

В число учебных материалов, включенных в медиатеку, входят не только классические учебники, изданные в советское время, но и учебники нового времени, а также ряд раритетных изданий работ основоположников механики – Эйлера, Лагранжа, Кирхгофа, Кирпичева В.Л., Мандельштама Л.И., Тимошенко С.П.

Большое внимание при наполнении медиатеки уделено справочникам, позволяющим студентам осознанно понять связь строительной механики со специальными дисциплинами строительного профиля. В их числе серия справочников проектировщика, тематические и универсальные справочники.

Важную роль в медиатеке играет учебно-методический комплекс. УМК является инструментом системного объединения в единое целое различных средств обучения конкретной дисциплине [1] и подчинения их целям обучения специальности, определенных образовательным стандартом Республики Беларусь.

Курс «Строительная механика» читается на протяжении трех семестров, и для него разработаны три УМК. Они являются основой системно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов. Объединяют в единое целое различные средства обучения строительной механике, подчиняя их целям обучения строительной специальности и развертывая требования к академическим и профессиональным компетенциям выпускников, содержащиеся в образовательном стандарте.

Все УМК имеют модульную структуру. Каждый УМК дает студентам ориентацию в материале курса в целом и в каждом из составляющих его модулей и представляет программу их самостоятельных действий в семестре.

Накопленный опыт внедрения информационных технологий в преподавание курса «Строительная механика» для студентов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство», позволяет говорить о следующих преимуществах такой организации образовательного процесса:

- оптимизация содержания и повышение эффективности лекционного курса;
- возрастание интенсивности проведения практических занятий и усиления их профессиональной ориентированности;
- возможность принципиально новой организации самостоятельной работы студентов.

#### Список использованных источников

1. Беспалько, В. П. Системно-методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса подготовки специалистов : учебно-методическое пособие / В. П. Беспалько, Ю. Г. Татур. – Москва : «Высшая школа», 1989.
1. Макаров, Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad : Учебный курс / Е. Г. Макаров. – Санкт-Петербург : Питер, 2003.
2. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Киев : «Сталь», 2002.
3. Хемминг, Р. В. Численные методы для научных работников и инженеров / Р. В. Хемминг. – Москва : Физматгиз «Наука», 1968.

УДК 677.027.162

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Асс. Бизюк А.Н., доц. Ясинская Н.Н.

УО «Витебский государственный технологический университет»

Одним из этапов заключительной отделки текстильных материалов является сушка. В процессе сушки происходит изменение форм связи влаги с материалом и ее частичное удаление путем испарения. В процессе сушки, после удаления всей свободной влаги,

температура материала начинает повышаться. Высокие температуры могут негативно сказаться на свойствах материала. Кроме того, при использовании в операциях заключительной отделки аппретирующих препаратов на основе термореактивных смол существуют определенные трудности, связанные с сушкой аппретов, так как аппретирующие вещества обычно мигрируют к поверхности материала и могут неравномерно распределиться по толщине, локализуясь на поверхности волокнистого материала.

С целью повышения качества заключительной отделки текстильных материалов различного сырьевого состава необходима методика определения рациональных параметров сушки. Для нахождения оптимальных параметров нужно знать зависимость оптимизируемого параметра от параметров сушки. Эту зависимость можно получить, построив математическую модель процесса сушки.

Классическая теория разделяет процесс сушки на 3 периода:

1. Период нагревания материала. Скорость сушки растет.
2. Период постоянной скорости сушки.
3. Период падающей скорости сушки.

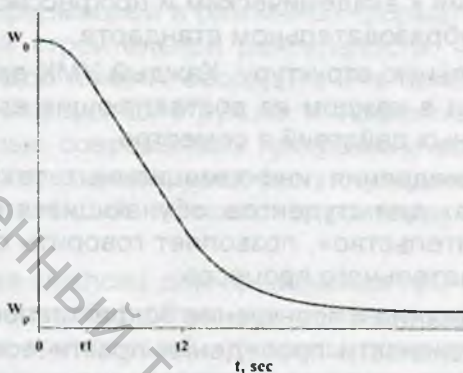


Рисунок 1 – Периоды сушки

На рисунке 1 изображена зависимость влагосодержания  $W$  от времени  $t$  при сушке текстильных материалов.  $W_0$  – начальