая или пологая) сопротивления позистора и находится в обратной пропорциональной зависимости от температуры электронагревателя. Ввиду этого термостабилизаторы на позисторах весьма разнообразны и могут быть применены в различных приборах и устройствах.

В ИИТиНом разработаны устройства выполненные на позисторах и защищены патентами 2201525, 2228458.

Основными достоинствами подобных устройств являются:

- 1) обладают свойствами самостабилизации температуры (саморегулирования) без использования дополнительных устройств контроля и регулирования;
- 2) компактность;
- 3) высокая надежность в эксплуатации: ресурс работы не менее 40 000 часов, устойчивая работа в широком диапазоне температур $-60 \dots 400 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 4) минимальные затраты при монтаже, простота в эксплуатации;
- 5) пожаробезопасность (безконтактность в процессе регулирования, отсутствие перегрева).

Главной отличительной особенностью вышеупомянутых пароводонагревателей и варочных котлов является то, что управление тепловым режимом в них осуществляется без применения традиционной пускорегулирующей аппаратуры. Это достигается путем объединения теплогенерирующей (электродный парогенератор) и теплопотребляющей (паровая рубашка) полостей в единое теплообменное пространство. При этом парогенератор посредством трубопровода сообщается с компенсационной емкостью. Мощность парогенератора (количество вырабатываемого тепла) является функцией давления пара в паровой полости, которое в свою очередь пропорционально температуре нагреваемого продукта или жидкости, т.е. конструктивные элементы агрегатов представляют собой систему автоматического регулирования, которую можно характеризовать следующими признаками:

- 1) регулятор использует энергию, которая поступает от «устройства сравнения»;
- 2) непрерывному изменению регулируемого параметра (температура содержимого варочной емкости (температура нагреваемой воды) – скорость нагрева) соответствует непрерывное изменение входного параметра (мощность парогенератора – давление пара в паровой полости), т.е. в САР агрегата осуществляется постоянная, непрерывная и функциональная связь между элементами системы.

Следует отметить, что под «устройством сравнения» нами понимается стенка варочной емкости (при рассмотрении варочного котла), которая является передаточным звеном в цепи тепло- и массообменных процессов по обе ее стороны. При этом конденсация насыщенного пара на ее внешней поверхности приводит к интенсификации свободно-конвективного движения (т.е. нагреву) содержимого в варочной емкости. В то же время, увеличение температуры содержимого (а, следовательно, уменьшение скорости его нагрева) приводит к уменьшению интенсивности конденсации пара и увеличению его давления.

Простота конструктивного исполнения подобных агрегатов подразумевает их низкую стоимость (на 30 % ниже по сравнению с существующими аналогами), надежность и эффективность применения.

Широкое внедрение СЭТО в народное хозяйство сдерживается отсутствием комплексных исследований их эффективного использования и технологий его изготовления.

Д.П. Лебедев, Б.Н. Быховский

Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства
(Москва)

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КИНЕТИКИ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ

Для установок периодического действия калориметрический контроль является бесконтактным и наиболее информативным методом исследования кинетики сублимационной сушки как в лабораторных, так и производственных условиях на стадиях замораживания и обезвоживания.

Методика калориметрического контроля сублимационной сушки описана в [1, 2]. Она основана на использовании электрической схемы, включающей два дифференциально соединенных идентичных тепломера с датчиками теплового потока с термопарами. При этом в каждом тепломере датчик теплового потока помещен в металлический корпус.

Исследуемый продукт, помещенный в ампулу (флакон) устанавливается на один из тепломеров, на другой помещается ампула с идентичным продуктом, высушенным до равновесной влажности. Тепломеры устанавливаются в специальный поддон с продуктом или на полку сублиматора сушильной установки.

Электрический сигнал с тепломеров выводится на самописец или на милливольтметр. Конструкция тепломеров позволяла вместе с общей массой продукта проводить газовую стерилизацию сушилки в соответствии с условиями промышленного регламента.

В условиях предварительного замораживания и сублимационной сушки по сигналам с тепломеров и датчиков температуры определяется кинетика замораживания и сушки. На рис. 1 схематично показаны кривые замораживания и кривая скорости сушки в координатах сигнал с тепломеров – время и термограмма сушки.

Рассмотрим как в ходе процесса обезвоживания анализ кривой скорости сушки, рис. 1, позволяет сделать заключение о высушиваемом продукте, а также о возможной коррекции технологического режима.

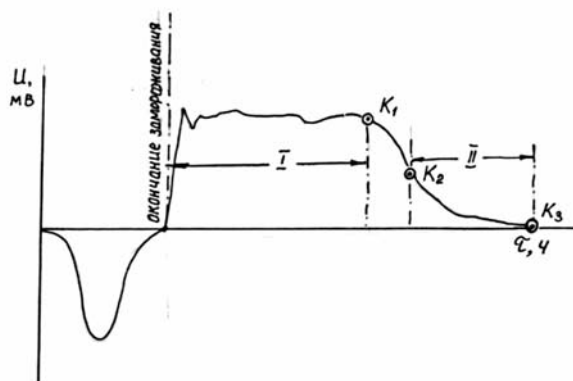


Рис. 1 Кривые замораживания и кривая скорости сушки в координатах сигнал с тепломеров – время и термограмма сушки

1 Контроль замораживания продукта (начало, окончание процесса, границы основных зон эвтектики, циклическое замораживание), осуществляемое путем повышения (понижения) температуры замораживания относительно нижней границы температуры зоны эвтектики для препарата. Процесс циклического замораживания приводит к образованию пористой структуры в материале и повышению интенсивности тепло – массообмена на стадии сублимационного обезвоживания.

2 Контроль кинетики, – сигнал с тепломеров – время, рис. 1, позволяет провести определение: периодов сушки (начало, окончание) – I и II периода (удаление свободной кристаллической и связанной влаги); I и II (K_1 и K_2) критические точки, момент окончания сушки K_3 при достижении равновесной

влажности в продукте (с чувствительностью до 0,5 %). Возможность своевременного завершения сушки материала (точка K_3), что исключает проникновение паров вакуумного масла в продукт, вследствие диффузионных процессов в сушилке. Установлена возможность сокращения времени высушивания материала во втором периоде, - путем повышения энергоподвода после I критической точки (K_1) на кривой аналога скорости сушки, рис. 1, с учетом допустимой для продукта температурой обезвоживания. Во второй критической точке K_2 , рис. 1, для большинства коллоидных препаратов медицинского и пищевого назначения сигнал с тепломеров $d^2U/d\tau^2 = 0$. Регистрация этой точки в процессе обезвоживания имеет важное практическое значение для продуктов биосинтеза. Связанная влага в таких препаратах должна быть сохранена, что указывает на необходимость завершения процесса их обезвоживания в точке K_2 . Остаточная влажность в этой точке таких препаратов находится в диапазоне 3 ... 7 % [3].

3 Возможность выбора оптимальной кривой аналога скорости сушки, определяющейся максимальной интенсивностью процесса сублимационного обезвоживания с регистрацией на кривой и исключением локальной подтайки продуктов (у поверхности нагрева во флаконе). Это обеспечивает энергосберегающие условия в технологии сушки продукта (при сохранении его высокого качества).

Таким образом, кривая – аналог скорости сушки в координатах сигнал с тепломеров – время при обезвоживании материалов в вакууме дает полную информацию непосредственно в ходе технологического процесса в производственных условиях. Существующие практические результаты позволяют использовать этот метод в любых промышленных установках при различных видах энергоподвода к материалу, проводить процесс обезвоживания в оптимальных технологических условиях при минимальных энергозатратах и условии сохранения высокого качества конечного продукта.

Список литературы

1. А.с. 1296916 (СССР). Способ контроля влажности термолабильных материалов и веществ / Д.П. Лебедев Опубл. В БН, 1987. № 10.
2. Андреев Е.Ф. Микрокалориметрия биологических объектов. Агропромиздат / Е.Ф. Андреев, Д.П. Лебедев, В.В. Уваров. 1986. 165 с.
3. Лебедев Д.П. Методы контроля процесса сублимационного обезвоживания в вакууме / Д.П. Лебедев, О.А. Геращенко, Е.Ф. Андреев // Промышленная теплотехника. 1981. № 5. С. 102 – 113.

Д.П. Лебедев, А.А. Пенкин

Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства
(Москва)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Технологический эффект в технологиях выращивания животных определяется приростом массы и сокращением их падежа в процессе развития.

Эффект зависит от условий содержания и кормления животных. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что на поддержание температуры тела у поросят расходуется до 40 ... 45 % энергии потребляемых кормов, [1].

При локальном ИК – обогреве сельскохозяйственных животных технологический эффект определяется интенсивностью и глубиной проникновения энергии излучения в объект. В [2] указано, что при использовании установки локального обогрева поросят в свинарниках маточниках с установленной мощностью 450 Вт с обычными лампами накаливания получена возможность увеличить среднесуточные привесы на 15 %.

При одинаковых условиях кормления и ухода среднесуточные привесы при локальном облучении газовыми горелками составили $289,9 \pm 23,15$ гр., что на 13-14 %, а сохранность на 7-8 % выше, чем у поросят при конвективном обогреве, [3].

Для получения технологического эффекта необходимо:

- определить спектральные характеристики ИК – излучателя и поглощения живого объекта;
- выполнить совмещение спектральных характеристик ИК-излучателя и живого объекта для нахождения наиболее эффективной области длин волн, где воздействие лучистого потока наиболее активно.

На рис. 1 показана спектральная характеристика электрических ИК-ламп и газовых ИК-источников. Энергетический уровень электрических ламп в спектре 1,1 ... 2,7 мкм заметно ниже энергетического уровня лабораторной и заводской ИК-горелки. Именно этот спектр излучения является проникающим через кожу свиньи и воздействующим на ее иммунную и другие системы, рис. 2.

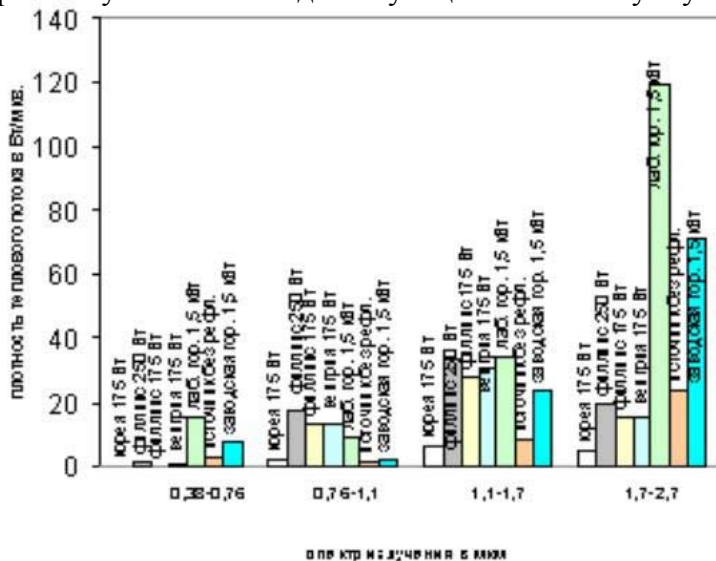


Рис. 1 Диаграмма плотностей теплового потока в спектральном диапазоне 0,38...2,7 мкм от различных ИК - источников

На рис. 2 дано совмещение спектральных характеристик облучаемой поверхности поросенка и экспериментальной газовой ИК-горелки с металлическим насадком лаборатории «Теплоэнергетики» ВИЭСХ.

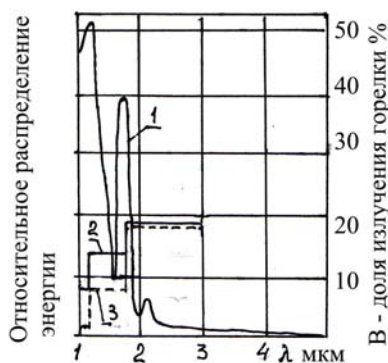


Рис. 2 Спектры поглощения кожи свиньи

(ширина спектра 1,6 мкм),

1 и 2 – доля излучения горелок (2 – лабораторная горелка, 3 – заводская горелка, тепловой мощностью 1,5 кВт)

По сравнению с электрическими ИК-лампами энергетическая характеристика газовой ИК-горелки в несколько раз больше, что говорит о возможности получить оптимальный технологический эффект с их помощью. Годовой экономический эффект при использовании газовых ИК-горелок вместо электрических ламп на одной секции опороса в ЗАО «Племзавод – юбилейный» составил 112000 руб., с окупаемостью 1,3 года.

Присущий газовой ИК-горелке диапазон длин волн 0,76 ... 4 мкм обеспечивает достаточно высокую подкожную глубину проникновения, существенно влияя на общую биохимию и внутриобменные процессы в живом организме.

Энергетический уровень облучения в этом диапазоне не должен превышать оптимально допустимого для соответствующего вида живого организма.

В настоящее время в России и за рубежом отсутствуют портативные приборы, определяющие энергетические и спектральные характеристики в диапазоне 0,76 ... 4 мкм. Использование таких приборов при организации и контроле локального ИК-обогрева является важным средством для разработки современных теплотехнологий с получением технологического эффекта для сельскохозяйственных животных.

Диапазон измерения плотности теплового потока таких приборов должен быть от 0 до 500 Вт/м², точность ± 5 % в диапазоне длин волн 0,76 ... 4 мкм.

Список литература

1 Заболотный И. Комбинированная система локального обогрева сосунов / И. Заболотный, А. Северина, А. Сагло // Свиноводство. 1979. № 11. С. 33.

2 Основные результаты исследований по разработке энергосберегающего оборудования для свиноводства / В.Н. Дашков, В.Н. Гутман, С.П. Рапович, С.А. Цалко, С.В. Прихач // Сб. тр. 4-ой Международной научно-технической конференции. М., 2004. ВИЭСХ. С. 163 – 169.

3 Мухаметзянов В.Г. Опыты по использованию газовых горелок инфракрасного излучения в свиноводческих комплексах / В.Г. Мухаметзянов // Сб. науч. тр. Уфа, 1978. Вып. XI. С. 97.

Д.С. Начинов, А.А. Авдеева, А.В. Авдеев

ОАО НИИ сельскохозяйственного машиностроения
им. В.П. Горячкина (ОАО ВИСХОМ)

НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ СУШКЕ ЗЕРНА

Одним из энергоемких процессов в послеуборочной обработке зерна (около 60 %) является сушка. Для ее осуществления в качестве энергоносителей в основном используются: электроэнергия, газообразное топливо и продукты переработки нефти. При этом в сельском хозяйстве ежегодно, при имеющемся в эксплуатации парке зерносушильной техники, на сушку зерна расходуется около 2,0 млн. т. условного топлива. Расчеты показывают, что для производства 120 млн. т. зерна и создании для его уборки требуемого парка зерносушильной и другой послеуборочной техники, работающей по старой технологии, потребуется увеличение расходов энергоносителей в 3-4 раза. Ее величина для России может составить ориентировочно около 7...8 млн. т. условного топлива.

В сельском хозяйстве США, например, в энергетических целях ежегодно используется около 23 млн. т. пожнивных отходов. В таких странах как ФРГ, Франция, Великобритания при ежегодном валовом сборе соломы 23 ... 26 млн. т, в качестве энергетического сырья ее используется до 5 млн. т. Получаемые при этом энергия и топливо расходуются на сушку сельскохозяйственной продукции, отопление помещений и жилья, обезвоживание кормов и т.д. Для реализации перечисленного ряда зарубежных фирм разработали и серийно выпускают различные системы прямого сжигания соломы в виде прессованных тюков, рулонов или брикетов тепловой мощностью 100 кВт – 15 МВт, а также газогенераторные установки, использующие в качестве сырья растительные и древесные остатки.

Имеется несколько технологических и технических направлений снижения энергозатрат на послеуборочную обработку и сушку зерна. К ним, во-первых, можно отнести сокращение дефицитных видов энергоносителей. В этой связи весьма перспективным видом энергоносителя представляется сжиженное газовое топливо вообще и сжиженный природный газ в особенности. Во-вторых, обязательную установку в технологической линии зерноочистительных машин предварительной очистки комбайнового вороха. В-третьих, внедрение технологий двух- и трехстадийной сушки зерна. Принципы этих технологий заключаются в следующем. При двухстадийной сушке зерно не досушивается до кондиционной влажности на 1...1,5 % и отправляется на отлежку в вентилируемые емкости. После отлежки зерновая масса продувается атмосферным воздухом и высушивается до кондиционной влажности. При трехстадийной сушке зерно, после предварительной очистки комбайнового вороха, накапливается в вентилируемых емкостях, где оно за счет продувки атмосферным воздухом выравнивается по температуре и влажности. После этой технологической операции зерно высушивают по двухстадийной технологии.

Исследования проведенные в ОАО «ВИСХОМ» показывают, что экономия в потреблении тепловой энергии при нагреве семян зерновых культур влажностью более 25 % до температуры 42 °С, при использовании двухстадийной их сушки, составляет около 20 %. Расчетами определено, что при модернизации газораспределительной системы зерносушилок С-20, использование для аккумуляции тепла регенеративного теплообменника между энергетической установкой (топка) и вентилируемой емкостью накопления, стабилизации температуры и влажности зерна, а также для предварительного его нагрева, позволяют снизить потребность в тепле на сушку до 14 %. Таким образом, изложенные направления снижения энергозатрат, если учитывать, что предварительная очистка комбайнового зернового вороха обеспечивает их снижение на 3...5 %, позволяют эффективно использовать традиционные энергоносители в пределах экономии 19...22 %.

Л.А. Ныркова, Е.И. Глинкин

Тамбовский государственный технический университет

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Проведен анализ измерения параметров динамических переходных характеристик (ДПХ) импульсного преобразователя влажности древесины для повышения метрологической эффективности в области с низким содержанием влаги.

Известные методы не применимы для экспресс-анализа влажности древесины ниже 12 %, так как измеряемые токи соизмеримы с токами утечки измерительной цепи, а прямые измерения тока требуют сложнейших и дорогостоящих наноамперметров. Эту задачу решают косвенные методы измерения тока по параметрам ДПХ импульсного преобразователя влажности древесины.

Проведем анализ измерительного преобразователя (ИП), схема замещения и граф которого представлены на рис. 1. Преобразователь включает последовательное соединение образца древесины с сопротивлением $R_d(W)$ и образцового сопротивления R_0 , зашунтированного емкостью C измерительной цепи ~~микровольтметра~~ с графом

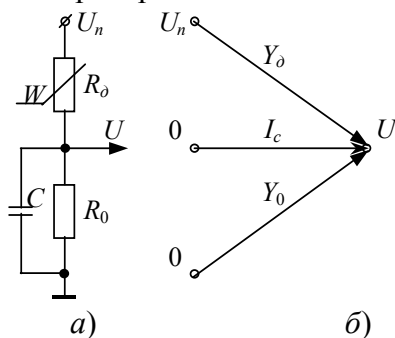


Рис. 1 Схемы измерительного преобразователя:
а – замещения; б – граф

(рис. 1, б) составим уравнение схемы ИП (рис. 1, а) по первому закону Кирхгофа:

$$U(Y_d + Y_0) = U_n Y_d - C \frac{dU}{dt},$$

так как $I_c = -C \frac{dU}{dt}$ – ток заряда конденсатора C .

После несложных преобразований

$$\frac{C}{Y_d} \cdot \frac{dU}{dt} + U = \frac{U_n Y_d}{Y_d},$$

где $Y_d = Y_d + Y_0$, получаем математическую модель ИП в дифференциальной форме:

$$T \frac{dU}{dt} + U = E, \quad (1)$$

где $E = U_{\text{н}} \frac{Y_{\text{д}}}{Y_{\text{д}}}$. Принимая во внимание, что $Y = 1/R$, а $R_{\text{д}} = \frac{R_{\text{д}} R_0}{R_{\text{д}} + R_0}$, находим параметры ИП: постоянную времени T и установившееся значение потенциала E

$$T = \frac{C}{Y_{\text{д}}} = C R_{\text{д}}; \quad E = \frac{U_{\text{н}} R_0}{R_{\text{д}} + R_0}, \quad \text{при чем } R_{\text{д}} \geq R_0.$$

Вычислим предельное значение dU/dt при $U \rightarrow 0$:

$$\lim_{U \rightarrow 0} \frac{dU}{dt} = \lim_{U \rightarrow 0} \left(\frac{E - U}{T} \right) = \frac{E}{T}.$$

После замены находим

$$\frac{E}{T} = \frac{U_{\text{н}} R_0 (R_{\text{д}} + R_0)}{(R_{\text{д}} + R_0) C R_{\text{д}} R_0} \quad \text{или} \quad \frac{E}{T} = \frac{U_{\text{н}}}{C R_{\text{д}}},$$

где $R_{\text{д}} = R(W)$ – сопротивление образца, зависящее от влажности древесины, $T = C R_{\text{д}}$ – постоянная времени измерительного преобразователя, при чем $C = \text{const}$.

Решением дифференциального уравнения (1) является математическая модель схемы измерительного преобразователя в алгебраической форме

$$U = E(1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad (2)$$

так как после разделения переменных

$$\frac{dU}{E - U} = \frac{1}{T} dt$$

и интегрирования по их пределам получим

$$\int_0^U \frac{dU}{E - U} = \frac{1}{T} \int_0^t dt,$$

или

$$-\ln(E - U) \Big|_0^U = \frac{t}{T} \Big|_0^t.$$

После подстановки пределов в решение

$$\ln(E - U) - \ln(E - 0) = -\frac{t - 0}{T}$$

и алгебраических преобразований

$$\ln\left(\frac{E - U}{E}\right) = -\frac{t}{T},$$

включая экспоненцирование

$$1 - \frac{U}{E} = e^{-\frac{t}{T}},$$

приходим к выводу (2) динамической переходной характеристики U , отражающей реакцию (рис. 2, а) на выходе измерительного преобразователя (рис. 2, б) при подключении к схеме источника питания $U_{\text{н}}$.

Следует отметить, что прямые измерения емкости C и сопротивления R_d очень сложны, особенно в области сухих материалов в диапазоне влаги $2\% \leq W \leq 20\%$. При этом ток измерительного преобразователя составляет от единиц до десятков наноампер ($10^{-9}A$), а сопротивление от десятых долей до единиц гигаом. Поэтому информативным параметром от

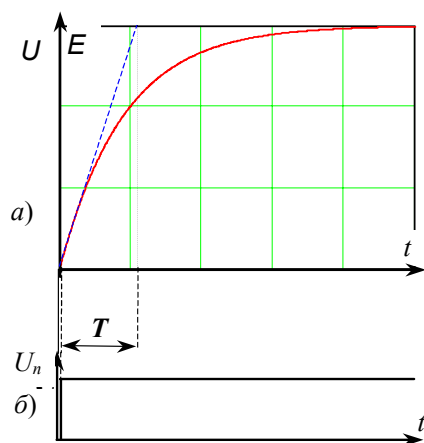


Рис. 2 Переходная характеристика (а) от ступенчатого воздействия (б)

влажности может быть лишь отношение E/T – пропорциональное предельному максимальному току схемы (рис. 1) в момент заряда конденсатора C измерительного преобразователя. Параметры E и T можно определить как из модели (1), так и из выражения (2) при решении системы уравнений для двух напряжений U_1, U_2 , измеренных в кратные значения времени $t_2 = 2t_1$:

$$\begin{cases} U_1 = E \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}} \right); \\ U_2 = E \left(1 - e^{-\frac{t_2}{T}} \right). \end{cases}$$

Алгоритмы расчета параметров имеют вид:

$$E = \frac{U_1^2}{2U_1 - U_2}; \quad T = \frac{t_1}{\ln \frac{U_1}{U_2 - U_1}}. \quad (3)$$

Определим из модели (2) предельное значение скорости изменения заряда преобразователя

$$\lim_{t \rightarrow 0} \frac{dU}{dt} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{d \left[E \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \right]}{dt} = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{E}{T} e^{-\frac{t}{T}}.$$

В начальный момент при $t=0$ экспонента вырождается в единицу, так как $e^{-\frac{0}{T}} = 1$, а значение предела максимально

$$\lim_{t \rightarrow 0} \frac{dU}{dt} = \frac{E}{T}$$

согласуется с определением предела из дифференциального уравнения при $U \rightarrow 0$ и физически соответствует скорости заряда или начальному току I_d измерительного преобразователя со схемой замещения (рис. 1, а) на постоянном токе при отсутствии конденсатора C и бесконечно малым сопротивлением R_0 . При этом косвенные измерения амплитуды напряжения переходной характеристики $U(t)$ от импульсно-

го воздействия ступенчатого напряжения в момент включения $t = 0$ питания U_n эквивалентны прямому измерению постоянного тока $I_d = U_n / R_d$ по схеме замещения, состоящей из последовательного включения сопротивления R_d древесины, наноамперметра нА и стабилизированного источника напряжения U_n (рис. 3). Это следует из анализа эквивалентной схемы при расчете тока по закону Ома

$$I_d = (U_n - U) Y_d,$$

так как $U(t = 0) = 0$, а $Y_d = 1/R_d$. Аналогичный результат получаем при оценке предельного значения емкостного тока

$$I_c(t = 0) = C \frac{E}{T} = \frac{U_n}{R_d} = I_d.$$

Следовательно, по параметрам динамической переходной характеристики при измерении напряжений в кратные моменты времени определяется предельное значение емкостного тока измерительного преобразователя, соответствующего току короткого замыкания образца древесины. При этом косвенные измерения импульсных параметров переходного процесса эквивалентны прямым компенсационным измерениям наноамперметром постоянного тока – инфор-

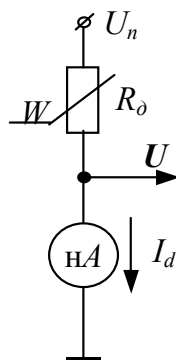


Рис. 3 Схема замещения ИП на постоянном токе

мативного параметра определения влажности древесины. В отличие от известных методов, за счет измерения предельного тока по параметрам ДПХ, повышается оперативность экспресс-анализа и расширяется диапазон влажности в область с низким содержанием влаги (ниже 12 %).

О.М. Осмонов, С.П. Рудобаашта

Московский государственный агроинженерный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

Одним из путей сокращения доли традиционных видов топлива (нефтепродукты, уголь и т.д.) является использование биогаза, получаемого из органических отходов в результате их анаэробного метанового сбраживания в биогазовых реакторах.

Обогрев сбраживаемого субстрата до температуры мезофильного режима ($t = 30 \dots 35 \text{ }^\circ\text{C}$) и поддержание этой температуры в разработанной нами биоэнергетической установке (рис. 1) осуществляется с помощью солнечных водонагревательных коллекторов I .

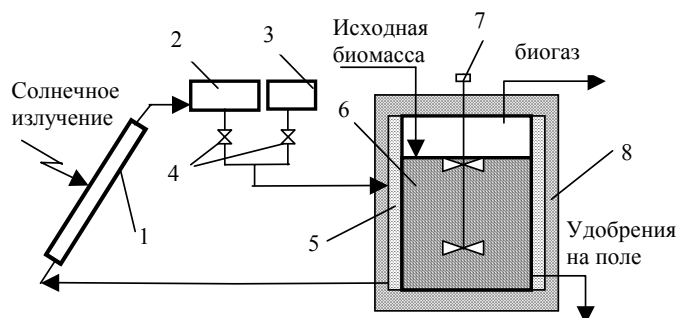


Рис.1 Технологическая схема биоэнергетической установки:

- 1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3 – бак холодной воды;
4 – смеситель; 5 – водяная рубашка; 6 – биогазовый реактор;
7 – мешалка; 8 – теплоизоляция

Солнечные водонагревательные коллекторы (СВК) различной конструкции традиционно изготавливаются из металлических материалов. Предлагаемый нами СВК изготовлен из альтернативных неметаллических материалов.

СВК (рис. 2) состоит из шлакобетонного корпуса прямоугольной формы, внутри которого расположена проточная полиэтиленовая подушкообразная емкость 2 с входными 3 и выходными патрубками 4. Патрубки соединяются с полиэтиленовой емкостью с помощью хомутов. Со стороны дна корпуса, под емкостью располагается теплоизоляция 5 с толщиной 10...20 мм, а над емкостью натянута металлическая сетка 6 с размерами ячеек 40×40 мм, которая прикрепляется к корпусу СВК под лицевым стеклянным ограждением 7 на расстоянии 35...40 мм от последнего.

Для непосредственного контакта с водой и в качестве тепловоспринимающего материала выбрана полиэтиленовая пленка толщиной 0,1...0,2 мм с коэффициентом теплопроводности 0,28 Вт/м · град.

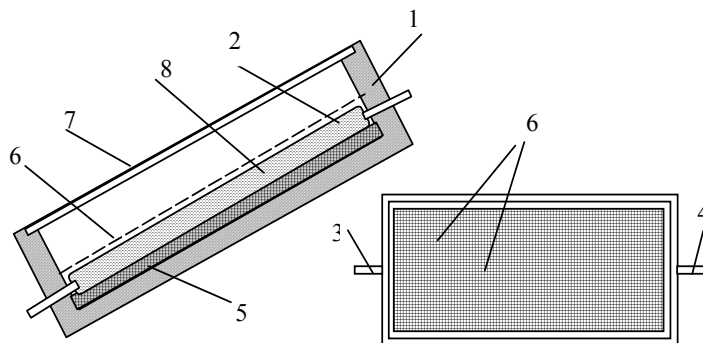


Рис. 2 Солнечный водонагревательный коллектор:

- 1 – шлакобетонный корпус; 2 – полиэтиленовая емкость; 3, 4 – входной и выходной патрубки; 5 – теплоизоляция; 6 – металлическая сетка;
7 – стеклянное покрытие; 8 – нагреваемая вода

В данном случае для более эффективного поглощения солнечного излучения, полиэтиленовая емкость изготовлена из полиэтиленовой пленки черного цвета. Наружные размеры корпуса СВК составляют 1000×400×85 мм, вес – 24 кг.

Проведены теплофизические испытания представляемого солнечного коллектора в условиях г. Ош в Киргизии с апреля по ноябрь месяцы года. Для сравнения, одновременно испытывался традиционный металлический СВК с площадью приемной поверхности 0,47 м².

Испытания СВК показали, что максимальная температура потребляемой воды (t_{\max}) в июле 75 °С при расходе воды 4,5 л/час (см. рис. 3): Q – плотность суммарной солнечной радиации, Вт/м²; t_0 – температура окружающей среды, °С; $t_{\text{трад}}$ – температура потребляемой воды в традиционных металлических СВК, °С.

Собрана солнечная водонагревательная установка из восьми СВК с общей площадью приемной поверхности 3,76 м² (по мере необходимости количество СВК может быть увеличено), бака-аккумулятора, запорно-регулирующей арматуры и соединительных трубопроводов. СВК подключены последовательно друг к другу через патрубки с помощью соединительных шлангов диаметром 25 мм.

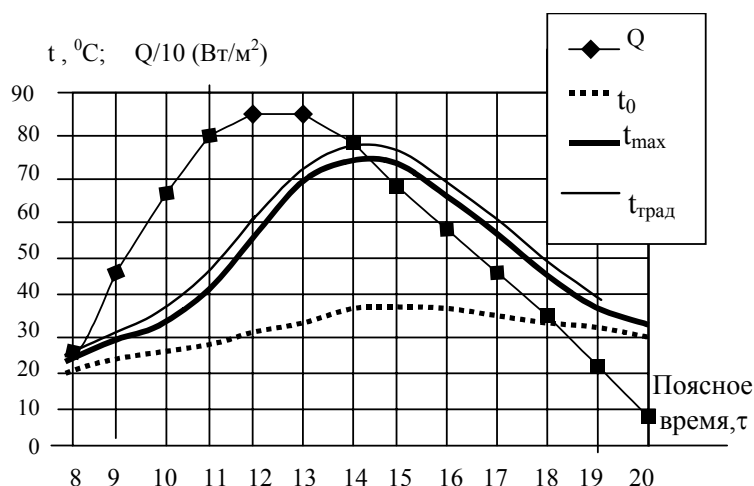


Рис. 3 Результаты теплофизических испытаний солнечного коллектора

Результаты теплофизических измерений и эксплуатационные показатели солнечной водонагревательной установки, собранной на основе восьми СВК и с баком-аккумулятором емкостью 100 л приведены в виде таблицы:

Общая площадь СВК, $S, \text{ м}^2$	Теплопотери, $Q_{\text{max}}, \text{ Вт}$	Температура потребляемой воды по месяцам, °C			КП Д
		апрель	июль	октябрь	
3,76	1280	$t_{\text{max}} = 60$	$t_{\text{max}} = 80$	$t_{\text{max}} = 43$	$\eta_{\text{max}} = 0,44$

Как видно из данных таблицы, максимальная температура потребляемой для обогрева биогазового реактора воды в баке-аккумуляторе солнечной водонагревательной установки составляет 80 °C, что сравнимо с показателями традиционных солнечных водонагревателей с металлическими СВК. Коэффициент полезного действия солнечной водонагревательной установки при этом 0,44.

Немаловажным является то, что стоимость солнечного водонагревателя, собранной из восьми СВК составляет \$50,75, что в 5–8 раз ниже стоимости традиционных солнечных водонагревателей.

Результаты теплофизических измерений и технико-эксплуатационные характеристики представленного солнечного водонагревательного коллектора из альтернативных материалов позволяют сделать вывод о возможности его эффективного использования для теплоснабжения работающего в мезофильном режиме ($t = 30 \dots 35 \text{ }^\circ\text{C}$) сбраживания биогазового реактора.

*С.П. Рудобашта¹, В.М. Дмитриев², Н.П. Жуков²,
А.В. Чурилин²*

¹Московский государственный агроинженерный университет,

²Тамбовский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СУШКИ

ИМПРЕГНИРОВАННЫХ АБРАЗИВНЫХ

ИНСТРУМЕНТОВ

Операции абразивной обработки составляют в технологических процессах изготовления деталей машин и приборов до 60 ... 70 %. Поэтому повышение эффективности и качества абразивной обработки –

актуальная задача, решение которой позволит получить значительный экономический эффект. В настоящее время особое внимание привлекают пути решения данной задачи, связанные с совершенствованием абразивного инструмента (АИ).

Одним из методов, улучшающих эксплуатационные свойства АИ, является его импрегнирование водными дисперсиями сополимеров акрилатного типа [1-3]. При этом процессы массопереноса при пропитке АИ импрегнатором и сушке от водной составляющей дисперсии играют существенную роль в обеспечении качества готовой продукции.

Исследованию подвергались широко применяемые абразивные корундовые круги марок 25A12СМ26К5Б, 25A16СМ26К5Б, 25A25СМ26К5Б, 25A32СМ26К5Б, 25A40СМ26К5Б, характеризующиеся одинаковым объемом пор (40,5 %), но различным размером абразивного зерна (вследствие чего менялись размеры пор и их извилистость).

В качестве импрегнатора выбрана дисперсия (40 % масс.) сополимера этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида в водной среде (Эмукрил М).

При определении массопроводных свойств импрегнированных АИ использовался зональный метод, относящийся к группе методов нестационарного режима [4].

На рис. 1 представлены экспериментальные кривые кинетики конвективной сушки импрегнированных АИ при $T = 20 \dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

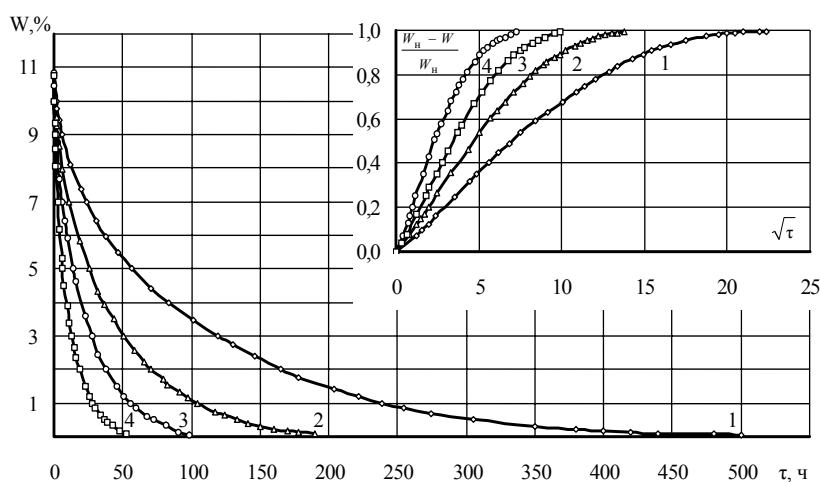


Рис. 1 Кинетика сушки импрегнированного Эмукрилом М круга 25A12ПСМ26К5Б при различных температурах:

1 – 20 °С; 2 – 40 °С; 3 – 60 °С; 4 – 80 °С

Анализ процесса десорбции для исследуемых АИ был проведен на основании данных по кинетике сушки в изотермических условиях. Кривые десорбции (рис. 1) имеют следующие особенности.

1 Количество выделяемой влаги в начальный период времени линейно зависит от $\sqrt{\tau}$. Линейная зависимость сохраняется в пределах 20 ... 30 % от всего интервала изменения влагосодержания образцов.

2 На криволинейных участках кинетики десорбции не имеются точки перегиба. Все кривые вогнуты к оси $\sqrt{\tau}$.

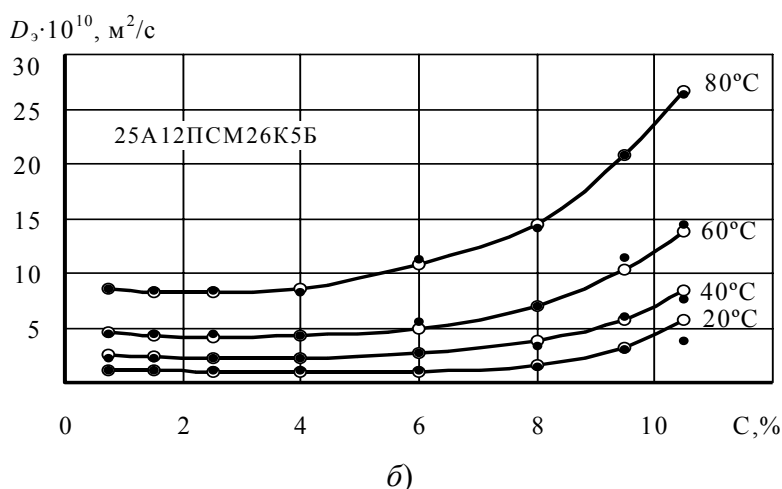
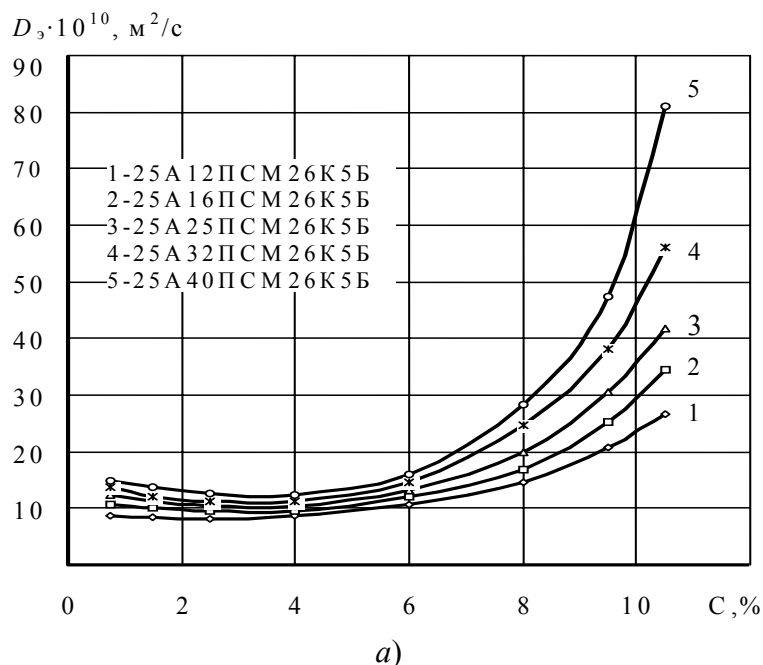


Рис. 2 Температурно-концентрационные зависимости эффективного коэффициента диффузии влаги D_e для импрегнированных АИ:

a – температура сушки $T = 80\text{ }^\circ\text{C}$; *b* – экспериментальные данные - \circ -; теоретические значения - \bullet - (табл.)

Процессы сорбции-десорбции, кривые кинетики которых имеют аналогичный вид, подчиняются закону Фика [4]. В таких системах коэффициент диффузии зависит только от концентрации распределяемого вещества (при постоянной температуре процесса).

Отклонений от закона Фика не наблюдается и при более поздних стадиях сушки, так как концентрация и градиенты концентраций малы. Этим можно объяснить «нормальную» десорбцию воды из пленок сополимера.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о применимости зонального метода для кинетического расчета процесса конвективной сушки импрегнированных АИ.

С использованием кривых кинетики изотермической сушки импрегнированных АИ были найдены зависимости коэффициента диффузии от концентрации распределенного компонента и температуры. Например, данные зависимости для абразивного круга марки 25A12PCM26K5B представлены в таблице.

В результате проведенных исследований разработаны методика расчета процесса конвективной сушки импрегнированных АИ и конструктивное решение промышленного сушильного аппарата, в котором реализовывались квазиизотермические условия процесса ($Lu = (0,1 \dots 0,26) \cdot 10^{-4}$) при условии снятия внешнедиффузионного сопротивления ($Bi_m = (3 \dots 34) \cdot 10^3$).

Таблица

Мар-ка круга	Интервалы	Вид аппроксимирующего уравнения
25А12ПСМ26К5Б $V_{\pi} = 40,5\%$	$0,5 \leq C \leq 4; 293 \leq T \leq 353$	$D_3 = 5,05 \cdot 10^{-11} C^{-0,02} \left(\frac{T}{273}\right)^{11}$
	$4 \leq C \leq 8; 293 \leq T \leq 353$	$D_3 = 1,24 \cdot 10^{-11} C^{0,8} \left(\frac{T}{273}\right)^{12,1}$
	$8 \leq C \leq 11; 293 \leq T \leq 353$	$D_3 = 6,47 \cdot 10^{-13} C^{2,4} \left(\frac{T}{273}\right)^{10,3}$

Список литературы

- 1 Островский В.И. Импрегнированный абразивный инструмент / В.И. Островский. М.: НИИМаш, 1983. 72 с.
- 2 А.с. 1604590 СССР, МКИ В24D 3/34. Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н.Ф. Майникова, С.М. Опарин, Ю.В. Воробьев, В.А. Рошин // БИ. 1990. № 41..
- 3 А.с. 1726222 СССР, МКИ В24D 3/34. Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н.Ф. Майникова, С.М. Опарин, Ю.В. Воробьев, В.А. Рошин // БИ. 1992. № 14..
- 4 Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой / С.П. Рудобашта. М.: Химия, 1980. 248 с.

Ю.В. Светлов, Т.О. Вишневская

Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности (Москва)

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА

МАССООТДАЧИ ПО ДОЛЕ ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ

МАССОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ ПРОНИЦАЕМУЮ СТЕНКУ

Экспериментальное определение основных тепло-массообменных коэффициентов большинства используемых методик осложнено замером или оценкой потенциала переноса на поверхности твердого вещества (температуры, равновесного парциального давления или концентраций). В теоретическом плане кинетический закон массоотдачи (конвективной диффузии) Щукарева-Дальтона является базой для самого простого способа определения экспериментальных значений коэффициентов массоотдачи:

$$M = \beta \Delta_{\beta} F \quad \text{или} \quad \Delta \bar{M} = \beta \Delta_{\beta} F \Delta \tau, \quad (1)$$

где M и $\Delta \bar{M}$ – соответственно, поток диффундирующего вещества и количество продиффундирующего вещества за время $\Delta \tau$, кг/с и кг; β – коэффициент массоотдачи, кг/(м²·с·ед.дв.с.); Δ_{β} – движущая сила -

разность потенциалов массоотдачи, ед.д.в.с.; F – геометрическая поверхность твердого проницаемого материала, омываемая жидкой (газообразной) средой, м².

Однако на практике этот закон трудно выполним, а порой и неосуществим, что обусловлено сложностью и неточностью замера движущей силы массоотдачи $\Delta\beta$, которая, в свою очередь, определяется сложностью замера потенциала на пористой или ворсистой поверхности проницаемого твердого тела.

Рассмотрим стационарный процесс массопередачи диффундирующего вещества в однородных средах, которые разделены между собой проницаемой твердой стенкой. Величина потока диффундирующего вещества M_1 описывается уравнением массопередачи

$$M_1 = K_m \Delta F = \frac{\Delta F}{\frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_m} + \frac{1}{\beta_2}} \quad (2)$$

Опишем второй стационарный процесс массопередачи, который будет отличаться от первого всего лишь скоростью движения второй среды w_2 . Очевидно, при этом произойдет изменение коэффициента массоотдачи среды и ее диффузионного сопротивления переносу, а также коэффициента массопередачи. Итак, массовый поток

$$M_2 = K'_m \Delta F = \frac{\Delta F}{\frac{1}{\beta'_1} + \frac{\delta}{\lambda'_m} + \frac{1}{\beta'_2}} = \frac{\Delta F}{R + \frac{1}{\beta'_2}} \quad (2)$$

где β'_2 , $\frac{1}{\beta'_2}$ и K'_m – соответственно коэффициент массоотдачи, диффузионное сопротивление переносу и коэффициент массопередачи при движении второй среды со скоростью w_2 .

Выразим коэффициенты массоотдачи при движении второй среды в условиях изотермического процесса простыми функциональными зависимостями:

$$\beta_2 = B w_1^n \quad \text{и} \quad \beta'_2 = B w_2^n,$$

откуда

$$\beta'_2 = \beta_2 (w_2/w_1)^n \quad (3)$$

Выразив произведение $\Delta \cdot F$ из (2) и (2') и приравняв их с учетом (3), получим

$$M_1 (R + 1/\beta_2) = M_2 [R + 1/\beta_2 (w_1/w_2)^n], \quad (4)$$

где $\sum R = 1/\beta_1 + \delta/\lambda_m$ – одна и та же сумма диффузионных сопротивлений, имеющая место в двух рассматриваемых процессах массопередачи.

Равенство (4) преобразуется с учетом $1/K_m = \sum R + 1/\beta_2$ из (2) и принимает вид

$$\frac{1}{K_m} = \frac{(w_1/w_2)^n M_2 - M_1}{M_1 - M_2} \cdot \frac{1}{\beta_2} + \frac{1}{\beta_2}.$$

Подставив в последнее равенство значение $K_m = M_1/(\Delta \cdot F)$ из (2) и проведя простое преобразование, получим уравнение, в котором величина коэффициента массоотдачи второй среды при движении со скоростью w_1 выражена через ряд характеристик двух процессов массоотдачи:

$$\beta_2 = \left[\frac{(w_1/w_2)^n M_2 - M_1}{M_1 - M_2} + 1 \right] \cdot \frac{M_1}{\Delta F} = \frac{M_2 [(w_1/w_2)^n - 1]}{M_1 - M_2} \cdot \frac{M_1}{\Delta F}. \quad (5)$$

Подобную зависимость получим и для определения коэффициента массоотдачи при движении второй среды со скоростью w_2 :

$$\beta_2' = \left[\frac{(w_2/w_1)^n M_1 - M_2}{M_2 - M_1} + 1 \right] \cdot \frac{M_2}{\Delta F} = \frac{M_1 [(w_2/w_1)^n - 1]}{M_2 - M_1} \cdot \frac{M_2}{\Delta F}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\bar{M} = \Delta M / \Delta \tau$, целесообразно уравнения (5) и (6) представить через величины приращений продиффундировавшего вещества за определенный промежуток времени:

$$\beta_2 = \frac{\Delta \bar{M}_2 [(w_1/w_2)^n - 1]}{\Delta \bar{M}_1 - \Delta \bar{M}_2} \cdot \frac{\Delta \bar{M}_1}{\Delta F \Delta \tau}, \quad (5')$$

$$\beta_2' = \frac{\Delta \bar{M}_1 [(w_2/w_1)^n - 1]}{\Delta \bar{M}_2 - \Delta \bar{M}_1} \cdot \frac{\Delta \bar{M}_2}{\Delta F \Delta \tau}, \quad (6')$$

где $\Delta \bar{M}_1$ и $\Delta \bar{M}_2$ – соответственно, количество продиффундировавших веществ в первом и втором процессах массопередачи за один и тот же промежуток времени $\Delta \tau$ (с), кг.

Запишем кинетический закон массоотдачи Шюкарева-Дальтона (1) для условий диффузии во второй среде при движении ее со скоростью w_1 :

$$M_1 = \beta_2 \Delta_{\beta_2} F \quad (1')$$

и выразим поток диффундирующего вещества из (5):

$$M_1 = \frac{1}{\frac{(w_1/w_2)^n M_2 - M_1}{M_1 - M_2} + 1} \cdot \beta_2 \Delta F = \frac{M_1 - M_2}{M_2 [(w_1/w_2)^n - 1]} \cdot \beta_2 \Delta F, \quad (7)$$

а затем, используя (1') и (7), представим отношение их движущих сил, которое обозначим через D_1 :

$$D_1 = \frac{\Delta_{\beta_2}}{\Delta} = \frac{1}{\frac{(w_1/w_2)^n M_2 - M_1}{M_1 - M_2} + 1} = \frac{M_1 - M_2}{M_2 [(w_1/w_2)^n - 1]}. \quad (8)$$

Таким образом, правая часть отношения (8), выраженная только массовыми характеристиками двух процессов массопередачи и отношением скоростей второй среды, представляет собой долю движущей силы массоотдачи от общей движущей силы массопередачи. Очевидно, что в рассматриваемых условиях величина определяемой доли изменяется в пределах $0 < D_1 < 1$.

Приравняем (1') и (7) с учетом (8), получим: $M_1 = \beta_2 \Delta_{\beta_2} F = \beta_2 D_1 \Delta F$ или $\beta_2 = (1/D_1) [M_1/\Delta F]$, где $D_1 \Delta = \Delta_{\beta_2}$ – движущая сила массоотдачи, выраженная через долю движущей силы массопередачи. Движению второй среды со скоростью w_2 будет соответствовать своя доля D_2 , движущая сила массоотдачи $\Delta'_{\beta_2} = D_2 \Delta$ и уравнение массоотдачи: $M_2 = \beta_2' D_2 \cdot \Delta F$.

Из проведенного сопоставления следует, что полученные ранее уравнения (5) и (6) являются кинетическими законами массоотдачи, в которых движущие силы выражены через доли движущей силы массопередачи.

Из (5) с учетом (8) также следует

$$\beta_2 = 1/D_1 \cdot K_m; \quad 1/\beta_2 = D_1 \cdot 1/K_m; \quad D_1 = K_m / \beta_2, \quad (9)$$

а это значит, что в рассматриваемых условиях доля D_1 численно равна отношению диффузионного сопротивления массоотдачи второй среды при скорости w_1 к диффузионному сопротивлению массопередачи.

Приведем численный пример. Для этого воспользуемся экспериментальными данными, полученными для кожи с бахтармянной поверхностью: $w_1 = 2$ м/с, $w_2 = 2,3$ м/с, $n = 1$ (за единицу времени принят

1 час), движущая сила процесса массопередачи $\Delta = 23$ мм рт.ст., поверхность кожи $F = 4,9 \cdot 10^{-4}$ м². Убыль влаги: на первом этапе процесса при $w_1 = 2$ м/с $\Delta \bar{M}_1 = 49 \cdot 10^{-6}$ кг, на втором этапе $\Delta \bar{M}_2 = 49,845 \cdot 10^{-6}$ кг. Получены следующие значения коэффициентов массоотдачи: $\beta_2 = 3,336 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·ч·мм рт.ст.); $\beta'_2 = 3,784 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·ч·мм рт.ст.).

Таким образом, изложенный метод на основе достаточно легко и точно измеряемых в опыте величин: $\Delta \bar{M}_1$, $\Delta \bar{M}_2$, w_1 , w_2 и Δ , как следствие, дает новые свойства и возможности: высокая точность рассчитываемых коэффициентов массоотдачи; исключение травматичности исследуемого образца материала, т.к. нет необходимости установки датчиков на его поверхности; сопоставимость результатов исследований различных материалов; оценка влияния состояния поверхности материалов, их внутренней структуры и других геометрических и режимных факторов; значительное сокращение времени эксперимента, что открывает широкие возможности для исследования разнообразных материалов.

В.Ф. Сорочинский

Государственное научное учреждение Всероссийский
научно-исследовательский институт зерна и
продуктов его переработки (Москва)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РИСА-ЗЕРНА ПРИ ЕГО ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ

Процесс высокотемпературной сушки может заменить традиционную операцию пропаривания зерна, приводящую к его потемнению и снижению потребительских свойств [2, 3]. Этот способ гидротермической обработки зерна (ГТО) включает в себя обработку зерна в горячей воде, его отволаживание, высокотемпературную (ВТС), низкотемпературную (НТС) сушку и охлаждение.

По данным разных исследований температура сушильного агента может составлять от 180 до 250 °С и продолжительность сушки от 16 ... 18 до 120 ... 180 с с досушиванием увлажненного риса-зерна после ВТС до $W_C = 26,3 \dots 28,2$ % [1 – 3].

Однако, в приведенных работах не исследована в достаточном объеме кинетика процесса и влияние режимных параметров ВТС на показатели качества риса-зерна, что затрудняет создание высокотемпературных сушилок и внедрение прогрессивной технологии.

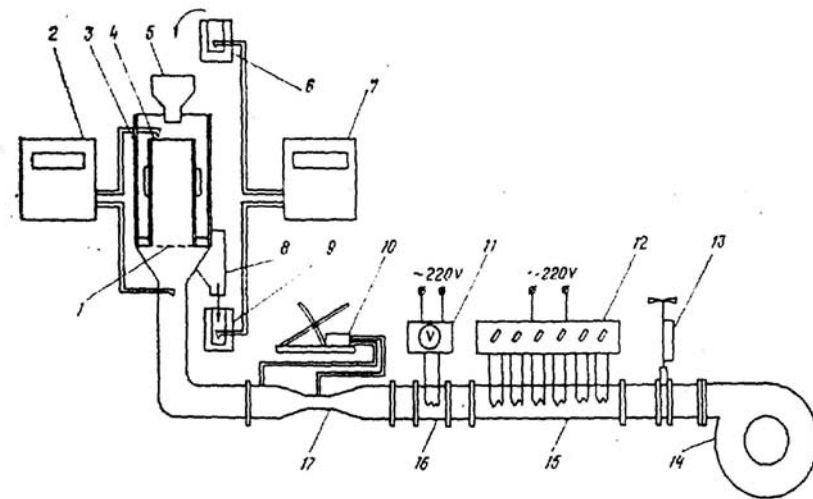


Рис. 1 Схема экспериментальной установки для исследования высокотемпературной сушки риса-зерна:

- 1 – воздухораспределительная решетка; 2, 7 – потенциометры;
 3 – неподвижная кассета; 4 – выдвижная кассета; 5 – воронка;
 6, 9 – термостаты; 8 – лоток; 10 – микроманометр;
 11 – трансформатор; 12 – выключатели; 13 – регулирующая заслонка;
 14 – вентилятор; 15 – основной нагреватель; 16 – регулирующий нагреватель; 17 – труба Вентури

исследования высокотемпературной:

нометры; 3 – неподвижная гермостаты; 8 – лоток; 10 – регулирующая заслонка; регулирующий нагреватель;

Исследование ВТС риса-зерна проведены на лабораторной установке (рис. 1). Установка состоит из двух кассет, одна из которых неподвижная сечением 250×250 мм и высотой 300 мм. Днищем выдвижной кассеты служит газораспределительная решетка неподвижной кассеты, одна из стенок которой съемная. Это позволяет ввиду кратковременности процесса быстро выгрузить пробу зерна в термостат, оснащенный термопарой.

Установка имеет два калорифера, один из которых общей мощностью 15 кВт имеет шесть ступеней для грубого регулирования, другой – максимальной мощностью 6 кВт оснащен трансформатором напряжения для тонкой регулировки температуры сушильного агента с погрешностью ± 1 °С. Выход целой и дробленой крупы определяли на установке ЛУР-1М.

Начальная высота слоя зерна составляла 35 мм, скорость фильтрации сушильного агента, рассчитанная на живое сечение слоя 3,0 м/с, его температура изменялась от 140 до 220 °С через каждые 20 °С.

Предварительными опытами по контролю выхода целой крупы установлена оптимальная продолжительность увлажнения риса-зерна в горячей воде температурой 95 ... 100 °С в течение 10 мин. и продолжительность отволаживания увлажненного зерна 24 ч при температуре 20 ± 2 °С.

Среднее значение общего выхода крупы до ГТО составляло 66,7 %, целой крупы – 53 %, дробленой крупы – 13,7 %, средняя начальная влажность риса-зерна составляла $W_C = 12,1$ %, после увлажнения и отволаживания $W_C = 47,4$ %, температура 18 °С, продолжительность ВТС изменялась от 15 до 180 с. Досушивание зерна (НТС) проводилось при температуре сушильного агента 45 °С до влажности в среднем $W_C = 18,5$ %, оптимальной при переработке на установке ЛУР-1М. Кривые сушки и температурные кривые строились методом последовательного наложения опытов.

Наиболее существенное изменение влажности и температуры происходит в первые 50 ... 60 с и сильно зависит от температуры сушильного агента. Так, при продолжительности сушки 60 с влажность зерна снижается до $W_C = 36$ и 25,2 % при температуре сушильного агента соответственно 140 и 220 °С, а температура нагрева зерна возрастает соответственно от 67 до 99 °С.

Для каждого значения температуры сушильного агента установлены значения температуры и влажности зерна в процессе ВТС, при которых получены максимальные значения общего выхода и выхода целой крупы и продолжительность процесса.

При продолжительности ВТС до 15 с выход целой крупы уменьшается (рис. 2), так как температура зерна не успевает достичь значений, при которых происходит клейстеризация крахмала. С ростом температуры сушильного агента эффект ухудшения качества крупы в начальный период ВТС уменьшается.

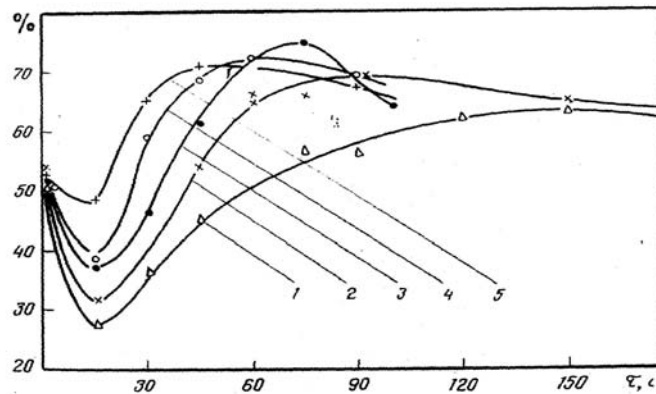


Рис. 2 Зависимость выхода целой крупы при ВТС риса-зерна от продолжительности сушки и температуры сушильного агента:

1 – температура сушильного агента 140 °С; 2 – 160 °С; 3 – 180 °С; 4 – 200 °С; 5 – 220 °С

риса-зерна от продолжительности сушки и температуры сушильного агента:
10°С; 4 – 200°С; 5 – 220°С

При продолжительности ВТС свыше 15 с выход целой крупы увеличивается, а дробленой уменьшается. При температуре сушильного агента, равной 140 и 220 °С максимальное значение выхода целого ядра составляет 63,5 и 71,0 % при продолжительности сушки 150 и 50 с, влажности зерна после ВТС – $W_C = 26,5$ и $30,2$ % и температуре нагрева зерна – 88 и 96 °С.

Максимальный выход целой крупы, составляющий 75 %, получен при температуре сушильного агента 180 °С и продолжительности ВТС, равной 75 с, при этом влажность зерна после ВТС составляла $W_C = 29$ %, а температура его нагрева 90 °С. Некоторое снижение выхода целой крупы при превышении этой температуры связано с начинающимся перегревом зерна выше температуры клейстеризации крахмала и пересушиванием поверхности зерновки под воздействием высоких температур сушильного агента.

В результате проведенных исследований разработано техническое задание и рабочие чертежи теплообменного аппарата производительностью 5 т/ч для высокотемпературной сушки при ГТО риса-зерна на рисо заводах.

Список литературы

- 1 Рис и его качество / Под ред. Е.П.Козьминой; Пер. с англ. М.: Колос, 1976. 400 с.
- 2 Ильичев Г.Н. Интенсификация гидротермической обработки риса при переработке его в крупу: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г.Н. Ильичев. М.: 1985. 25 с.
- 3 Мельников Е.М. Совершенствование гидротермической обработки зерна при производстве рисовой крупы / Е.М. Мельников, Г.Н. Ильичев, С.М. Дамдинова // Экспресс-информация. Сер. Мукомольно-крупяная промышленность. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. 1985. Вып. 4. 13 с.

А.В. Черниченко, А.Ф. Шаяхметова, В.А. Филин

Красноярский государственный технический университет,
Астраханский государственный университет

ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВОК КОНТАКТНОЙ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕНТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

В установках контактной тепловой обработки, использующих паровой энергоноситель, одновременно взаимодействует несколько физических процессов: перенос пара, его конденсация и отвод образовавшегося конденсата, передача теплоты греющему оборудованию и от последнего к нагреваемому материалу. В последнее время в научной практике исследования взаимосвязанных процессов все боль-

шее распространение находит энергоинформационный метод (ЭИ-метод), позволяющий в единой модели связать процессы различной физической природы, функционирующие в объекте.

При этом каждый физический процесс представляется в виде цепи, являющейся его электрическим аналогом. Поведение распространяемой в ней субстанции описывается с помощью величин и параметров, применяемых при моделировании электрических цепей (ток, напряжение, проводимость, жесткость, индуктивность и др.).

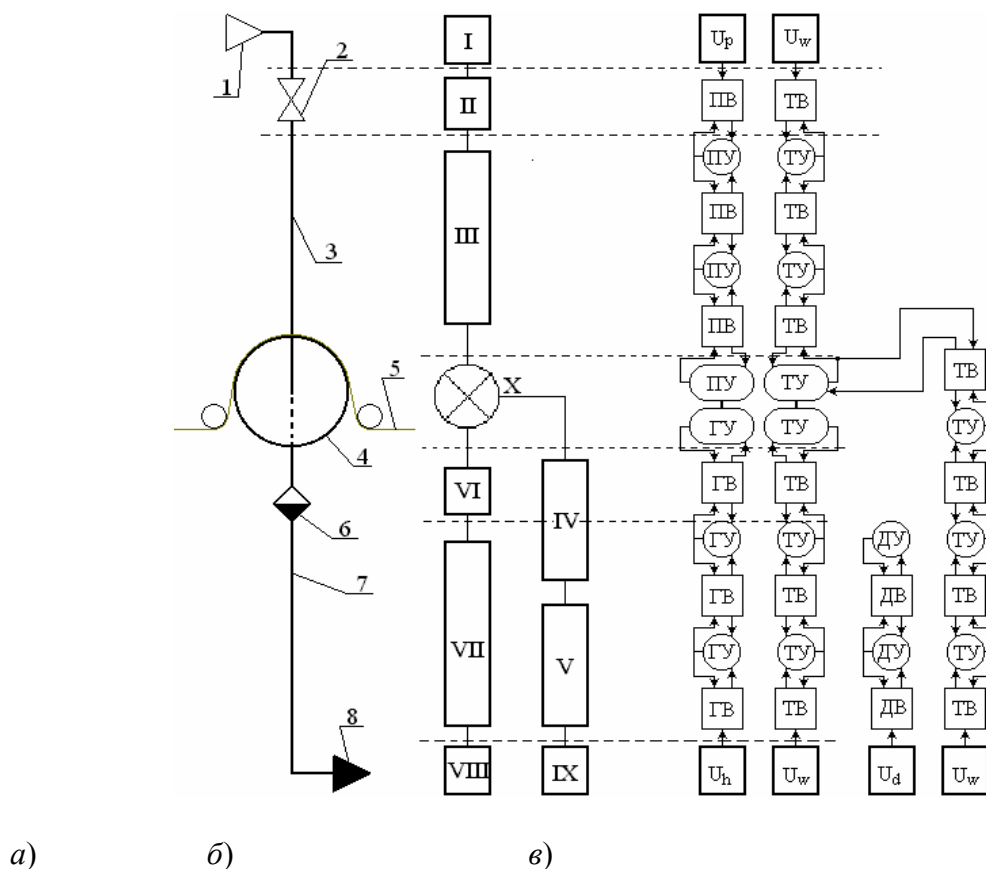


Рис. Модели пароконденсатной системы установки контактной тепловой обработки: физическая (а), термодинамическая (б), электрическая (в)

1 – отбор пара из коллектора; 2 – регулирующий орган; 3 – паропровод; 4 – теплопередающее устройство (цилиндр); 5 – элемент конечного теплового воздействия; 6 – конденсатоотводчик; 7 – конденсаторпровод;

8 – приемник конденсата (конденсатный коллектор)

Синтез таких цепей производится на основе анализа физической модели исследуемой установки (рис., а). Ее типовая конструкция включает систему переноса пара от источника до теплопередающего устройства (1-3), систему переноса конденсата от теплопередающего устройства к приемнику (6-8), теплопередающее устройство (4), элемент конечного теплового воздействия (5).

Определяя природу всех физических процессов, происходящих внутри системы, их взаимосвязь между собой, и переходя к понятию цепей можно синтезировать термодинамическую модель исследуемого объекта (рис, б).

Физический процесс переноса теплоты от источника теплового напряжения к теплопередающему устройству отображается на этой схеме в виде реальной пневматической цепи (III). Отвод неиспользованной части тепловой субстанции с потоком жидкости (конденсата) обозначается гидравлической цепью (VII).

Оставшаяся часть тепловой субстанции, передаваемая стенке греющего оборудования и распространяющаяся в ней отображается в виде тепловой цепи (IV).

Теплота переданная конечному элементу (гигроскопичному ленточному материалу) вызывает в нем возникновение диффузионного процесса, который указывается на схеме реальной диффузионной цепью (V).

Полный набор цепей, отображающих совокупность физических процессов, включает (рис., в): реальную пневматическую цепь – перенос пара от источника до потребителя; реальную гидравлическую цепь – перенос конденсата от места образования до сборника; тепловую цепь – перенос теплоты в теплопередающем устройстве; реальную диффузную цепь – перенос теплоты и влаги в материале.

Уравнения основных узлов, входящие в состав общей математической модели составляются на основе применения законов Ома и Кирхгофа:

УЗЕЛ I
$$U_p = U_{p0} - I_p R_{p_{ст}},$$

I
$$U_{wp} = U_{wp0} - I_{wp} R_{wp_{ст}};$$

УЗЕЛ II
$$I_{p1} = I_{p2} = (U_{p1} - U_{p2} + \Delta U_p),$$

II
$$I_{w1} = (U_{w1} - U_{w2}) G_{w_{ст}} + J_{w1} + J_{w_{дис1}};$$

$$I_{w2} = (U_{w1} - U_{w2}) G_{w_{ст}} + J_{w_{дис2}} + J_{w_d}$$

УЗЕЛ III-1
$$I_{p1} = -I_{p2} = (U_{p2} - U_{p1} - \Delta U_{p1} + \Delta U_{p2} - L_{p_{ст}} DI_{p1} / DT) G_{p_{ст}},$$

III-1
$$I_{w1} = J_{w1} - J_w + J_{w_{д11}} + J_{w_{д12}} - I_w,$$

$$I_{w2} = J_{w2} + J_w + J_{w_{д22}} + J_{w_{д21}} + I_w,$$

$$I_w = (U_{w1} - U_{w2}) G_{w_{ст}};$$

УЗЕЛ IV-1
$$I_{w1} = J_{w_{дис1}} - I_w,$$

IV-1
$$I_{w2} = J_{w_{дис2}} + I_w,$$

$$I_w = (U_{w1} - U_{w2}) G_{w_{ст}};$$

УЗЕЛ IV-2
$$U_w(T) = W_{w_{ст}} \sum_{j=1}^N I_{w_j}(T) DT;$$

УЗЕЛ V
$$I_{D1} = -I_{D2} = (U_{D2} - U_{D1}) G_{D_{ст}},$$

V
$$I_{w1} = J_{w_{дисD1}} + J_{w_{дис1}} - J_w - I_w,$$

$$I_{w2} = J_{w_{дисD2}} + J_{w_{дис2}} + J_w + I_w,$$

$$I_w = (U_{w1} - U_{w2}) G_{w_{ст}};$$

УЗЕЛ IX
$$U_D(T) = W_{D_{ст}} \sum_{j=1}^N I_{D_j}(T) DT,$$

$$U_w(T) = W_{w_{ст}} \sum_{j=1}^N I_{w_j}(T) DT.$$

Параметры ($G_{ст}$, $W_{ст}$, $L_{ст}$), входящие в вышеназванные модели, в свою очередь, зависят от входных и выходных переменных цепи. Математические зависимости, определяющие их связь, выражаются через модели так называемых физико-технических эффектов (ФТЭ). Также с помощью моделей ФТЭ отображаются связи между переменными различных цепей (например, пассивный перенос теплоты паром).

Организация вычисления с использованием вышеприведенных математических моделей сводится к их соединению при помощи специального алгоритма.

Информационную базу настоящей задачи составляют: конструктивные и теплофизические характеристики оборудования, теплофизические характеристики нагреваемого материала, характеристики энергоносителей и параметры режима работы тепловой установки.

Его реализация применительно к конструкции подогревающего цилиндра гофролинии позволила сформировать область изменения расхода пара в зависимости от основных режимных параметров работы тепловой установки: скорости и давления пара.

Таким образом, применение ЭИ-метода для моделирования тепловых объектов линий по производству гофрокартона позволило создать математическую модель, которая с одной стороны учитывает взаимосвязь всех физических процессов, происходящих в ней, а с другой - позволяет исследовать изменение целевого параметра в любых сочетаниях входных воздействий.

**ТЕПЛООБМЕН ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ
ПОДВИЖНОЙ НАГРУЖЕННОЙ ПЛАСТИНОЙ**

Процессы плавления широко распространены, и один из способов плавления твердой фазы реализуется в виде греющей плиты, нагруженной постоянной по величине внешней силой. Анализ литературных источников показал, что в большинстве решений данной задачи делаются допущения, дающие существенные погрешности. В связи с этим была предпринята попытка создания модели, в которой наиболее полно отражены реальные процессы, протекающие в зазоре между твердой фазой и греющей плитой.

На границе твердой и жидкой фаз и плиты приняты граничные условия третьего рода. Движение расплава в зазоре определяется величиной внешней фиксированной силы с учетом переменной величины живого сечения зазора, обусловленной изменением массового расхода расплава, переменной скоростью, а также изменением коэффициента теплоотдачи по пути движения расплава. Анализ показал, что температура расплава в зазоре близка к температуре фазового перехода, что позволило ввести допущение о постоянстве физических свойств расплава.

В основу решения положены уравнения движения, неразрывности, переноса теплоты с условиями Стефана на границе раздела фаз. В результате исследования получены зависимости для величины зазора по направлению движения расплава, поля давления и скорости, зависимости для массового расхода. В результате было получено критериальное уравнение для расчета коэффициента теплоотдачи, имеющее вид

$$Nu = 215(Eu Re^2)^{0,25} \varepsilon_t \varepsilon_\varphi, \quad (1)$$

где ε_t – поправка на температурный напор; ε_φ – поправка на угол наклона пластины, при горизонтальном расположении пластины $\varepsilon_\varphi = 1$.

За определяющий размер принята длина пластины в направлении движения расплава. Так, для симметричной задачи плавления горизонтальной плитой этот размер будет численно равен половине длины пластины. Определяющая температура принята как среднее значение температуры греющей пластины и температуры плавления.

Уравнение получено для изменения определяющего комплекса в диапазоне $Eu \cdot Re^2 = 400 \dots 2 \cdot 10^8$.

В результате обработки полученных зависимостей получено следующее уравнение для расчета поправки на температурный напор:

$$\varepsilon_t = 1 - 1,43 \cdot 10^{-4} \theta \cdot \bar{L}^{-0,78}, \quad (2)$$

где θ – относительный температурный напор, рассчитывается по формуле

$$\theta = \frac{t_0 - t_s}{t_s}. \quad (3)$$

Увеличение угла наклона плиты до вертикального приводит к искривлению линий тока, что обусловило изменение коэффициента теплоотдачи. В результате обработки полученных результатов предложена формула для расчета поправки, учитывающей угол наклона пластины,

$$\varepsilon_\varphi = \left(\left(1 + 0,106(Eu Fr)^{-0,56} \right) \sin \varphi^{0,29 e^{-E-0,00003 P}} \right)^{-3/4}. \quad (4)$$

Для наклонной плиты характерно изменение влияния давления. В зависимости от граничных условий по периметру плиты, избыточное давление в зазоре может уменьшаться до вакуумного включительно. Как показали исследования, данное явление приводит к возникновению неустойчивого режима течения пленка расплава в зазоре, приводящего к росту термического сопротивления.

Д.В. Якунин

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт электрификации сельского хозяйства (Москва)

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНО- ТОПЛИВНОГО КОРМОВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны преобладают небольшие фермерские и личные подсобные хозяйства. Основная часть этих хозяйств занята животноводством.

Одной из основных проблем встающих перед фермером является крайне низкая степень механизации технологических процессов, вызванная, с одной стороны, отсутствием на рынке животноводческого оборудования ориентированного на удовлетворение потребностей небольшого личного подсобного хозяйства, а с другой стороны – отсутствием достаточных денежных средств для его приобретения.

Динамичному развитию хозяйств мешает крайне низкая энергоемкость производства, которая в три раза выше, чем у сельских товаропроизводителей развитых стран.

В сложившихся условиях на первый план выходит использование современных энерго- и ресурсосберегающих технологий, и энергии возобновляемых источников.

Однако при использовании солнечной энергии возникает трудность с обеспечением постоянства энергоснабжения, по этой причине наиболее удобными оказываются комбинированные системы, в которых наряду с использованием энергии Солнца имеется резервный источник тепла.

Проводится работа по созданию кормоварочного котла с солнечно-топливной системой теплоснабжения.

Данный кормоварочный аппарат, в зависимости от потребностей конкретного хозяйства может оснащаться, в качестве резервного источника теплоснабжения, огневой топкой работающей на твердом топливе или газе, электроэнергии, либо любой их комбинацией. Конструкция котла обеспечивает возможность перехода с одного энергоносителя на другой.

При падении на поверхность солнечного коллектора солнечного излучения часть его поглощается солнечным коллектором и переходит во внутреннюю энергию находящегося в его трубах теплоносителя. При циркуляции теплоносителя в рубашке аппарата теплота передается через стенки варочной емкости находящемуся в ней приготавливаемому продукту.

С течением времени температура теплоносителя и содержимого варочной емкости выходит на постоянный уровень при этом количество теплоты, поступающее в солнечный коллектор, становится равной суммарным потерям теплоты. Если достигнутая температура приготавливаемого продукта является недостаточной, то возникает необходимость в использовании резервного источника тепла.

Одним из наименее дорогих и, кроме того, широко распространенным энергоносителем является твердое топливо. По этой причине за основной резервный источник тепла взята топка для сжигания твердого топлива (уголь, дрова).

При сгорании топлива в топке аппарата энергия топлива переходит во внутреннюю энергию горячих дымовых газов. Которые, поднимаясь в теплообменник топки, передают часть ее воде находящейся в паровой рубашке котла, что приводит к закипанию воды в рубашке. Пар, конденсируясь на стенках варочной емкости, разогревает находящийся в ней продукт.

Таким образом, предлагаемый варочный котел обеспечивает экономию электроэнергии, повышает надежность энергообеспечения за счет использования солнечного коллектора и альтернативного источника тепла, а также экономию ресурсов и упрощение конструкции за счет отказа от сложной, дорогостоящей терморегулирующей аппаратуры.

О.А. Белоусов, Д.Ю. Муромцев

Тамбовский государственный технический университет

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОКАМЕРНЫМИ ПЕЧАМИ

Одним из направлений повышения эффективности систем управления является создание систем мониторинга и управления с удаленным доступом. Особую остроту и актуальность, данная проблема приобретает для отраслей, определяющих стратегическое направление развития промышленности (предприятия электронного профиля, машиностроительные и др.). Большинство применяемых на этих предприятиях электрических печей не соответствуют современным требованиям морально и физически устарели, процесс термообработки в них связан с большими затратами энергии, не удовлетворяет требованиям точности. Это не позволяет многим предприятиям сертифицировать свою продукцию из-за ее низкого качества.

Основным сдерживающим фактором разработки и внедрения высокоточных энергосберегающих автоматических систем управления является отсутствие алгоритмического обеспечения для дешевых микропроцессорных устройств, позволяющего в реальном времени решать сложные задачи оптимального управления широким классом динамических объектов при их функционировании в различных ситуациях. Исследования показывают, что при оптимальном управлении тепловыми аппаратами с использованием моделей, адекватных реальным процессам, затраты энергии в динамических режимах снижаются на 15 ... 30 %.

Одной из основных причин увеличения погрешностей моделей динамики тепловых аппаратов является непостоянство теплофизических свойств (влияние температуры, старение и т.п.) защитных покрытий и обрабатываемых изделий. Кроме того, особенностями функционирования печи как объекта управления являются: режим работы печи имеет циклический характер, продолжительность включенного состояния изменяется в зависимости от плановых заданий, эпизодически происходит замена обрабатываемого материала, (при замене материала дверцу печи открывают и температура в камере уменьшается), объем загружаемого материала изменяется, продолжительность состояния с открытой дверцей различная, в зависимости от вида загружаемого материала может изменяться задаваемое значение температуры, основные затраты энергии связаны с начальным разогревом печи и догревом до требуемой температуры после открывания дверцы. Применяемые на практике системы управления не учитывают рассмотренных особенностей функционирования печи, поэтому актуальной задачей является разработка интеллектуальных систем, которые способны постоянно отслеживать модели динамики и выбирать оптимальные режимы в любых встречающихся на практике состояниях функционирования.

Значительной экономии средств можно достичь используя системы мониторинга теплофизических свойств и энергосберегающего управления с удаленным доступом.

Аппаратной основой такой системы является микропроцессорное устройство на базе MiniWebServer (MWS) IPC@CHIP (фирмы – BECK IPC GmbH). Эти чипы спроектированы для коммуникаций, автоматизации офиса, массового хранения, сбора данных, преобразования протоколов, мониторинга процессов и связи через Ethernet. Структура данной системы включает MWS, одноплатное микропроцессорное устройство Zila 100, цифровой регулятор, управляемый командами от MWS. MWS обеспечивает управление тиристорными регуляторами мощности при этом включение тиристоров происходит в нулях синусоиды питающего напряжения.

В состав программного обеспечения MWS входят: операционная система реального времени (RTOS), способная выполнять несколько обычных DOS-приложений, полный стек протоколов TCP/IP и интерфейсы для взаимодействия UDP и TCP разъемов, DHSP-клиент, FTP-сервер, WEB-сервер (http), с возможностью использования CGI и API ввода/вывода, PPP-сервер, time-клиент, email-клиент, telnet-сервер.

Для управления печами используется усовершенствованный алгоритм, в котором сочетаются методы синтезирующих переменных и нечеткой логики. Предусмотрен режим адаптации с автоматическим подбором параметров модели и функции принадлежности, которые по окончании режима адаптации записываются в память контроллера автоматически, но с возможностью их корректировки при необходимости. Имеется возможность объединения данной программно-аппаратной платформы в промышленную сеть или в сеть Internet, что позволит передавать данные о работе группы печей или участка термообработки на единую рабочую станцию, с возможностью не только постоянного визуального контроля и накопления данных, но и изменения или корректировки процесса термообработки. Мониторинг теплофизических свойств термоизоляции печи, а, следовательно, износа футеровки, позволяет своевременно производить ремонт оборудования и обеспечить требуемое качество продукции.

Разработанная система обеспечивает регистрацию температуры внутри камеры и с наружи печи, решает задачи мониторинга теплофизических свойств, идентификации модели динамики и синтеза в реальном времени энергосберегающих управляющих воздействий. Данные представляются в цифровом и графическом виде. Для работы с системой пользователю необходим веб-браузер с поддержкой Java. Система универсальна, может использоваться с любым типом камерных печей. Она удобна в эксплуатации, надежна, ремонтнопригодна, адаптирована к жестким условиям производств термообработки различных изделий, имеет высокую помехозащищенность, что избавляет от установки фильтров в питающих сетях. В системе предусмотрено бесперебойное питание, она продолжает выполнение заданного процесса термообработки после отключения электроснабжения начиная с фактической температуры, до которой остыла печь за время отключения.

А.М. Воробьев, В.М. Дмитриев, Г.С. Кормильцин, В.А. Воробьев

Тамбовский государственный технический университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ СУСПЕНЗИЙ И ПАСТ

Интенсификация процессов сушки суспензий и паст предполагает использование аппаратов с активными гидродинамическими режимами. Нами исследован цилиндрический аппарат [1] с закрученным двухфазным потоком (воздух – инертный носитель).

Исследования показали [2], что производительность этого аппарата по испаряемой влаге значительно превышает производительность сушилки с фонтанирующим слоем инертного носителя при меньшем гидравлическом сопротивлении. Интенсификация тепло- и массообмена в закрученном потоке объясняется значительным увеличением относительной скорости движения фаз, кроме того, центробежная сила закрученного потока, отбрасывая твердые частицы к стенке аппарата обеспечивает более частое соударение их, и, как следствие, измельчение высушиваемого материала и увеличение межфазной поверхности.

Исследования гидродинамики аппарата, описанного в работах [1, 2] показали также, что закрутка двухфазного потока быстро «вырождается», и применение его для сушки веществ с большой адгезией сопряжено с большими трудностями. Поэтому предлагается для таких материалов использовать разработанную нами сушилку, описанную в работе [3]. Для исключения налипания высушиваемого продукта в конической части аппарата установлены вставки, которые делят сушильный агент на два потока: центральный и пристеночный. Последний и обеспечивает работу сушилки без налипания влажного материала на стенку аппарата.

С целью расширения диапазона применения сушилок, учитывающих различные физико-химические свойства исходных влажных материалов, нами была разработана сушилка для обезвоживания суспензий и паст, требующих равномерного распределения на поверхности частиц инерта [4] и исключения агрегирования инерта. Это достигается тем, что сушилка имеет биконический корпус, к которому соосно размещена также коническая перфорированная вставка, обеспечивающая циркуляционные интенсивные потоки как в верхнем, так и в нижнем конических зазорах.

Работа рассмотренных выше конструкций была исследована на лабораторных установках при сушке лизина, отрубей, биомассы. В качестве инерта использовалась фторопластовая крошка.

Следует отметить, что разработанные конструкции не имеют подвижных и вращающихся узлов, и это повышает их эксплуатационные показатели.

Список литературы

- А.с. 1295172 СССР, МКИ F26B 17/10. Сушилка / С.П. Рудобашта и др. // БИ. 1987. № 9.
- ▣ Рудобашта С.П. и др. Исследование аппарата с модифицированным псевдооживленным слоем инертного материала / С.П. Рудобашта и др. // Известия вузов. «Химия и химическая технология». Иваново, 1988. № 12. С. 121.
- ◀ А.с. 1666898 СССР, МКИ F26B 17/10. Сушилка для пастообразных материалов / В.М. Дмитриев и др. // БИ. 1989. № 28.
- ▶ А.с. 1778478 СССР, МКИ F26B 17/10. Сушилка для суспензий и пастообразных материалов / С.П. Рудобашта и др. // БИ. 1992. № 44.

Ю.В. Воробьев, А.Д. Ковергин

Тамбовский государственный технический университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ БАРАБАННОГО ТИПА ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОЧИСТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Подготовка сырья к основным технологическим процессам в сельскохозяйственных и пищевых производствах требует значительных расходов воды и других материально-технических средств. Эти расходы связаны с наличием загрязненности сырья после уборки с поля. Например, в центральных районах России загрязненность корнеклубнеплодов после уборки с поля машинным способом составляет 8 ... 16 %. Нарушение экологии и затраты при подготовки сырья значительно снижаются за счет использования первичной безжидкостной очистки сырья в загрузочных устройствах. В основу методов проектирования этих устройств были приняты и использованы соотношения [1] для процессов изнашивания поверхностей тел в условиях фрикционного взаимодействия.

Базовую формулу для массопередачи в условиях фрикционного взаимодействия представим в виде

$$N = \left(\frac{\sigma_b}{k \tau} \right)^t, \quad (1)$$

где N – число фрикционных взаимодействий, приводящих к отделению постороннего поверхностного слоя от одного среднестатистического пищевого продукта; σ_b – предел прочности для материала пищевого продукта, МПа; τ – поверхностные касательные напряжения в зоне фрикционного взаимодействия, МПа; k – постоянная; t – показатель степени.

Величины σ_b и τ определяются экспериментально с использованием справочных данных и формулы Г. Герца. Эти величины имеют условно мгновенное значение, из-за малой продолжительности взаимодействия продуктов между собой и с рабочими органами. Нагрузка ограничивается из условия сохранения показателей качества для обработанных объектов. По известной [2] допустимой высоте сбрасывания и складирования для продуктов определяются соответственно предельные динамические и статические нагрузки. Экспериментальная оценка механических свойств для продуктов [1, 3] осуществляется с использованием импульсных трибометров МИТ-1 или МИТ-2, а также тангезиометра ОТ-1.

Показатель степени t в формуле (1) определяется экспериментально и в известных [1] случаях изменяется от 2 до 12. Для приближенных расчетов можно рекомендовать выбор из диапазона $t = 3 \dots 6$.

Число взаимодействий N в формуле (1) определяется по предлагаемой эмпирической зависимости:

$$N = C_k n_6 Z, \quad (2)$$

где Z – время пребывания среднестатистического продукта в устройстве для очистки барабанного типа, мин; n_6 – число оборотов в минуту барабана, мин^{-1} ; C_k – число взаимодействий среднестатистического продукта за один оборот барабана.

Величина C_k с соответствующей вероятностью взаимодействия можно оценить по формуле

$$C_k = \frac{D_b}{d_n \cdot 360^\circ} [C_1 \pi \varphi + C_2 (360^\circ - \varphi)],$$

где $C_1 = 2 \dots 4$ – среднестатистическое число воздействий на продукт при нахождении его в нижнем (периферийном) слое рабочего объема; $C_2 = 6 \dots 16$ – среднестатистическое число воздействий на продукт при нахождении его в верхних слоях рабочего объема; D_6 – диаметр барабана, м; d_n – диаметр продукта, м; φ – угол, охватывающий сегмент круга, в котором располагается среднестатистическое сечение для рабочего объема продуктов, град.

Величина угла φ определяется из зависимости

$$\psi = \frac{\varphi}{360^\circ} - \frac{\sin \varphi}{8\pi},$$

где $\psi = 0,15 \dots 0,3$ – коэффициент заполнения поперечного сечения барабана продуктами.

Формула (2) справедлива для пищевых продуктов, форма которых близка к форме шара.

Разработанная математическая модель для проектирования первичных массоотделяющих устройств также учитывает:

- а) шероховатость взаимодействующих поверхностей;
- б) упругопластические свойства пищевых продуктов;
- в) нестационарность изменения силовых воздействий в зоне касания тел;
- г) интенсивность тепловых и массовых потоков при фрикционном взаимодействии.

Анализ полученных зависимостей и эксплуатационные испытания этих устройств позволяют сделать следующие выводы:

- 1) разработанная математическая модель необходима на этапе проектирования всего технологического комплекса;
- 2) первоначальную и последующие очистки пищевых продуктов необходимо проводить в отдельных устройствах;
- 3) отбор и возврат отходов производится с наименьшими затратами при сохранении экологии окружающей среды;
- 4) взаимодействие пищевых продуктов с более жесткими телами ускоряет очистку, но увеличивает вероятность их повреждения;
- 5) рабочие органы устройства должны иметь геометрическую форму, близкую к форме пищевого продукта;
- 6) возможен расчет интенсивности износа для рабочих органов в устройстве, что позволяет определить сроки их отказов, технических обслуживаний и ремонтов.

Список литературы

- Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. М.: Машиностроение, 1977. 528 с.
- ▣ Подъемно-транспортные машины / В.В. Красников, В.Ф. Дубинин, В.Ф. Акимов и др. М.: Агропромиздат, 1987. 272 с.
- ◀ Рогов И.А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов, А.В. Горбатов. М.: Пищевая промышленность, 1974. 584 с.

Т.В. Гладышева, Н.Ф. Гладышев, Н.В. Кокорева, Н.Н. Жукова

Федеральное Государственное унитарное предприятие

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛАЖНОСТИ ИЗВЕСТКОВОГО ХИМИЧЕСКОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ КИСЛЫХ ГАЗОВ (СВЧ-СУШКА)

В настоящее время актуальным является интенсификация как технологических процессов, стадий получения химических веществ и материалов, так и методов контроля целевых продуктов. Применение в практике аналитических методов с использованием микроволнового излучения взамен традиционного теплового нагрева позволит в несколько раз сократить продолжительность анализов, расход реактивов, потребление энергии, снизить трудозатраты.

Разработан экспресс-метод оценки влажности химического известкового поглотителя кислых газов, оптимизированы следующие параметры проведения анализа: масса, высота слоя, форма (гранулы, порошок) образца, время дегидратации, мощность излучения генератора. Расчетные значения энергии активации воды отвечают справочным данным. Результаты анализов хорошо воспроизводимы и согласуются с традиционным методом.

Применение СВЧ-излучения позволило сократить время проведения анализа с 2,5 ч (при 200 °С) до 10 мин (при температуре не выше 100 °С).

Т.В. Гладышева, Н.Ф. Гладышев, Э.И. Симаненков

Р.В. Дорохов*

Федеральное Государственное унитарное предприятие
«Тамбовский научно-исследовательский химический институт»
*Тамбовский государственный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-СУШКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АРМИРОВАННЫХ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ

В условиях микроволнового воздействия в материале возникают объемные источники тепла, созданные поглощением энергии микроволновых полей.

Этот принцип использован нами в синтезе кислородосодержащих веществ, поскольку в этом случае увеличивается скорость удаления паров воды при более низких температурах развиваемых внутри слоя продукта, что значительно снижает вероятность протекания обратной реакции (взаимодействие паров воды с целевым продуктом синтеза) в сравнении со способом получения в вакууме или при атмосферном давлении (температура сушки – 120 ... 180 °С).

Для лабораторных исследований использовали камеру с генератором высокочастотного излучения с рабочей частотой 2450 МГц, выходной мощностью 100/850 Вт. Для эвакуации паров воды в камере создавали поток воздуха с $T_p \square - 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

По результатам исследований установлено, что метод СВЧ - сушки приводит к повышению производительности по времени по сравнению, например, с традиционным методом теплового нагрева в вакууме в 30 раз, а также уменьшению энергозатрат примерно на 70 % при сохранении качества продукта.

На основании полученных данных целесообразно продолжить поиск по оптимизации технологических параметров сушки для разработки промышленной технологии.

***В.М. Дмитриев, В.М. Нечаев, Ю.А. Тепляков,
А.Н. Щербатенко***

Тамбовский государственный технический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИИ ВЛАГИ В ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

Производство и переработка зернистых материалов в значительном количестве случаев неразрывно связаны с удалением как внешней, так и внутренней влаги. В условиях острого дефицита энергетических ресурсов с учетом значительного времени процесса удаления влаги эффективность технологических процессов и аппаратов для их проведения оценивается с применением систем автоматизированного проектирования, позволяющих сравнивать варианты решения.

Исследования значительной группы гранулированных материалов выявили существенную зависимость коэффициентов диффузии влаги от температуры и концентрации распределенного компонента и доказали необходимость их дифференцированного учета при проведении расчетов массообменных аппаратов.

Проведенный анализ ошибок при расчете процессов массопереноса в гранулированных полимерных материалах показал, что для существенного повышения точности необходимо учитывать реальную полидисперсность материала, как при проведении кинетических расчетов, так и непосредственно при определении диффузионных свойств материалов.

Для оперативного управления и выбора оптимального режима работы сушильных аппаратов в условиях многоассортиментного производства предложен зональный метод определения зависимости эффективного коэффициента диффузии для полидисперсных материалов и создана АСНИ, позволяющая получать необходимые сведения о характере и изменении диффузионных характеристик конкретных зернистых материалов с определенной полидисперсностью.

Г.И. Ефремов, Т.Ю. Журавлева, Н.Е. Нефедова

Московский государственный открытый университет

КВАЗИСТАЦИОНАРНАЯ КИНЕТИКА РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Рассмотрено применение модифицированного квазистационарного метода для описания экспериментальных данных по кинетике работы химического теплового насоса. Полученные кинетические зависимости позволяют прогнозировать работу химического теплового насоса и рассчитывать текущие значения его параметров.

Интенсивный путь развития всех отраслей хозяйствования требует значительных объемов использования топлива и электроэнергии. В связи с ограниченными запасами топлива, важным является вопрос его экономии и экономичного использования тепла. Система более полного использования теплоты топлива включает как двигатель или генератор электроэнергии, так и тепловой насос для производства электричества и тепла, соответственно. Высоко температурный выхлопной газ дизельного или газового двигателя обычно используется, чтобы получить пар в котле утилизаторе. Однако, так как спрос на электроэнергию непостоянен по времени, то и связанное с ним избыточное тепло часто постоянно не используется и избыток выбрасывается в атмосферу. Это тепло может также использоваться для процесса сушки (сушильная установка с тепловым насосом).

В качестве теплового насоса перспективно использование химического теплового насоса (ХТН). ХТН использует новый вид преобразования тепловой энергии. Тепловая работа ХТН зависит от вида химической реакции, используемой в нем. Реакции в системе с твердой фазой очень перспективны для преобразования теплоты из-за высокого концентрирования тепла и возможности сохранения энергии, обратимости химической реакции, отсутствия других побочных реакций, и малой работы, необходимой для выделения исходного реагента.

Оксид магния, рассматриваемая в данной работе как реагент, также пригодна для ХТН, как один из недорогих неорганических окислов. Такой ХТН дает возможность хранить и преобразовать тепловую энергию, используя как гидратацию окиси магния (MgO), так и обезвоживание гидроокиси магния ($Mg(OH)_2$). Система ХТН конструируется так, чтобы выдержать эти повторные реакции для консервации и преобразования тепла.

В данной работе были обработаны литературные опытные данные по кинетике ХТН с окисью магния модифицированным квазистационарным методом (МКМ). Этот метод был использован нами ранее для описания кинетики сушки, полимеризации и других процессов. Опытный реактор MgO был установлен в реакционной камере ХТН и был сделан из нержавеющей стали. Он имел внутренний диаметр 48 мм и высоту 50 мм. В реактор загружали 52 г реагента Mg(OH)₂. Температура замерялась термометрами.

Прореагировавшая мольная доля (фракция) MgO сравнивалась с начальной взвешиванием. Прореагировавшая мольная доля за время 120 минут составила $\Delta x_{120} = 0.73$, что близко к равновесному значению.

Уравнение кинетики по МКМ в этом случае имеет вид

$$\Delta x = \frac{\Delta x_{120}}{1 + 1,406 \left(\frac{\sigma}{\tau} \right)^{0.55n}},$$

где характеристическое время $\tau = 5,75$ мин, а индекс гидродинамической активности $n = 1,7$.

Преимущества ХТН – это то, что он исчерпывает или добавляет теплоту, произведенную в процессе когенерации, так как она может быть запасена тепловым насосом, материалы – реагенты абсолютно безопасны, экономичны, не загрязняют окружающую среду и возможно долговременное сохранение теплоты по сравнению с обычными способами.

Г.И. Ефремов, А.В. Милованов

Московский государственный текстильный университет
им. А.Н. Косыгина

МОДЕЛИ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА (ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ ЗАДАЧИ)

Предложены математические модели для описания кинетики процессов тепломассообмена с твердой фазой различных материалов (сушка, адсорбция и др.) применяемых в химической, текстильной, легкой и других отраслях промышленности в условиях лимитирования внешней и внутренней задач. Модели применимы как для гигроскопичных, так и не гигроскопичных капиллярно-пористых и непористых материалов.

Для процессов тепломассообмена, когда лимитирует внешняя диффузия, при решении уравнения диффузии получено обобщенное уравнение

$$K = \frac{w - w^*}{N_0 s} = \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(E) - E}{1 - \exp(-E_0^2)}, \quad (1)$$

где E – безразмерное, с обратным отсчетом от состояния равновесия время процесса; N_0 – начальная скорость процесса.

Для процессов тепломассообмена, когда лимитирует внутренняя диффузия, при решении уравнения диффузии получен другой вид уравнения кинетики

$$\frac{w - w^*}{w_0 - w^*} = \exp\left[\frac{Z^n}{\pi}\right] \cdot \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{Z^n}{\pi}}\right), \quad (2)$$

здесь Z – безразмерное время процесса с прямым отсчетом.

Особенность расчета по уравнению (2) состоит в том, что оно претерпевает разрыв при больших значениях Z . В этой области рекомендуется стыковка с двухчленным разложением функции (2) в асимптотический ряд по уравнению

$$\frac{w - w^*}{w_0 - w^*} = Z^{-n/2} - \frac{\pi}{2} Z^{-3n/2}. \quad (3)$$

Для кинетики процессов тепломассообмена, описываемых внутренней задачей диффузии предложено также простое уравнение, полученное на основе модифицированного квазистационарного метода

$$\frac{w - w^*}{w_0 - w^*} = \frac{1}{1 + Z^n}. \quad (4)$$

Уравнение (4) дает единую расчетную кривую кинетики, для которой необходимость в стыковке отпадает.

Рассмотренные уравнения с высокой точностью описывают кинетику процессов сушки, увлажнения, промывки, пропитки и крашения (процессы сорбции и десорбции) различных плоских материалов: тканей, волокон, кожи, бумаги и другие, а также кинетику отделки различных объемных материалов в куличах, на бобинах, в толстом слое, включая и сыпучие материалы, например, волокнообразующие полимеры. Рассмотренные модели применены также для процессов модификации химических волокон.

Полученные уравнения дают возможность определить все параметры кинетики: концентрацию, время, скорость и ускорение процесса, изменение температуры, а также выполнить расчет эффективного коэффициента диффузии и его изменение во времени процесса тепломассообмена.

Выполнены расчеты и построены соответствующие графики для ряда процессов тепломассообмена при обработке сыпучих и волокнистых материалов на основании литературных экспериментальных данных и опытных данных, полученными авторами. Получено хорошее согласование расчетов с опытными данными.

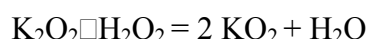
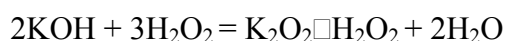
Д.В. Жданов, М.А. Ульянова, Ю.А. Ферапонтов

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Тамбовский научно-исследовательский химический институт»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СУПЕРОКСИДА КАЛИЯ В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

Для расчета процесса получения супероксида калия в распылительной сушилке построена обобщенная математическая модель процессов переноса количества движения, тепла и массы в дисперсных газожидкостных потоках.

Физико-химическая сущность рассматриваемого процесса заключается в диспергировании щелочного раствора пероксида водорода с его последующей кристаллизацией и образованием KO_2 по уравнениям реакций



в условиях осушки горячим воздухом, предварительно очищенным от паров CO_2 и H_2O .

При описании процесса использованы традиционные уравнения движения, тепло- и влагообмена одиночной капли, уравнения сохранения количества движения, тепла и массы для дисперсной системы в целом, а также эмпирические зависимости, полученные нами при проведении экспериментальных исследований.

Факел распыла, ограниченный стенками камеры разбит на две зоны. Первая зона начинается от среза сопла и заканчивается, когда скорость сушильного газа по периферии от факела становится равной нулю. Эта зона характеризуется эжекцией сушильного газа в полость факела. Вторая зона характеризуется циркуляцией части парогазовой смеси в полости факела, причем пространство вне факела формально не рассматривается. Особенности течения газожидкостного потока в указанных зонах потребовали отдельной записи систем ДУ для каждой из них.

Реальный полидисперсный поток капель представлен в виде совокупности N струек, каждая из которых характеризуется своим средним объемно-поверхностным начальным диаметром. Такой подход позволил значительно упростить анализ процессов в полидисперсной системе, не прибегая к грубому осреднению ее параметров.

Проверка адекватности математической модели показала, что максимальное рассогласование расчетных и экспериментальных значений не превышает 17 %.

Результаты расчета промышленной прямооточной распылительной сушилки производительностью 13,3 кг/ч по супероксиду калия представлены на рис. При этом входные конструктивные и режимные параметры процесса принимают значения: расход раствора на входе в форсунку $G_{p0} = 9,343 \cdot 10^{-3}$ кг/с;

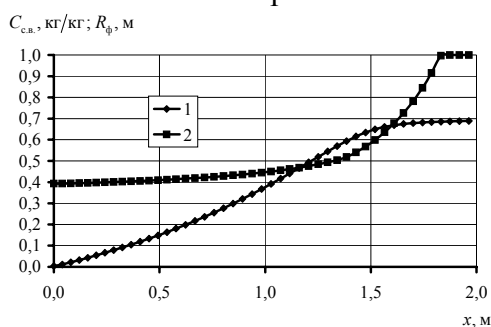


Рис. Расчетные профили по высоте камеры:

1 — радиус факела R_{ϕ} ; 2 — концентрация раствора C_p

температура раствора $T_{p0} = 283$ К и его концентрация $C_{p0} = 0,39$ кг/кг в момент диспергирования; давление $P_{p.r.} = 2,943 \cdot 10^5$ Па и температура $T_{p.r.} = 283$ К распыливающего газа в форсунке; площадь поперечного сечения выходного отверстия форсунки для раствора $f_p = 7,065 \cdot 10^{-6}$ и распыливающего газа $f_{p.r.} = 4,522 \cdot 10^{-6}$; угол раскрытия факела $\alpha = 30^\circ$; число струек $N = 20$; начальное приближение для диаметра распылительной камеры аппарата $D = 1,5$ м; температура сушильного газа $T_{c.r.} = 498$ К; влагосодержание парогазовой смеси на входе $d_{вх} = 0$ кг/кг и выходе $d_{вых} = 0,01$ кг/кг из аппарата.

Как можно видеть из рисунка, максимальный радиус факела составил 0,69 м, а образование супероксида калия заканчивается в поперечном сечении распылительной камеры на расстоянии 1,85 м от среза сопла пневматической форсунки.

В.М. Жилкин, С.А. Илясова

Тамбовский государственный технический университет

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ОБЕЗВОЖИВАНИЮ КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В настоящее время представляют значительный практический интерес исследования, направленные на разработку и внедрение энергосберегающих и экономически эффективных технологий производства. Существующие технологии обезвоживания свежесобраных растительных материалов являются энергоемкими и весьма дорогими. Доля энергетических затрат на обезвоживание доходит до 80 % от общего объема всех производственных затрат. Цель подготовки сырья к обезвоживанию — интенсификация процессов обезвоживания путем изменения внутриклеточных и межклеточных форм связи влаги с материалом. Изменение форм связи влаги с материалом и предварительный механический отжим влаги существенно снижают энергозатраты на последующую сушку.

Процессы влажного фракционирования, осуществляемые путем разделения растительного сырья на жидкую (сок) и волокнистую (жом) фракции, широко применяются в технологиях:

- получения натуральных соков из овощей и фруктов;
- извлечения сахара из свекловичной стружки;
- предварительного обезвоживания при консервации кормов методами силосования и замораживания;
- получения белково-витаминных концентратов;
- подготовки растительного сырья для сушки.

Однако процессы влажного фракционирования, как и процессы сушки, требуют специальной подготовки сырья. Чтобы отжать сок, например, из листа люцерны, требуется пресс с рабочим давлением прессования до 100 кг/см^2 . Такое оборудование дорого и металлоемко. Поэтому в современных энерго-сберегающих технологиях обезвоживания в сельском хозяйстве, пищевой и медицинской промышленности находят применение следующие приемы интенсификации процессов влажного фракционирования:

- измельчение резкой;
- бланширование;
- ударная дезинтеграция материалов;
- химическая обработка;
- радиационная обработка материалов;
- электроплазмолиз.

В настоящее время стали актуальны и требования по управлению качеством процессов интенсификации обезвоживания, повышения уровня их наблюдаемости.

Критерием эффективности подготовки растительного материала к обезвоживанию за счет воздействия различных факторов на живую растительную ткань, изменяющих ее влагоудерживающие свойства, является степень повреждения растительных клеток. При воздействии повреждающих факторов на растительный материал в живой растительной ткани происходят различные физико-химические и биохимические изменения, приводящие к нарушению нормальной функциональной активности клеток. Для количественной оценки степени повреждения растительного материала (СПРМ) известны несколько методов.

Наиболее подходящими методами оценки эффективности подготовки свежесобраных растительных материалов к обезвоживанию являются прямые электрофизические методы измерения жизнеспособности растительной ткани: метод коэффициента поляризации и метод электропроводности. Основой этих методов служит хорошо воспроизводимое явление изменения электрофизических свойств растительной ткани в зависимости от ее жизнеспособности. С уменьшением жизнеспособности, то есть частичным или полным нарушением жизненных функций клеток, увеличивается электропроводность и снижается поляризационная емкость растительной ткани в результате нарушения полупроницаемых свойств мембран и вытекания клеточного сока в межклеточное пространство. Эти процессы объясняют то, что электрофизические свойства растительной ткани достаточно полно характеризует ее состояние как живого биологического объекта.

Известно, что электрическое сопротивление живой ткани имеет комплексный характер. Разными исследователями было предложено несколько электрических эквивалентных схем замещения этой ткани. Однако электрическое сопротивление мертвых биологических объектов имеет чисто активный характер. Эту закономерность предлагается использовать для оценки эффективности процесса предварительной обработки растительных материалов. Для повышения наблюдаемости таких технологических процессов в ГГТУ разрабатываются методы и устройства контроля, основанные на измерениях электрических свойств растительных материалов, в которых имеет место изменение их электрического импеданса при обработке.

В качестве характеристик оперативного контроля СПРМ предлагается использовать такие величины, как электрическое реактивное или полное сопротивления, электрическую емкость или диэлектрическую проницаемость материала. Устройства контроля СПРМ можно представить в виде двух основных блоков: первичного измерительного преобразователя (ПИП) и блока измерителя входного импеданса ПИП с исследуемым материалом.

Проведенный авторами анализ возможных способов реализации таких ПИП позволил сделать вывод, что все приемлемые конструкции представляют собой несколько вариантов контактных двухэлектродных ПИП. На величину импеданса контактного ПИП в простейшем случае оказывают влияние межэлектродная (паразитная) емкость ПИП и составляющие полного сопротивления контролируемого объема растительной ткани.

С целью уменьшения влияния источников погрешностей, связанных с электрохимическими процессами на границе раздела «электрод – живая ткань растительного материала», можно использовать более сложные трех- или четырехэлектродные ПИП. Их применение уменьшает влияние составляющих поляризационного импеданса Варбурга на результаты измерений. Установлено, что ПИП являются основными источниками погрешностей измерительных устройств оперативного контроля СПРМ. Для уменьшения влияния этих источников используются специальные конструктивные и технологические приемы.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМПРЕГНИРОВАНИЯ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ

Процессы импрегнирования абразивных кругов, т.е. заполнение пор специальными веществами, широко применяют для повышения эксплуатационных свойств абразивных инструментов (АИ).

Известно, что при трении металлов в присутствии полимеров, последние существенно ускоряют износ, что используется при интенсификации процессов шлифования, полирования, приработки трущихся поверхностей [1]. Способы импрегнирования корундового абразивного инструмента составами на основе водных дисперсий сополимеров стирола и акрилатов [2,3] включают следующие основные операции: пропитку и сушку. Следует отметить, что операции пропитки и сушки АИ в способах импрегнирования полимерными дисперсиями указанного типа мало изучены, что отрицательно сказывается на производительности процессов, и эксплуатационных свойствах, качестве АИ.

В данной работе представлены результаты исследования операции пропитки абразивных корундовых кругов марок 25А25СМ15К5 ($V_n = 42\%$), 25А25СМ25К5 ($V_n = 40,5\%$), 25А25С15К5 ($V_n = 39\%$), 25А25СТ15К5Б ($V_n = 36\%$) с различной пористостью (V_n) импрегнатором, представляющим собой дисперсию сополимера этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида (40 % масс.) в водной среде. Данная дисперсия выпускается под маркой «Эмукрил М» согласно ТУ 6-36-5800146-264-91 и представляет собой жидкость молочно-белого цвета с плотностью $1,057 \text{ кг/м}^3$ при 20°C .

Серия опытов по насыщению АИ Эмукрилом М показала, что пропитывать можно как под вакуумом, так и при атмосферном давлении. Так, если при однократной пропитке под вакуумом в поры АИ входит в среднем до 18 % масс. импрегнатора, то при пропитке при атмосферном давлении до 16 % масс. импрегнатора. Время пропитки составляет 1–3 мин и зависит от температуры и пористости АИ (рис. 1, 2). Чем выше температура, при которой происходит насыщение образца, тем больше время пропитки. Это объясняется тем, что при повышении температуры растет краевой угол смачивания импрегнатором керамической связки АИ и наблюдается увеличение коэффициента поверхностного натяжения дисперсии. Рост краевого угла смачивания и коэффициента поверхностного натяжения происходит из-за того, что при увеличении температуры дисперсия Эмукрил М начинает терять устойчивость, происходит налипание полимерных частиц на поверхности пор АИ, контактирующие с ними.

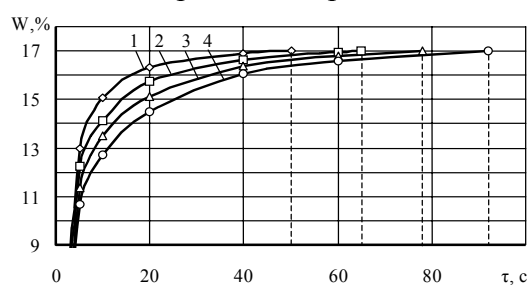


Рис. 1 Зависимость содержания импрегнатора Эмукрил М в порах круга 25А25СМ16КБ от времени пропитки при температурах:

1 – $T = 20^\circ\text{C}$; 2 – $T = 30^\circ\text{C}$; 3 – $T = 40^\circ\text{C}$; 4 – $T = 60^\circ\text{C}$

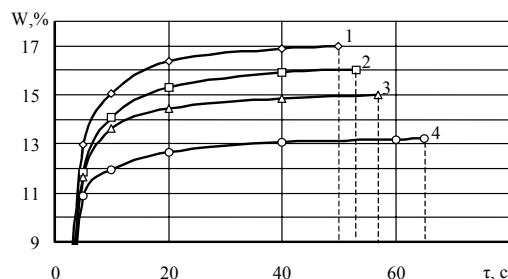


Рис. 2 Зависимость содержания импрегнатора Эмукрил М в порах кругов от пористости и времени пропитки при $T=20^{\circ}\text{C}$:

$$1 - V_{\text{п}} = 42 \% ; 2 - V_{\text{п}} = 40,5 \% ; 3 - V_{\text{п}} = 39 \% ; 4 - V_{\text{п}} = 36 \%$$

Значения времен максимального насыщения АИ в зависимости от пористости и температуры пропитки представлены в таблице.

1 Экспериментальные значения времени достижения максимального насыщения ($\square_{\text{нас,с}}$) АИ импрегнатором Эмукрил М в зависимости от температуры ($T, \square\text{C}$) и пористости ($V_{\text{п}}$)

Температура $T, \square\text{C}$	Время достижения максимального насыщения ($\square_{\text{нас,с}}$) абразивных кругов при различных значениях $V_{\text{п}}$			
	$V_{\text{п}} = 42 \%$	$V_{\text{п}} = 40,5 \%$	$V_{\text{п}} = 39 \%$	$V_{\text{п}} = 36 \%$
1	2	3	4	5
20	50	53	57	65
30	65	70	78	85
40	78	80	87	95
60	92	97	102	108

Исследования дисперсии на ротационном вискозиметре «Реотест 2» показали, что температура $T = 55^{\circ}\text{C}$ является переходной, выше которой у импрегнатора начинают наблюдаться аномальные свойства.

Таким образом, насыщение АИ импрегнатором Эмукрил М целесообразно проводить при температурах не выше 55°C , а применение вакуума нужно рассматривать только с экономической точки зрения.

Список литературы

□ Островский В.И. Импрегнированный абразивный инструмент / В.И. Островский. М.: НИИМаш, 1983. 72 с.

▣ А.с. 1604590 СССР, МКИ В24D 3/34. Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда /

Н.Ф. Майникова, С.М. Опарин, Ю.В. Воробьев, В.А. Рощин // БИ. 1990. № 41,

◀ А.с. 1726222 СССР, МКИ В24D 3/34. Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда /

Н.Ф. Майникова, С.М. Опарин, Ю.В. Воробьев, В.А. Рощин // БИ. 1992. № 14.

Н.П. Козлова, В.Н. Шубина, Путин С.Б.,

Н.В. Кокорева

Федеральное Государственное унитарное предприятие
«Тамбовский научно-исследовательский химический институт»

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШКИ НА АДсорбЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТИТАНОСИЛИКАТОВ

Исследовано влияние степени увлажнения на адсорбционные свойства нового класса цеолитов – титано-силикатов, синтезируемых нами в лабораторных условиях. Методом дифференциально-термического анализа (ДТА) были определены интервалы температур, в которых наблюдаются экзо- и эндоэффекты, а также термическая устойчивость цеолитов. На всех термограммах наблюдаются два эндоэффекта: первый в интервале температур 70 ... 230 °С с потерей в массе 7 ... 15 %, что связано с потерей кристаллизационной воды и второй - в интервале температур 230 ... 450 °С с убылью в массе 4 ... 5 %, что связано с потерей более прочно связанной кристаллизационной воды. Экзоэффекты наблюдаются в интервале температур $t = 450 \dots 800$ °С без убыли массы, что соответствует разрушению кристаллической решетки цеолита.

Установлено, что на адсорбцию воды и бензола (яркого представителя органических веществ) значительно влияют температуры сушки полученных цеолитов. Исходя из данных ДТА, которые свидетельствуют о наличии двух типов связанной воды, определено влияние степени дегидратации синтезируемых образцов на адсорбционные свойства по воде и бензолу. Образцы высушивались при различных температурах: 250, 300, 350, 400 °С, что способствует удалению различных типов воды. Наибольшая сорбционная емкость по бензолу и воде наблюдается при сушке образца при температуре 250 °С. Отсюда оптимальная температура прокалки образцов, а следовательно, и регенерации цеолитов, составляет 250 °С.

С.А. Нагорнов¹, Д.О. Матвеев¹, Е.В. Пешкова²

¹Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт
по использованию техники и нефтепродуктов
в сельском хозяйстве,

²Тамбовский государственный технический университет

СУШКА ПАСТООБРАЗНЫХ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В АЭРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ АППАРАТАХ

Нами показано, что для сушки пастообразных и сыпучих материалов наиболее целесообразно использование аэроциркуляционных аппаратов. Разработана серия аппаратов-сушилок циркуляционного слоя, побудителем движения частиц которых, является воздушный поток.

Метод сушки в аэроциркуляционном слое отличается рядом важных преимуществ, среди которых ~ двукратное использование высоты аппарата. Частицы теплоносителя последовательно проходят обе камеры: поднимаясь за счет энергии струи потока в сушильной камере и свободно падая за счет силы притяжения в сепарационной, причем зернистый материал возвращается в сушильную камеру. За счет этого происходит непрерывная циркуляция частиц теплоносителя. Такая организация движения частиц теплоносителя позволяет приблизить аппараты рассматриваемого класса к аппаратам идеального вытеснения, что, в свою очередь, обуславливает увеличение движущей силы процесса переноса.

При проведении процессов сушки сыпучих материалов, суспензий и паст весьма актуальным с точки зрения энергосбережения, является проблема интенсификации внешнего и внутреннего теплообмена.

Интенсификация внешнего и внутреннего теплообмена в разработанных аэроциркуляционных сушилках сыпучих материалов, суспензий и паст достигается подачей сушильного агента через пульсатор при закреплении корпуса аппарата в упругих виброопорах, позволяющих регулировать резонансную частоту колебаний, применением теплоотдающей разделительной перегородки, выполненной с развитой поверхностью теплообмена и оптимальными условиями стекания и скалывания сухого материала в сепарационной камере.

К достоинствам разработанных аэроциркуляционных аппаратов относится простота их устройства, надежность в эксплуатации, высокие к.п.д., экономичность и эффективность.

Научная новизна подтверждена патентами РФ.

С.А. Нагорнов¹, Д.О. Матвеев¹, Е.В. Пешкова²

¹Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,

²Тамбовский государственный технический университет

ТЕРМООБРАБОТКА ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Используя системный подход, нами показано, что наиболее целесообразным, с точки зрения интенсификации процессов тепло- и массообмена в процессах термообработки, является применение импульсных методов ~ термообработка с использованием виброциркуляционных аппаратов. Под термической обработкой будем понимать процесс сушки семенного, продовольственного и фуражного зерна, обжаривания компонентов комбикормов, скоростного кондиционирования фуражного зерна и другие. При этом достигается: оптимальное воздействие на структуру зернового материала при полном сохранении его качества, и существенная интенсификация процесса термообработки.

В этих аппаратах процесс термообработки совмещен с одновременным перемещением высушиваемого материала вверх по винтовым перфорированным лоткам ванны.

Во время всего своего движения зерновой материал непрерывно оmyвается нисходящим потоком падающих вниз с ускорением частиц инертного теплоносителя.

При перемещении зерновой массы в слое мелких частиц последние благодаря развитой наружной поверхности, быстро аккумулируют значительное количество тепла от воздуха или стенки ванны, и затем при интенсивном оmyвании отдают его обрабатываемому материалу. Этим, в частности, и обусловлена интенсификация термообработки зернового материала виброциркуляционным слоем.

Получены математические модели: изменения порозности и расширения виброциркуляционного слоя; теплоотдачи от движущегося тела с концентрированной энергией к виброциркуляционному слою теплоносителя в зависимости от конструктивно-режимных параметров аппарата и размерных характеристик слоя. Разработан способ термообработки зерновых культур в виброциркуляционном аппарате, обеспечивающий интенсификацию тепломассопереноса при сохранении качества продукта. Разработана конструкция малогабаритного виброциркуляционного аппарата для термообработки зерновых культур и методика его расчета.

Подтверждена эффективность использования виброциркуляционных аппаратов для термообработки зерна.

Научная новизна подтверждена патентами РФ.

Л.А. Ныркова

Тамбовский государственный технический университет

АДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛИ ДЕЛИТЕЛЯ ТОКОВ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА МОДЕЛИ ВЛАЖНОСТИ МЕТОДА ВЫСУШИВАНИЯ

Адекватность модели делителя токов кондуктометрического метода модели влажности метода высушивания доказывается по принципу аналогии с физикой процесса определения влажности, следуя законам электротехники и результатам экспериментальных исследований.

Влажность древесины по методу высушивания находится из отношения массы влаги M_w к общей массе древесины M_d , которая складывается из массы влаги и массы сухой древесины M_s (в реальных условиях массу влаги находят из разности общей массы и массы сухого материала)

$$W = \frac{M_w}{M_d} = \frac{M_w}{M_w + M_s} = \frac{M_d - M_s}{M_d}. \quad (1)$$

Аналогично определяется объемная влажность через отношение объема влаги V_w к полному объему V_d , который складывается из объемов влаги и сухого материала $V_d = V_w + V_s$,

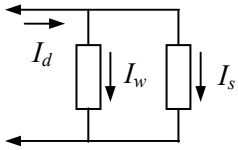
$$W = \frac{V_w}{V_d} = \frac{V_w}{V_w + V_s} = \frac{V_d - V_s}{V_d}. \quad (2)$$

Из соотношений (2) следует

$$\frac{V_s}{V_d} = 1 - W. \quad (2a)$$

При этом масса древесины M_d представляет собой произведение объема V_d и плотности материала σ_d : $M_d = V_d \sigma_d$.

Модель делителя токов в кондуктометрическом экспресс-анализе влажности древесины учитывает в образце три компоненты: ток свободной влаги I_w , ток связанной влаги I_s и полный ток измерительной ячейки I_d (рис. 1).



По первому закону Кирхгофа полный (суммарный) ток I_d измерительной ячейки равен сумме токов свободной I_w и связанной I_s влаги

$$I_d = I_w + I_s. \quad (3)$$

Согласно закону Ома ток I равен произведению напряжения U и проводимости Y (отношению напряжения U к сопротивлению R):

$$I = UY = U/R.$$

Физическая модель древесины представлена в виде материала цилиндрической формы площадью S_d , высотой d (рис. 2), объемом $V_d = S_d d$. Сопротивление R материала выразим через удельное сопротивление ρ или проводимость γ :

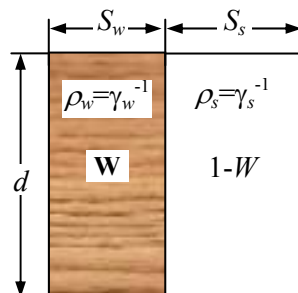
$$R = \rho \frac{d}{S} = \rho \frac{d^2}{V} = \frac{d^2}{\gamma V}. \quad (4)$$

Запишем выражение (4) для проводимости:

$$Y = \gamma \frac{V}{d^2} = \frac{\gamma M}{\sigma d^2}; \quad Y = \alpha \frac{M}{d^2}, \quad (5)$$

где $\alpha = \frac{\gamma}{\sigma}$.

Распишем выражение (3) по закону Ома через произведение напряжения питания U измерительной ячейки на проводимости соответствующих токов (полному, свободной и связанной влаги)



$$UY_d = UY_w + UY_s. \quad (6) \quad \text{Рис. 2}$$

Равенство (6) разделим на U и заменим Y на отношение (5):

$$\frac{\alpha_d M_d}{d^2} = \frac{\alpha_w M_w}{d^2} + \frac{\alpha_s M_s}{d^2}. \quad (7)$$

После сокращения на d^2 , результат (7) и формулу (3) запишем в виде системы уравнений

$$\begin{cases} \alpha_d M_d = \alpha_w M_w + \alpha_s M_s; \\ I_d = I_w + I_s. \end{cases} \quad (8)$$

Первое выражение системы уравнений (8) поделим на $\alpha_d M_d$, а второе – на I_d и получим

$$\begin{cases} 1 = \frac{\alpha_w M_w}{\alpha_d M_d} + \frac{\alpha_s M_s}{\alpha_d M_d}; \\ 1 = \frac{I_w}{I_d} + \frac{I_s}{I_d}. \end{cases} \quad (9)$$

Согласно выражению (1) заменим отношение масс $M_w/M_d = W/W_0$ соответственно влагой:

$$\begin{cases} 1 = \frac{\alpha_w W}{\alpha_d W_0} + \frac{\alpha_s (W_0 - W)}{\alpha_d W_0}; \\ 1 = \frac{I_w}{I_d} + \frac{I_s}{I_d}. \end{cases} \quad (10)$$

Уравнения системы (10) эквивалентны в целом, поэтому равны их части:

$$\begin{cases} \frac{I_w}{I_d} = \frac{W}{W_0}; \\ \frac{I_s}{I_d} = \frac{W_0 - W}{W_0}; \\ \frac{I_s}{I_w} = \frac{W_0 - W}{W}. \end{cases}$$

При $\alpha_i = \alpha_{i+1} = 1$ получим три различные по виду математические модели делителей токов, которые эквивалентны между собой:

$$\begin{cases} W = W_0 \frac{I_w}{I_d} = W_0 \left(1 - \frac{I_s}{I_d}\right); \\ W = W_0 \left(1 - \frac{I_s}{I_d}\right); \\ W = W_0 \frac{I_w}{I_w + I_s} = W_0 \left(1 - \frac{I_s}{I_d}\right). \end{cases} \quad (11)$$

При $\alpha_i \neq \alpha_{i+1} \neq 1$ получим из соотношений (10) следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{I_w}{I_d} = \frac{\alpha_w}{\alpha_d} \cdot \frac{W}{W_0} = \frac{W}{W_{wd}}, & W_{wd} = W_0 \frac{\alpha_d}{\alpha_w}; \\ \frac{I_s}{I_d} = \frac{\alpha_s}{\alpha_d} \cdot \frac{W_0 - W}{W_0} = \alpha_{sd}^{-1} \frac{W_0 - W}{W_0}, & \alpha_{sd} = \frac{\alpha_d}{\alpha_s}; \\ \frac{I_s}{I_w} = \frac{\alpha_s}{\alpha_w} \cdot \frac{(W_0 - W)}{W} = \alpha_{sw}^{-1} \frac{W_0 - W}{W}, & \alpha_{sw} = \frac{\alpha_w}{\alpha_s}. \end{cases} \quad (12)$$

Запишем систему уравнений (11) с учетом поправочных коэффициентов α_i :

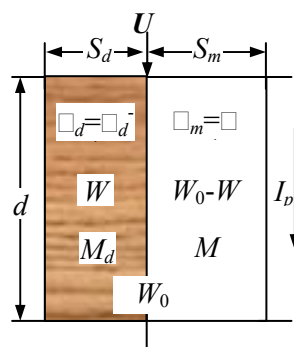


Рис. 1

$$\begin{cases} W = W_0 \frac{\alpha_d}{\alpha_w} \cdot \frac{I_w}{I_d} = W_{wd} \left(1 - \frac{I_s}{I_d}\right); & W_{wd} = W_0 \frac{\alpha_d}{\alpha_w}; \\ W = W_0 \left(1 - \frac{\alpha_d}{\alpha_s} \cdot \frac{I_s}{I_d}\right) = W_0 \left(1 - \frac{I_{sd}}{I_d}\right); & I_{sd} = I_s \frac{\alpha_d}{\alpha_s}; \\ W = W_0 \left(1 + \frac{\alpha_s}{\alpha_w} \cdot \frac{I_s}{I_w}\right)^{-1} = W_0 \frac{I_w}{I_w + I_{sw}}, & I_{sw} = I_s \frac{\alpha_s}{\alpha_w}. \end{cases} \quad (13)$$

В результате анализа приведенных систем уравнений модели делителей токов (11, 13) эквивалентны с точностью до постоянной.

Однако экспериментально реализовать по методу экспресс-анализа возможно только первую и вторую модель системы уравнений (13), так как по параметрам переходных характеристик измеряется только суммарный ток I_d (см. рис. 1), а ток связанной влаги I_s корректируется по образцам с известными характеристиками.

Рациональной моделью делителя токов является второе уравнение системы (13), так как погрешность определения влажности не превышает 1 % относительно метода высушивания (рис. 2), а первая модель вносит погрешность до 3 %.

Доказательство адекватности модели делителя тока кондуктометрического метода и модели влажности метода высушивания позволяет систематизировать закономерности относительно влажности, массы и электрических параметров.

О.А. Ныrkова

Тамбовский государственный технический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПО СОПРОТИВЛЕНИЯМ*

Повышение точности и экспрессности контроля влажности древесины обусловлено развитием математического обеспечения, на уровне физического и математического моделирования.

Физическая модель древесины представляет совокупность двух областей со свободной W и связанной $1-W$ влагой массами M_d, M_m с соответствующими удельными проводимостями или сопротивлениями $\square_d = \square_d^{-1}, \square_m = \square_m^{-1}$ и полной массой M_p с электрическими константами $\square_p = \square_p^{-1}$, определяемой как сумма масс $M_p = M_d + M_m$ (рис. 1). В методе высушивания влажность W определяется как отношение массы свободной влаги M_d в материале к полной массе материала M_p :

$$\frac{W}{W_0} = \frac{M_d}{M_p} = \frac{M_d}{M_d + M_m}, \quad (1)$$

где для диапазона $W = 0 \dots 100\%$ полная влажность материала в относительных величинах $W_0=1$.

Переход от весовых величин к объемным осуществляется через плотность материала \square и объем V , т.е. $M = V \square$.

Однако, по модели (1) трудно осуществить экспресс-анализ влажности древесины из-за отсутствия связи измеряемого параметра с электрическими. Поэтому, для повышения оперативности и точности контроля влажности древесины, используется электрофизическая модель делителя токов через проводимость или сопротивление $R = 1/Y$, полученной по аналогии с моделью (1) вида

$$W = W_0 \frac{Y_d}{Y_d + Y_m}; \quad W = W_0 \frac{R_m}{R_m + R_d}, \quad (2)$$

где W_0 – постоянный коэффициент пересчета влаги относительно контролируемого диапазона и вида древесины, определяемый на образцах с известными характеристиками; R_d, R_m – соответственно сопротивления свободной и связанной влаги в материала. Причем, в модели (2) R_d является информативным параметром для определения влажности, измеряемый по методу кратных токов или напряжений [1], а R_m слу-

* Работа выполнена по руководством д-ра техн. наук, проф. Е.И. Глинкина

жит постоянным нормируемым параметром для соответствующего вида древесины, значение которого корректируют на образцовом материале (на пробе древесины с известным значением влажности по методу высушивания [2]).

Эквивалентность модели делителя токов через проводимости (2) зависимости (1) доказывается аналитически из первого закона Кирхгофа для полного тока I_p , протекающего в материале:

$$I_p = I_d + I_m, \quad (3)$$

где I_d, I_m – соответственно токи свободной и связанной влаги в древесине.

Из закона Ома известно, что

$$I = \frac{U}{R}, \quad (4)$$

где U – напряжение, прикладываемое на образец (рис. 1); R – сопротивление образца, обусловленное внешним электрическим полем.

Перепишем выражение (3) с учетом (4) для сопротивлений R

$$\frac{U}{R_p} = \frac{U}{R_d} + \frac{U}{R_m} \quad \text{или} \quad \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_m}. \quad (5)$$

Известно, что сопротивление R определяется через удельное сопротивление ρ , длину d и площадь S образца

$$R = \rho \frac{d}{S} = \frac{\rho}{\sigma} \frac{d^2}{M}, \quad (6)$$

так как $S = V/d$ является отношением объема V к длине d .

Обозначив константу $\alpha = \frac{\rho}{\sigma}$, выражение (6) принимает вид

$$R = \frac{d^2}{\alpha \cdot M}. \quad (7)$$

Перепишем уравнение (5) для сопротивлений с учетом зависимости (7)

$$\frac{\alpha_p M_p}{d^2} = \frac{\alpha_d M_d}{d^2} + \frac{\alpha_m M_m}{d^2}. \quad (8)$$

Поделим правые части уравнений (5) и (8) на их соответствующие результаты R_p и $\alpha_p \cdot M_p$, и из полученные выражений составим систему уравнений

$$\begin{cases} 1 = \frac{\alpha_d M_d}{\alpha_p M_p} + \frac{\alpha_m M_m}{\alpha_p M_p}; \\ 1 = \frac{R_p}{R_d} + \frac{R_p}{R_m}. \end{cases} \quad (9)$$

Инвариантность уравнений системы (9) в целом доказывает эквивалентность соответствующих частей:

$$\frac{R_p}{R_d} = \frac{\alpha_d M_d}{\alpha_p M_p}, \quad (10a)$$

$$\frac{R_p}{R_m} = \frac{\alpha_m M_m}{\alpha_p M_p}. \quad (10б)$$

Поделив выражения (10б-а), получим соотношение вида

$$\frac{R_d}{R_m} = \frac{\alpha_d M_d}{\alpha_m M_m}. \quad (10в)$$

Перепишем выражения (10а-в) с учетом равенства (1)

$$\frac{R_p}{R_d} = \frac{\alpha_d W}{\alpha_p W_0}; \quad (11а)$$

$$\frac{R_p}{R_m} = \frac{\alpha_m (W_0 - W)}{\alpha_p W_0}; \quad (11б)$$

$$\frac{R_d}{R_m} = \frac{\alpha_d W}{\alpha_m (W_0 - W)}. \quad (11в)$$

Выразив контролируемый параметр W из уравнения (11а) получаем модель делителя проводимостей

$$W = W_0 \frac{\alpha_p R_p}{\alpha_d R_d} \quad (12)$$

или с учетом зависимости (5) и вводя новую постоянную $W_{pd} = W_0 \frac{\alpha_p}{\alpha_d}$ выражение (12) имеет вид

$$W = W_{pd} \frac{R_m}{R_d + R_m}. \quad (13а)$$

Аналогично из выражений (11 б, в) находим другие модели:

$$W = W_0 \left(\frac{R_{pm} - R_p}{R_{pm}} \right); \quad (13б)$$

$$W = W_0 \frac{R_{dm}}{R_d + R_{dm}}, \quad (13в)$$

где $R_{pm} = R_m \frac{\alpha_p}{\alpha_m}$, $R_{dm} = R_m \frac{\alpha_d}{\alpha_m}$ – постоянные коэффициенты коррекции соответствующих проводимостей относительно контролируемого диапазона и вида древесины, определяемые на образцах с известными характеристиками.

В ходе анализа полученных выражений (13а-в) при $\square_p = \square_d = \square_m = 1$ выявлена их эквивалентность модели делителя токов через проводимость (2).

Для проверки эквивалентности соотношений (13а – в) при $\square_p \square_d \square_m$ в процессе подстановки экспериментальных данных электрофизических характеристик, например, для сосны, выявлена абсолютная одинаковость констант W_{pd} , Y_m (13а), W_0 , Y_{pm} (13б), Y_{dm} , W_0 (13в), что наглядно отражено в табл. 1.

Таблица 1

Переменные эксперимента		Постоянные параметры		
$W_1 = 0,101$	$R_{d1} = 2057$ Мом	$W_{pd} = 0,308$	$W_0 = 0,308$	$W_0 = 0,308$
$W_{16} = 0,3$	$R_{d16} = 28,$ 01 Мом	$R_m = 1002$ МОм	$R_{pm} = 1002$ МОм	$R_{dm} = 1002$ МОм

При этом определение влажности кондуктометрическим способом через полную проводимость Y_p (13б) неудобно, так как необходимо определить проводимость свободной влаги Y_d и скорректировать проводимость связанной влаги Y_m , используя модель (13а), что вносит дополнительные методические погрешности и снижает оперативность контроля.

Таким образом, предложена физическая модель древесины и аналитически доказана адекватность моделей делителя токов через проводимость или сопротивление модели влажности метода высушивания.

Список литературы

□ Пат. 2187098 РФ. Способ определения влажности капиллярно-пористых материалов / И.Г. Летягин, Е.И. Глинкин, О.А. Ныркова, Л.А. Ныркова, В.Ф. Калинин. G 01 N 27/04, 2002 Бюл. № 22.

▣ Ныркова О.А. Информационный анализ развития способов аналитического контроля влажности древесины / О.А. Ныркова, И.Г. Летягин, Е.И. Глинкин // Контроль. Диагностика. М.: Машиностроение, 2003. № 6. С. 24 – 31.

*Д.Л. Полушкин, И.В. Шашков, А.С. Клинков,
М.В. Соколов*

Тамбовский государственный технический университет

МИНИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ВАЛЬЦОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС

Одним из быстроразвивающихся направлений использования пластмасс является упаковка. Однако применение пластмассовой упаковки сопряжено с образованием отходов в размере 40 ... 50 кг/год в расчете на одного человека. В России предположительно к 2010 г. полимерные отходы составят больше 1 млн. т. Процент использования отходов до сих пор мал [1], поскольку проблем, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми. Наиболее остро, в настоящее время, стоит вопрос вторичной переработки отходов пленочных упаковочных полимерных материалов.

Известно, что капитальные и эксплуатационные затраты по основным способам утилизации отходов в ряде случаев даже ниже затрат на их уничтожение. Положительной стороной утилизации является также и то, что получается дополнительное количество полезных продуктов для различных отраслей народного хозяйства и не происходит повторного загрязнения окружающей среды..

Нами предложена технология и оборудование переработки отходов пластмасс путем непрерывного вальцевания с отбором расплава через экструзионную приставку с последующим гранулированием. Необходимо оценить энергозатраты на единицу производительности вальцов с учетом качества получаемых гранул, которые оцениваются индексом течения расплава (ИТР).

Сравнительные характеристики энергозатрат и ИТР для различных диаметров фильер приведены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что существуют экстремальные значения \bar{N} , которые смещаются вправо с увеличением диаметра фильер (кривые 3, 4, 5). Это объясняется проскальзыванием перерабатываемого материала относительно поверхности валков и экструзионной приставки при достижении критической скорости. При этом наблюдается монотонный рост значений ИТР (кривые 1 и 2), а кривая 3 монотонно убывает, так как время пребывания перерабатываемого материала на вальцах меньше, т.е. происходит его структурирование.

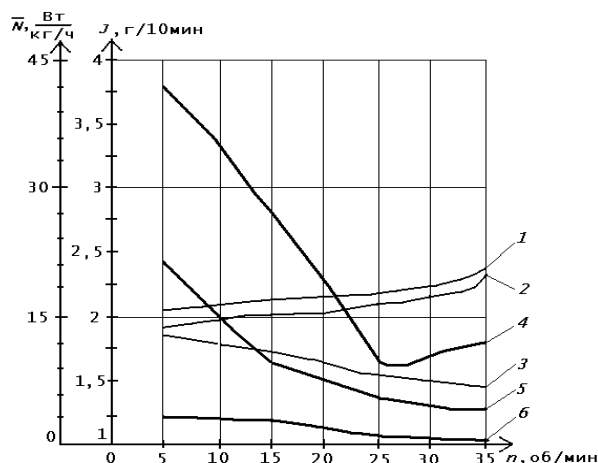


Рис. 1 Зависимость удельной мощности \bar{N} и индекса течения расплава J от скорости вращения n :

1 – $d = 4$ мм; 2 – $d = 5$ мм; 3 – $d = 6$ мм для ИТР; 4 – $d = 4$ мм;

5 – $d = 5$ мм; 6 – $d = 6$ мм для \bar{N}

Список литературы

1 Лобачев Г.К. Вторичные ресурсы: проблемы, перспективы, технология, экономика: Учеб. пособие / Г.К. Лобачев, В.Ф. Желтобрюхов и др. Волгоград, 1999. 180 с.

Ю.В. Светлов, Т.О. Вишневская, А.А. Захарова

Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности (Москва)

РАДИАЦИОННО-ФИЛЬТРАЦИОННАЯ СУШИЛКА БАРАБАННОГО ТИПА ДЛЯ СУШКИ КОЖ И ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проблема интенсификации процесса сушки охватывает, как известно, различные аспекты: использование теплового фактора, организация непрерывности процесса, усиленная конвекция сушильного агента и ряд других. Особенное внимание в последние годы уделяется изучению фильтрационной сушки, позволяющей не только значительно сокращать время сушки, но в ряде случаев даже упрощать общую организацию процесса обработки влажного материала.

Изучение литературы и патентных источников по данному вопросу показало достаточно большое разнообразие конструкций, отражающих стремление полнее или одновременно использовать различные факторы интенсификации, но, вместе с тем, и их, порой неприемлемую, сложность.

Целью нашей разработки является увеличение производительности устройства для сушки кож, тканей и других листовых материалов за счет интенсификации сушки путем одновременного использования электрообогрева с одной стороны и вакуумной откачки паров с другой, а также за счет непрерывности процесса.

Поставленная цель достигается тем, что листовый материал (ткань, кожа) сушится в процессе движения, зажатым между движущейся бесконечной резиновой лентой, обогреваемой электрическими элементами (тенами или спиралями с отражателями), и перфорированной поверхностью вращающегося с той же скоростью, что и лента, барабана. При этом, отверстия в барабане на нижней (большей) части его поверхности соединены с вакуум-насосом, с помощью которого внутри барабана устанавливается необходимое для сушки разрежение, а на верхней - с атмосферой для выпуска материала. Принцип работы и конструкция сушилки показаны на рис. 1, а, б.

Влажный материал, например, ткань, кожа, 1 зажимают между движущейся бесконечной резиновой лентой 2 и поверхностью вращающегося барабана 3. Лента и барабан вращаются в одном направлении и с одной скоростью, благодаря чему высушиваемый материал 1 движется равномерно по окружности. Для лучшего сцепления материала 1 с поверхностью барабана и устранения проскальзываний, поверхность обтянута плотной тканью 5 (например, войлоком или шинельным сукном) с отверстиями. По всей наружной поверхности барабана выполнены проточки 6, соединенные отверстиями 7 с коллекторными каналами 8 и 9. Для предотвращения попадания в отверстия 7 частиц материала и ворса, проточки 6, от которых отходят эти отверстия, содержат встроенные в них мелкоячеистые металлические сетки 4. С каналом 8

сообщаются отверстия 7 на нижней (большей) части поверхности барабана – на этом участке идет процесс сушки. С каналом 9 сообщаются отверстия на верхней – небольшой, примерно 1/4 части поверхности. Здесь высушенный материал проходит участок атмосферного давления. Коллекторные каналы 8 и 9 соединены гибкими шлангами 10 с соответствующими отверстиями 11 и 12, выполненными в конусе 13, жестко сидящем на валу барабана 14 и вращающемся вместе с ним. Вращение обеспечивает привод 15, допускающий регулировку числа оборотов, а, следовательно – скорости сушки. Отверстия 11 и 12 своими открытыми концами выходят в кольцевые каналы соответственно 16 и 17, вы-

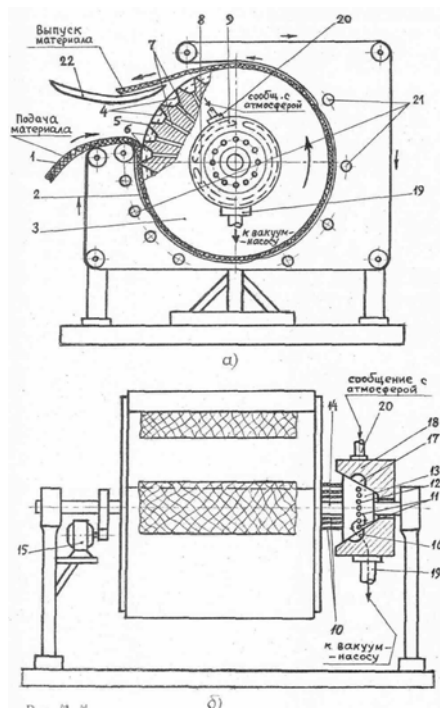


Рис. 1 Конструктивное устройство радиационно-фильтрационной сушилки барабанного типа: а – вид сбоку с частичным вырезом барабана; б – вид прямо с входом и выходом высушиваемого материала

полненные в виде фрезерованных канавок в неподвижном конусе 18. Канал 16 через патрубок 19 соединен с вакуум-насосом, а канал 17 через патрубок 20 – с атмосферой. С наружной стороны движущаяся резиновая лента, а через нее и влажный материал, обогреваются электронагревательными элементами 21.

В период сушки проточки 6 на наружной поверхности барабана через отверстия 7, коллекторные каналы 8, гибкие шланги 10, отверстия 11, канал 16 и патрубок 19 соединены с вакуум-насосом, обеспечивающим необходимую степень вакуума. Одновременно в верхней части барабана, когда высушенный материал проходит зону атмосферного давления, проточки 6 в этой зоне через соответствующие отверстия, коллекторный канал 9, гибкие шланги, отверстия 12, канал 17 и патрубок 20 соединяются с атмосферой. Таким образом, выпуск высушенного материала в приемный лоток 22 производится под атмосферным давлением.

Переток паров влаги и воздуха между зонами сушки и выпуска, а также подсос воздуха из атмосферы в периоды новой заправки материала исключаются благодаря плотному прилеганию резиновой ленты 2 к поверхности барабана 3 вследствие разности давлений на внешней стороне ленты и внутренней полости барабана.

Предлагаемая конструкция сушилки повышает скорость сушки вследствие значительной интенсификации процесса, обусловленной сочетанием электрообогрева материала с вакуумной откачкой водяных паров, что приводит к увеличению движущей силы процесса сушки. Здесь проявляются преимущества фильтрационной сушки, при которой в процесс вовлекается внутренняя поверхность материала. Сокращению общего периода сушки способствует также непрерывность загрузки и перехода от режима вакуумирования к выгрузке под атмосферным давлением. Равномерный обогрев материала и отсос паров обеспечивает постоянно высокое качество продукции.

Преимущество устройства выражено также в его универсальности: одинаково успешно можно сушить как листовые (кожу, ткань), так и сыпучие (гранулы, крошка) материалы без

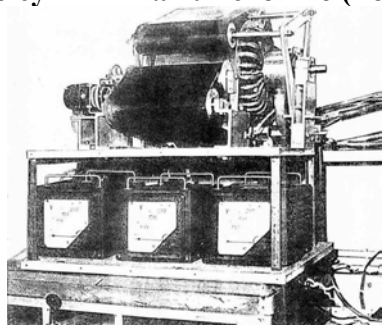


Рис. 2 Общий вид опытной радиационно-фильтрационной сушильной установки

какой-либо переделки конструкции или изменения технологического процесса.

Испытания опытного образца описанной барабанной сушилки, показанной на фотографии, рис. 2, позволили убедиться в том, что она проста, надежна и удобна в работе. Процесс сушки эффективно проходит при температуре 60 ... 70 °С и вакууме 70 ... 80 %.

Время сушки полноразмерного куска кожи толщиной 1,2 ... 1,5 мм составляет 10 ... 15 мин. Выпуск высушенного куска и заправка нового (влажного) производится без остановки сушилки.

В.А. Тетушкин

Тамбовский государственный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ ТЕРМОВЛАГОМЕТРИЧЕСКОГО МИКРОВОЛНОВОГО МЕТОДА ПО МИНИМУМУ НЕОБХОДИМОЙ ТОЛЩИНЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Понятие «глубины проникновения» микроволнового поля «плоской» волны во влажном строительном материале является основополагающим в разработанных нами методах микроволновой термовлагодетрии. Через величину глубины проникновения определяется величина локального объема взаимодействия (глубина зоны взаимодействия), температура которой функционально связана с объемной влажностью материала (при постоянной мощности падающей волны СВЧ нагрева и при минимуме отраженной мощности, соответствующей углу падения Брюстера).

Потери в «сухом» стройматериале (со связанной водой) пренебрежимо малы по сравнению с потерями проводимости $\gamma_{п.т}$ воды по постоянному току. «Сухой» материал практически изолятор: $\gamma_{сух} \ll \gamma_{п.т}$, даже для дистиллированной воды, у которой $\gamma_{п.т} \approx 2 \cdot 10^{-4}$ См/м, не говоря уж об обычной «строительной» воде с ее $\gamma_{п.т} \approx 10^{-2} \dots 10^{-3}$ См/м. Предельно возможная $\gamma_{п.т}$ морской воды (мы не говорим о растворах щелочей и кислот) при максимальной солености 10 г. соли/кг воды при температуре $t = 30 \approx 30$ °С составляет 6,6 См/м. Интегральная проводимость (сквозная + релаксационная):

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{п.т} + \omega \epsilon'' \epsilon_0. \quad (1)$$

Оценим соотношение между величинами $\gamma_{п.т}$ и $\omega \epsilon'' \epsilon_0$. Минимальная частота диапазона $f_{\min} = 10^{10}$ Гц = 10 ГГц ($\lambda = 3$ см); $\epsilon_0 = 10^{-9} / 36\pi$ Ф/м; величина ϵ''_{\min} (график $\epsilon'' = \Phi(\lambda, t \text{ } ^\circ\text{C})$: $\epsilon''_{\min} \approx 23$ (при $t \text{ } ^\circ\text{C} = 0$, $\lambda = 3$ см), откуда

$$\omega_{\min} \epsilon_0 \epsilon''_{\min} = 2\pi f_{\min} (10^{-9} / 36\pi) \epsilon''_{\min} = 12,8 \gg \gamma_{п.т \max} = 10^{-2};$$

таким образом можно считать $\gamma_{\Sigma} \approx \omega \epsilon'' \epsilon_0$.

Если же нет данных о проводимости свободной воды $\gamma_{п.т}$, то следует проводить контрольные контактные измерения величины $\gamma_{п.т}$ кондуктометрическими методами постоянного тока или рассчитывать $\gamma_{п.т}$ смеси «сухой» материал + свободная влага по оптимально выбранной формуле смешения.

«Глубина» проникновения поля плоской волны \square в материал с потерями определяется по известному выражению для немагнитных материалов:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\gamma_\Sigma}} = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\omega\varepsilon_0\varepsilon''}} \cong \frac{0,225\lambda}{\sqrt{\varepsilon''}}, \text{ м.} \quad (2)$$

Минимальная толщина материала « b » [м] должна обеспечивать полное поглощение СВЧ поля преломленной «плоской» волны. Учитывая, что волна затухает в « $e = 2,718\dots$ » раз на пути в Δ , примем, что $b_{\min} \geq 5 \Delta_{\max}$, где Δ_{\max} соответствует $\varepsilon''_{\text{смеси min}}$ и λ_{\max} .

Величина $\lambda_{\max} = 3 \cdot 10^{-2}$ м, а $\varepsilon_{\text{смеси min}}$ соответствует влажности $W_{\min} = 0,05$, и тогда $\varepsilon_{\text{смеси min}}$ определяется по формулам смешения, где $\varepsilon''_{\min} > 1,8$. Примем для страховки $\varepsilon''_{\min} \approx 1$.

Затухание поля на расстоянии $5 \Delta_{\max}$ составляет величину более 100 или 43,43 дБ, т.е. полем на большей глубине можно пренебречь. Таким образом: $b_{\min} \geq 5 \Delta_{\max} = 3,375 \cdot 10^{-2}$ м и минимальная величина образцов материала должна быть больше 3,5 см. Это сильно завышенная оценка. Рабочая λ должна быть как можно меньше (из условия применения стандартных волноводов прямоугольного сечения и удобства изготовления щелевых противофазных излучателей: $\lambda_{\text{раб}} \in [1 \dots 2] \cdot 10^{-2}$ см. Кроме того общепринятой величиной «пути полного затухания» является 3Δ .

Следовательно, реальная величина $b_{\min} \geq 1,5 \cdot 10^{-2}$ м. На стенде приводятся графики зависимости величины « 5Δ » от объемной влажности и длины волны при разных температурах.

*Д.В. Туляков, Д.В. Журняков, А.С. Клинков,
М.В. Соколов*

Тамбовский государственный технический университет

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСТРУЗИИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ С ЗАДАННЫМ КАЧЕСТВОМ ПРИ МИНИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТАХ

Технологический процесс изготовления изделий из резиновых смесей методом экструзии является энергоемким, а наибольшая часть энергии (до 80 %) расходуется на вулканизацию.

В работах [1] предложена и решена математическая модель процесса экструзии резиновых смесей, а так же поставлена и решена задача оптимизации технологических параметров процесса экструзии и геометрических размеров шнекового узла пластикации с учетом минимизации технологической мощности N при условии получения качественного экструдата, качество которого оценивается с помощью критерия Бейли.

Для проверки адекватности данной математической модели спроектирована экспериментальная установка (ЭУ) [1], представляющая собой шнековую машину с диаметром шнека $D = 0,032$ м, отношением длины нарезки к диаметру $L/D = 10$, углом наклона его нарезки $\alpha = 17^\circ$, глубиной винтового канала $h = (0,003)$ м, шириной гребня – $e = 0,0035$ м, зазором между гребнем шнека и внутренней поверхностью материального цилиндра – $\delta = 0,001$ м. Вращение шнека машины происходит от электродвигателя постоянного тока с возможностью регулирования угловой скорости его в пределах $\omega = (0 \dots 7,85) \text{ с}^{-1}$. ЭУ снабжена водяной системой термостатирования цилиндра, шнека, формирующей головки.

Целью эксперимента являлось получение экспериментальных зависимостей кривых подвулканизации при различной производительности.

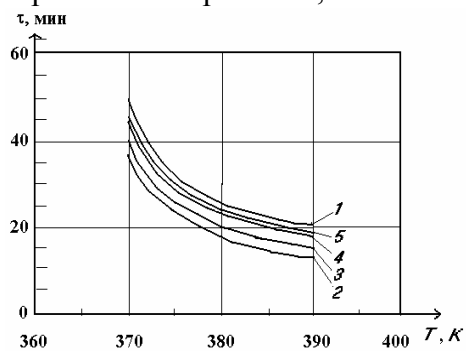
Эксперимент проводился при максимальной температуре цилиндра пластикации $T_{\text{ц}} = 368$ К и производительности $Q = (0,01 \dots 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ соответствующей рассчитанным значениям критерия подвулканизации ($JB = 0,5 \dots 25$ %).

В процессе эксперимента отбирались пробы экструдата и определялась кривая подвулканизации (рис. 1) на приборе «Monsanto», для которой находилось математическое выражение необходимое при расчете оптимальных технологических параметров процесса экструзии и геометрических размеров шнека

$$\alpha = (-16,17 + 3131360/T^2)^2,$$

где τ – время подвулканизации, мин; T – температура процесса, К.

Из рис. 1 видно, что с увеличением производительности Q кривые подвулканизации (2, 3, 4, 5) стремятся к кривой 1,



Ри

с. 1 Кривые подвулканизации при различной производительности:

1 – до экструзии (или при оптимальном режиме экструзии $JB \approx 0,5$ %);
 2 – ($Q=0,04 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$), 3 – ($Q=0,06 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$), 4 – ($Q=0,08 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$), 5 – ($Q=0,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$) – после экструзии

соответствующей состоянию резиновой смеси до экструзии. Это объясняется тем, что с увеличением производительности уменьшается время пребывания резиновой смеси в цилиндре пластикации и, следовательно, уменьшается подвулканизация.

Таким образом, чем больше степень подвулканизации резиновой смеси при экструзии, тем меньше время окончательной

стадии вулканизации и расход энергии на единицу продукции.

Список литературы

1 Клинков А.С. Расчет технологических и конструктивных параметров шнековых машин экструзии резиновых смесей с учетом подвулканизации экструдата / А.С. Клинков, М.В. Соколов, В.И. Кочетов // Химическое и нефтегазовое машиностроение: М., 2002. № 12. С. 3 – 5.

М.А. Ульянова, А.С. Гурова, Н.П. Юркина

Федеральное государственное унитарное предприятие
 «Тамбовский научно-исследовательский химический институт»

ОСУШИТЕЛИ ГАЗОВ

Реализация процессов сушки тесно связана с проблемой подготовки сушильного агента, что в свою очередь требует применения эффективных сорбентов-осушителей.

Нашим предприятием на основе цеолитов и силикагелей разработаны и выпускаются целый ряд осушителей отличающихся пористой структурой и химическим составом. Характеристики поглотителей приведены в таблице.

Таблица

Характеристика	ОСВ	С-6В-Т	ОСГ	ОЛК	NaX-	NaX-	NaA-
1 Размер гранул, мм	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	4,0	1,6

2	Статическая емкость по парам воды при $\varphi=75\%$, мг/г, не менее	190	200	-	-	-	-	140
3	Динамическая активность, %, не менее	-	-	25	70	20	15	-
4	Водостойкость, %, не менее	95	95	-	-	96	96	-
5	Температура регенерации, °С	180...	90...1	Не рег.		450	450	450

Выбор осушителя осуществляется исходя из требований потребителя.

Е.Ю. Филатова, Е.Н. Туголуков

Тамбовский государственный технический университет

ТЕПЛОВОЙ НАСОС – ПУТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В современном мире проблема истощения жидкого топлива и угля занимает центральное место. Поэтому возникает потребность в создании более экономичных, безопасных, надежных и простых в эксплуатации тепловых систем. Особенно актуальной является задача внедрения в производство тепловых насосов и их применение, как для отопления, горячего водоснабжения жилых и общественных зданий, так и для вентиляции, кондиционирования, охлаждения производственных помещений и технологического оборудования предприятий и, что особенно важно, для регенерации тепла воздуха промышленных помещений, холодильных установок, тепла сточных вод. Кроме того, их широкое применение позволит сэкономить значительное количество газа и нефти (один тепловой насос сможет за год сэкономить более $10\ 000\ \text{м}^3$ газа или около 7 т жидкого топлива).

Тепловой насос представляет собой техническую систему, позволяющую тепло теплоносителя, имеющего низкую температуру, передавать среде, имеющей более высокую температуру за счет затраты соответствующей работы. При этом затрачиваемая мощность может быть в несколько раз меньше передаваемой тепловой мощности.

Для отопления помещений тепловой насос используется уже более 20-ти лет. Он нашел широкое применение в западных странах. Однако на сегодняшний день приоритет в разработке тепловых насосов принадлежит России. Например, на ОАО «Тамбовский завод «Комсомолец» им. Н. С. Артемова» планируется производство тепловых насосов разнообразного назначения. Осуществляются разработки по усовершенствованию конструкций тепловых насосов, в которых принимают участие сотрудники Тамбовского государственного технического университета. Работы включают постановки и решения задач поиска оптимальных конструктивных и режимных характеристик теплообменного оборудования, используемого в тепловых насосах. Для этого планируется решение следующих задач:

□ Сформулировать критерии оптимизации конструктивных и режимных характеристик теплообменного оборудования тепловых насосов. Для этого необходимо произвести анализ особенностей работы системы с использованием теплового насоса в различных условиях; выявить лимитирующие факторы.

▣ Разработать математическую модель теплообменного оборудования тепловых насосов, работающих как в стационарных, так и нестационарных температурных режимах.

◀ Выявить диапазоны изменения рабочих параметров системы; возможность ее эффективной работы при больших перепадах температур, при высоком давлении.

▶ Предложить алгоритм решения уравнений математической модели при различных условиях и оптимизационной задачи.

▲ Выполнить экспериментальные работы для проверки адекватности математической модели.

▼ Разработать компьютерную программу, реализующую предложенный алгоритм и позволяющую выбирать оптимальные конструктивные и режимные параметры теплообменного оборудования на основе расчета нестационарных температурных полей.

Потенциальным потребителем продукции Тамбовского завода «Комсомолец» им. Н.С. Артемова является ОАО «Пигмент» – одно из крупнейших предприятий страны по производству тонкодисперсных красителей и полимерных добавок. В ряде производств до сих пор теряется большое количество тепла, отводимого теплоносителями, имеющими низкую температуру, при которой невозможна прямая утилизация тепла. В целях снижения себестоимости продукции, выпускаемой химическим комбинатом, возникает необходимость использования ресурсосберегающих химико-технологических систем. Одно из направлений решения этой проблемы заключается в оснащении технологических установок тепловыми насосами.

О.А. Фомичева, С.Е. Щипанов

Тульский государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИСТИВНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ НАПЫЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Расширение использования электронагрева, в том числе в приборах бытового назначения, потребовало разработки новых электротермических материалов, в частности резистивных. Существует целый класс резистивных материалов, представляющих собой полимерную матрицу с токопроводящим наполнителем, обеспечивающих равномерный нагрев по всей поверхности и стойких к тепловым и механическим нагрузкам.

Одним из существенных недостатков технологии изготовления нагревателей на основе таких резистивных материалов является метод формирования покрытия. Как правило, это пневмораспыление, существенными недостатками которого являются большие потери (около 70 %) материала при нанесении, а также использование растворителя, придающего материалу необходимую вязкость и удаляемого в процессе формирования покрытия. Токсичность, взрыво- и пожароопасность растворителя создают определенные сложности при проведении работ, а выбросы паров являются вредными для здоровья человека.

Следовательно, целесообразным представляется применить более экономичный и безопасный способ формирования покрытия. После анализа различных способов нанесения полимерных материалов на поверхности выбран метод пневмоэлектростатического распыления порошковых полимеров с последующим их оплавлением. При этом способе напыления частицы полимера, проходя со струей сжатого воздуха через зарядное устройство, заряжаются, а затем пистолетом-распылителем наносятся на изделие.

Для подтверждения применимости данной технологии для получения резистивного покрытия разработана полимерная композиция на основе карбоксиполиэфирной краски, в составе которой 60 % смолы и 40 % наполнителей. В качестве проводящего компонента использовался графит ГК–2. При выборе соотношений компонентов за основу приняли полупроводниковое покрытие на основе металл-графит композита (эмаль АК 5260 М Патент РФ № 2065467 от 20.08.96), обладающее электротеплофизическими свойствами, позволяющими создать на его основе гамму электронагревательных устройств различного назначения с равномерным нагревом поверхности, заменив полимер в виде жидкой суспензии порошковым, а железо – графитом. Отношение объема графита к объему полимера получилось равным 1,85.

Разработанная композиция была реализована в виде пленочного покрытия на текстолитовой подложке с токоподводами. Результаты исследования электрических свойств доказали принципиальную возможность применения пневмоэлектростатического напыления для формирования резистивного покрытия.

Однако, значения электросопротивлений оказались неудовлетворительными (весьма завышенными).

Для отработки компонентных соотношений полимера и графита было изготовлено несколько образцов смеси различного состава. Логика выбора новых объемно-массовых соотношений между этими компонентами и связующим заключалась в том, что объемная доля электропроводного наполнителя

должна обеспечить максимально возможное, устойчивое число контактов его частиц друг с другом при заполнении свободного объема полимерным связующим. Оценки таких соотношений для гипотетических диапазонов изменения геометрической формы частиц графита от октаэдра до сферы дают возможный диапазон отношений объемных долей наполнителя (V_n) и связующего ($V_{св}$) пределах $V_n / V_{св} = 0,5...1,75$.

Так как постоянное нанесение смеси на подложки оказалось сопряжено с определенными трудностями технического характера, было решено провести моделирование резистивных свойств покрытия сухими смесями.

Для измерения проводимости полученных образцов сухой смеси использовали приспособление, представляющее собой полый цилиндр из текстолита, ограниченный сверху и снизу круглыми токоподводами, изготовленными из фольгированного текстолита. Верхний токоподвод свободно перемещается внутри стакана.

Так как измерение удельного сопротивления электропроводящих полимерных материалов осложнено наличием дополнительного сопротивления в месте контакта металл (электрод)–полимерный материал, а при наличии нагрузки на электроды контактное сопротивление значительно уменьшается, образцы нагружались массой 2 кг. Измерение удельного сопротивления проводилось в соответствии с ГОСТ 20214–74.

Сущность метода заключается в измерении прибором с высоким входным сопротивлением падения напряжения в образце при прохождении постоянного тока. Измерения удельного сопротивления проводились при температуре 18 °С и относительной влажности воздуха 60 %. Принципиальная схема для измерения представлена на рис. 1. На образцы подавались следующие значения постоянных напряжений: 0,1; 0,5; 1; 5; 10; 30 В. Аналогичные эксперименты проводились и с монолитами выше указанных композиций.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее стабильные и удовлетворительные электро-, теплофизические и физикомеханические свойства имеют композиции, в которых $V_n/V_{св} = 0,85...1,25$.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее стабильные и удовлетворительные электро-, теплофизические и физикомеханические свойства имеют композиции, в которых $V_n/V_{св} = 0,85...1,25$.

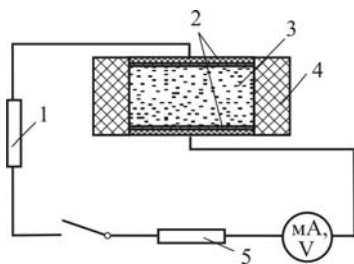


Рис. 1 Принципиальная схема для измерения сопротивления сухой смеси:

- 1 – источник постоянного напряжения;
- 2 – электроды;
- 3 – смесь;
- 4 – цилиндр;
- 5 – магазин резисторов

Максимальное значение соотношения выбрано из соображений достаточной адгезии.

Однако, резистивные покрытия изготовленные на основе этих композиций имеют несколько завышенные значения электрических сопротивлений. Причиной этого предположительно является наличие слишком большого количества неэлектропроводных примесей в карбоксиполиэфирной краске (до 40 %), являющихся пигментами. Следовательно, для улучшения резистивных свойств покрытия и улучшения адгезии необходимо использовать связующее без дополнительных примесей. Заменяв долю пассивных относительно адгезии пигментов электропроводящим наполнителем получим максимально возможное соотношение $V_n/V_{св} = 2,1$.

**В.М. Червяков, В.И. Галаев, А.А. Контев,
А.И. Четырин**

Тамбовский государственный технический университет

Роторные аппараты, применяемые для интенсификации процессов теплообмена, отличаются низкими удельными затратами энергии при производстве готового продукта. Дальнейшее снижение энергозатрат – важнейшая задача при проектировании новых конструкций роторных аппаратов с модуляцией потока.

Предлагается новое конструктивное решение аппарата, позволяющее интенсифицировать химико-технологические процессы и снизить удельные энергозатраты.

Основная частота колебаний, генерируемая роторным аппаратом, определяется по зависимости $f = \omega[Z_p Z_c] / 2\pi$, где ω – угловая скорость ротора; $[Z_p Z_c]$ – наименьшее общее кратное чисел Z_p и Z_c ; Z_p , Z_c – число каналов ротора и статора. Из выражения следует, что изменять частоту колебаний можно или изменяя ω , или выбирая определенные соотношения между Z_p и Z_c . При работе в каждом канале статора роторного аппарата генерируются колебания с угловой частотой $\omega_c = \omega Z_p$, а в каждом канале ротора с угловой частотой $\omega_p = \omega Z_c$. Если принять, что $Z_c = Z_p + k$, где $k = 1, 2, 3, \dots$, а Z_p и Z_c взаимно простые числа, то эти частоты различаются незначительно. Таким образом, в аппарате возникают биения – колебания с периодически изменяющейся амплитудой, возникающие в результате наложения двух колебаний с несколько различными, но близкими частотами. При одинаковых фазах двух накладывающихся колебаний результирующая амплитуда складывается из их амплитуд, то есть увеличивается почти в два раза (амплитуды накладывающихся колебаний при $k = 1$ практически равны). При этом энергия колебания возрастает почти в четыре раза, так как энергия колебаний пропорциональна квадрату амплитуды. Угловая частота $\Omega = |\omega_c - \omega_p|$ называется угловой частотой биения. Очевидно, что такое импульсное воздействие на обрабатываемую среду способствует интенсификации процесса кавитации, основному фактору, повышающему эффективность теплообменных и гидромеханических процессов.

Отметим, что при таком соотношении Z_p и Z_c , одновременно почти в два раза ($k = 1$) возрастает частота генерируемых колебаний в роторном аппарате, без увеличения ω . Таким образом, увеличение частоты происходит без увеличения энергозатрат, так как мощность, потребляемая роторным аппаратом, пропорциональна квадрату угловой скорости вращения ротора.

В предлагаемой конструкции осуществляется только не синфазное открытие каналов статора. То есть в любой момент времени одни каналы статора находятся в различной фазе процесса закрытия, другие полностью перекрыты промежутками между каналами ротора. Следовательно, в камере озвучивания происходит более интенсивная турбулизация обрабатываемой среды, чем в аппаратах с синфазным открытием каналом статора.

Таким образом, предлагаемое конструктивное решение позволяет или снизить энергозатраты, или повысить производительность, без снижения эффективности конкретного технологического процесса. При этом модернизация существующих роторных аппаратов заключается только в увеличении количества каналов в роторе.

В.М. Червяков, О.А. Ступников

Тамбовский государственный технический университет

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ СРЕДЫ В МОДУЛЯТОРЕ РОТОРНОГО АППАРАТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЕГО РАБОТЫ

Технология ресурсосбережения – это производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом сырья и энергии на всех этапах производственного цикла.

Роторные аппараты успешно применяются для интенсификации различных химико-технологических процессов – растворения, диспергирования, экстракции и т.п.

Для снижения энергоемкости роторные аппараты должны работать в оптимальном режиме. Для этого необходима математическая модель течения обрабатываемой среды в основной части роторного аппарата – модуляторе.

В связи с этим представляется актуальной разработка теоретических моделей, позволяющих на основе современных научных взглядов описать нестационарные процессы течения жидкости в каналах роторного аппарата.

Первая модель построена для несжимаемой ньютоновской жидкости на основании дифференциальных уравнений относительного движения вязкой жидкости Навье-Стокса в цилиндрических координатах

тах с учетом массовых сил для одномерного случая течения и уравнения неразрывности. Получено решение для радиальной составляющей скорости течения несжимаемой среды в канале ротора.

Скорость течения в канале статора определялась, используя уравнение неразрывности в интегральной форме.

Для подтверждения адекватности предложенной модели реальным закономерностям течения в каналах роторного аппарата было измерено динамическое давление в камере роторного аппарата с помощью датчика из титаната бария. Звуковое давление пропорционально dv_c / dt . Установлено, что до определенной скорости вращения ротора полученное уравнение удовлетворительно качественно описывает характер течения в аппарате. Однако затем осциллограммы давления существенно отличаются от теоретических.

Высказано предположение, что при определенных геометрических, режимных параметрах роторного аппарата и газосодержания жидкости в каналах возникает прямой гидравлический удар.

В этом случае необходимо учитывать сжимаемость среды. Для построения модели нестационарного течения слабосжимаемой жидкости в каналах аппарата сделаны следующие допущения: скорость потока зависит только от радиальной координаты и времени, из-за относительно малой длины каналов силами вязкости пренебрегаем.

Рассматривая совместно уравнения движения Навье-Стокса, неразрывности и состояния (сжатие в адиабатических условиях), получено уравнение в цилиндрических координатах для течения среды во вращающихся каналах ротора в безразмерном виде.

В результате сравнения осциллограмм динамического давления, с результатами вычислений производной по времени получено удовлетворительное качественное совпадение.

Все расчеты проводились с использованием программного обеспечения Maple-8.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в зависимости от режима работы аппарата необходимо использовать одну из предложенных моделей течения среды в каналах роторного аппарата. Это позволит более корректно производить расчет конструктивных и режимных параметров, производить их оптимизацию с целью дальнейшего снижения удельных энергозатрат при работе роторных аппаратов.

СОДЕРЖАНИЕ

С Е К Ц И Я 3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА

ЛЕКЦИИ

Гамрекели М.Н.

Методики экспериментальных исследований характеристик газодисперсного факела в распылительных камерах с теплоподводом от высокотемпературных стенок 5

**Кориунов И.Г., Талуц С.Г., Горбатов В.И.,
Старостин А.А., Уймин А.А., Черепанов Н.А.,
Глаголева Ю.В.**
Применение метода температурных волн для исследова-
ния теплофизических свойств твердых тел 10
.....

Семенович О.В.
Программный комплекс для моделирования темпера-
турных полей в элементах конструкций и узлах,
имеющих сложную структуру 12
.....

ДОКЛАДЫ

Балашов А.А., Муромцев Ю.Л., Майникова Н.Ф.
Программно-аппаратные средства информационно-
измерительной системы теплофизического контроля . 16
.....

**Дмитриев О.С., Мищенко С.В., Дмитриев А.О.,
Касатонов И.С.**
Программное и алгоритмическое обеспечение интег-
рированной информационно-измерительной системы
исследования и проектирования процесса отвержде-
ния полимерных композитов 20
.....

Дунаев В.А., Ганюшин А.Л., Скачков Р.А.
Компьютерное моделирование процессов тепломас-
сопереноса в догорающей сверхзвуковой струе с уче-
том кинетики химических превращений 23
.....

Ерохин С.Н., Ляшков В.И.
Исследование теплопроводности рабочего органа ад-
сорбционного аппарата 26
.....

Коробова И.Л., Караваев А.И.
Информационное обеспечение САПР процесса тер-
мообработки волокнистых материалов 29
.....

Платонов Н.И., Дозоров Р.В. Движение сферической капли в кольцевом зазоре теплообменного аппарата со свободными жидкостными пленками	33
Селиванова З.М. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения качественных свойств минераловатных плит	36
Федоров Н.П., Дмитриев Д.А. Микроволновой контроль фазовых переходов в радиопоглощающих материалах	39
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ	
Акулинин И.Н., Беляев П.С. Автоматизированная система контроля зависимости теплофизических свойств полимерных материалов от температуры и давления	44
Дроздов И.Г., Габасова Э.Р., Дахин С.В., Мягих Т.Н. Использование 485 интерфейса передачи данных при экспериментальных исследованиях интенсификации теплообмена в каналах индукционных аппаратов	45
Дроздов И.Г., Кожухов Н.Н., Мозговой Н.В. Экспериментальные исследования фильтрации в пористом элементе при наличии локальных зон	48
Карева И.Е. Исследование температурных полей в процессе вулканизации многослойных цилиндрических резинотехнических изделий	50
Кулаков Ю.В., Неудахин М.Ю., Шамкин В.Н. О параметрической идентификации модульных математических моделей сложных технологических систем	52

Маташков С.С., Неудахин М.Ю., Фомичев А.В. Устройство для неразрушающего частотно-импульсного экспресс-контроля теплофизических характеристик материалов	54
.....	
Мокрозуб В.Г., Желтов Д.В. Система автоматизированного проектирования вырубного штампа для элементов теплообменного оборудования	56
Мокрозуб В.Г., Шиняев О.В. Автоматизированная система расчета кожухотрубчатого теплообменника на прочность	57
.....	
Немтинов В.А., Авдеев П.П. Создание пространственной модели предприятия с использованием ГИС-технологий	58
.....	
Немтинов В.А., Романов К.В. Разработка информационной системы по выбору оптимального варианта методов очистки газовых выбросов	59
Пустовит А.П., Бояринов А.Е. Повышение точности измерения малых избыточных температур	60
.....	
Серегин А.Ю. Автоматизированная система научных исследований процесса прессования древесностружечных плит	62
.....	
Серегин М.Ю., Яковлева Е.А. Методика проектирования компьютерных анализаторов свойств веществ.	64
.....	
Утопова М.А., Мочалин С.Н., Дивин А.Г. Лабораторный стенд для измерения теплопроводности в режиме удаленного доступа	66
.....	

<i>Шеблев Д.А.</i> Измерительное устройство для определения теп- лофизических свойств жидких, пастообразных и сухих дисперсных материалов	67
.....	

С Е К Ц И Я 4
МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ,
СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
КАЧЕСТВОМ

ЛЕКЦИИ

<i>Горленко О.А., Можяева Т.П.</i> Принципы менеджмента качества преподавания лекционных курсов в техническом вузе	71
.....	

<i>Koch W.H., Ponomareva E.S.</i> Quality of Machining Process Through Cutting Val- ues Decision Making	76
.....	

<i>Мищенко С.В., Пучков Н.П., Пономарев С.В.,</i> <i>Злобин Э.В.</i> Управление качеством подготовки специалистов в техническом вузе	82
.....	

ДОКЛАДЫ

<i>Жилкин В.М.</i> Вопросы статистического анализа при проектиро- вании измерительных процессов для оценки эф- фективности подготовки растительных материа- лов к обезвоживанию.	88
---	----

<i>Жмаев А.Н., Пономарев С.В., Солодков Е.И.</i> Переход предприятия на работу по системе ме- неджмента качества	93
.....	

<i>Злобина Н.В.</i> Анализ качества управленческих решений, при- нимаемых в условиях неопределенности и риска ..	95
.....	

Пудовкин А.П., Чернышов В.Н. Непрерывный контроль качества многослойных материалов и изделий в процессе производства . . .	99
.....	
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ	
Акулинин И.Н., Беляев П.С. Оптимизация технологических решений при оп- ределении зависимости теплофизических свойств полимеров от температуры и давления	104
.....	
Барсуков В.И., Беляев А.А. О возможности учета влияния температурной неод- нородности графитового рабочего элемента электро- термического атомизатора на атомизацию пробы	105
.....	
Борзов В.И., Борисова Е.В. Организация внутренних проверок систем качества . .	107
.....	
Гребенников М.В., Емельянов А.А., Димкович Н.Т., Чуриков А.А. Разработка оборудования, технология и методы ис- пытаний СИЗОД в условиях моделирования внешних факторов воздействия в соответствии с требованиями гармонизированных норм	109
.....	
Зайцева Е.М. Формирование профессиональной пригодности ин- женера	111
Злобин Э.В., Савельева Л.И. Методика оценки удовлетворенности персонала	114
.....	
Кузнецов М.А. Анализ возможности прецизионных измерений тем- пературы неблагородными термопарами	116
.....	

<i>Lien T.K., Ponomareva E.S.</i> Predicting assembly quality of complex structures using data mining	119
<i>Меркулов С.Н., Трофимов А.В.</i> Определение значения уровня зрелости системы ме- неджмента качества	123
<i>Минько И.С.</i> QFD – методология, разработанная при улучшении процесса подготовки дипломированного специалиста	125
<i>Москалев П.В.</i> Информационная поддержка систем менеджмента качества	129
<i>Нахман А.Д., Петрова Е.А.</i> Тестовый контроль знаний по математике в контексте управления качеством образования	131
<i>Нахман А.Д., Сатина Е.С.</i> О некоторых путях совершенствования образова- тельных стандартов в области математики	133
<i>Павлинов А.Ю.</i> К вопросу о построении контрольных карт Шухарта по ГОСТ Р 50779.42–99 и Р 50.1.018–98	134
<i>Панорядов В.М.</i> Место технического обслуживания оборудования в системе менеджмента качества.	137
<i>Попов В.М., Тиньков А.А.</i> Неразрушающий контроль качества клеевых соеди- нений металлических конструкций	139

<i>Попова Е.А., Дивин А.Г.</i> Исследование температурной зависимости вибро- частотных преобразователей силы	141
.....	
<i>Проскурин А.С.</i> Методика разработки политики вуза в области каче- ства	143
<i>Пудовкин А.П.</i> Метод неразрушающего контроля качества метал- лофторопластовых материалов в процессе производ- ства	147
<i>Самодуров В.А.</i> Подход к совершенствованию системы менеджмента качества организации	152
.....	
<i>Самородов В.А., Кузнецова Е.С.</i> Методика проведения FMEA-анализа применительно к производству тентового материала	154
.....	
<i>Серегин А.Ю.</i> Повышение точности измерения влагосодержания . . .	156
.....	
<i>Солодков Е.И., Пономарев С.В., Жмаев А.Н., Миронов С.В., Бушков А.А.</i> Результаты анализа форм и последствий отказов про- цесса градуировки электронных весов на ОАО «ТВЕС»	159
<i>Тамбовский Д.М., Серегин М.Ю.</i> Применение спектрального анализа для исследования периодических зависимостей в производственных процессах	161
<i>Тимошина Е.А.</i> Исследование качества эмали ПФ-115 белого цвета с применением QFD-анализа	163
.....	

Трофимов А.В., Баев А.В. Методика управления качеством формирования поливинилхлоридного покрытия в производстве тентового материала	165
---	-----

Чепурнова Е.Е. Термины верификация и валидация применительно к процессу планирования проектирования и разработки	167
--	-----

Чернышова Т.И., Игнатов Д.В. Оценка метрологической надежности процессорных средств теплофизических измерений с учетом условий эксплуатации	169
---	-----

С Е К Ц И Я 5
СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ТЕПЛОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СУШКА И
ТЕРМОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА
МАТЕРИАЛОВ

ЛЕКЦИИ

Данилов О.Л. Энергодиагностика сушильных установок	173
--	-----

Секанов Ю.П. Проблемы влаготермометрии в решении задач энергоресурсосбережения в АПК	180
--	-----

ДОКЛАДЫ

Авдеева А.А., Начинов Д.С., Авдеев А.В. Усовершенствованная технологическая схема работы сушилки С-20	186
---	-----

Баронин Г.С., Кербер М.Л., Шапкин К.В., Пугачев Д.В. Энергосберегающая твердофазная технология переработки полимерных наноматериалов	188
--	-----

Гамрекели М.Н. Определение свойств продуктов распылительной сушки и эффективности оборудования газоочистки	192
Двойнин А.Г., Лузгачев В.А. Причины образования дефектов адгезионной пленки при сушке кордных материалов	196
Двойнин А.Г., Лузгачев В.А., Коновалов И.А. Влияние параметров сушки на интенсивность пузыреобразования при адгезионной обработке кордных материалов	201
Кочергин С.В., Демин Ю.Н. Использование саморегулируемого электротермического оборудования в сельском хозяйстве	204
Лебедев Д.П., Быховский Б.Н. Калориметрический контроль кинетики сублимационной сушки	207
Лебедев Д.П., Пенкин А.А. Технологический эффект в условиях локального инфракрасного обогрева сельскохозяйственных животных	210
Начинов Д.С., Авдеева А.А., Авдеев А.В. Направления энергосбережения при сушке зерна	213
Ныркова Л.А., Глинкин Е.И. Измерение параметров динамических переходных характеристик	214
Осмонов О.М., Рудобаишта С.П. Результаты теплофизических измерений солнечного коллектора для теплоснабжения биогазового реактора	219

<i>Рудобаишта С.П., Дмитриев В.М., Жуков Н.П., Чурилин А.В.</i>	
Исследование кинетики сушки импрегнированных абразивных инструментов	223
.	
<i>Светлов Ю.В., Вишневская Т.О.</i>	
Метод определения коэффициента массоотдачи по доле движущей силы массопередачи через проникаемую стенку	227
<i>Сорочинский В.Ф.</i>	
Повышение качества риса-зерна при его гидротермической обработке с использованием высокотемпературной сушки	231
.	
<i>Черниченко А.В., Шаяхметова А.Ф., Филин В. А.</i>	
Энергоинформационное моделирование установок контактной тепловой обработки ленточного материала	235
<i>Яковлев П.В., Горбанева Е.А.</i>	
Теплообмен при плавлении твердой фазы подвижной нагруженной пластиной	239
.	
<i>Якунин Д.В.</i>	
К вопросу использования солнечно-топливного кормоварочного оборудования	241
.	
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ	
<i>Белоусов О.А., Муромцев Д.Ю.</i>	
Мониторинг теплофизических свойств материалов и управление электрокамерными печами	243
.	
<i>Воробьев А.М., Дмитриев В.М., Кормильцин Г.С., Воробьев В.А.</i>	
Совершенствование аппаратурного оформления процесса сушки суспензий и паст	245
.	

Воробьев Ю.В., Ковергин А.Д. Проектирование устройств барабанного типа для первичной очистки пищевых продуктов	247
.	
Гладышева Т.В., Гладышев Н.Ф., Кокорева Н.В., Жукова Н.Н. Разработка экспресс-метода оценки влажности из- весткового химического поглотителя кислых газов (СВЧ-сушка)	250
Гладышева Т.В., Гладышев Н.Ф., Симаненков Э.И., Дорохов Р.В. Применение СВЧ-сушки для получения армирован- ных кислородосодержащих продуктов	251
.	
Дмитриев В.М., Нечаев В.М., Тепляков Ю.А., Щербатенко А.Н. Автоматизированная установка для определения ко- эффициентов диффузии влаги в зернистых материа- лах	252
Ефремов Г.И., Журавлева Т.Ю., Нефедова Н.Е. Квазистационарная кинетика работы теплового насо- са	253
Ефремов Г.И., Милованов А.В. Модели кинетики процессов тепломассообмена (внешняя и внутренняя задачи)	254
.	
Жданов Д.В., Ульянова М.А., Ферапонтов Ю.А. Моделирование процесса получения супероксида ка- лия в распылительной сушилке	256
.	
Жилкин В.М., Илясова С.А. Эффективность предварительной подготовки расти- тельных материалов к обезвоживанию как ключевой фактор энергосбережения в тепловых технологиях	258
.	
Жуков Н.П., Кормильцин Г.С., Чурилин А.В. Совершенствование процесса импрегнирования абра- зивных кругов	261
.	

Козлова Н.П., Шубина В.Н., Путин С.Б., Кокорева Н.В.	
Влияние температуры сушки на адсорбционные свойства титаносиликатов	264
.....	
Нагорнов С.А., Матвеев Д.О., Пешкова Е.В.	
Сушка пастообразных и сыпучих материалов в аэроциркуляционных аппаратах	265
.....	
Нагорнов С.А., Матвеев Д.О., Пешкова Е.В.	
Термообработка зерна с использованием виброциркуляционных аппаратов	266
.....	
Ныrkова Л.А.	
Адекватность модели делителя токов кондуктометрического метода модели влажности метода высушивания	267
.....	
Ныrkова О.А.	
Моделирование контроля влажности древесины по сопротивлениям	271
.....	
Полушкин Д.Л., Шашков И.В., Клинков А.С., Соколов М.В.	
Минимизация технологической мощности вальцов при переработке отходов пластмасс	276
.....	
Светлов Ю.В., Вишневская Т.О., Захарова А.А.	
Радиационно-фильтрационная сушилка барабанного типа для сушки кож и листовых материалов	277
.....	
Тётушкин В.А.	
Определение границ применимости термовлагодетрического микроволнового метода по минимуму необходимой толщины строительных материалов	281
.....	

Туляков Д.В., Жирняков Д.В., Клинков А.С., Соколов М.В.	
Расчет процесса и оборудования экструзии резино- вых смесей с заданным качеством при минимальных энергозатратах	282
.	
Ульянова М.А., Гурова А.С., Юркина Н.П.	
Осушители газов	284
.	
Филатова Е.Ю., Туголуков Е.Н.	
Тепловой насос – путь решения проблем энергосбе- режения	285
.	
Фомичева О.А., Щипанов С.Е.	
Формирование резистивного покрытия методом на- пыления в электростатическом поле	287
.	
Червяков В.М., Галаев В.И., Коптев А.А., Четырин А.И.	
Повышение энергетической эффективности работы роторного аппарата	290
.	
Червяков В.М., Ступников О.А.	
Математические модели течения среды в модуляторе роторного аппарата при различных режимах его ра- боты	292

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ПРИ КОНТРОЛЕ И УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ

Материалы школы

Часть II

Редактор З. Г. Чернова
Компьютерное макетирование Е. П. Постниковой

Подписано в печать 16.08.04
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Объем: 17,32 усл. печ. л.; 17 уч.-изд. л.
Тираж 400 экз. С. 526^М.

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская 106, к. 14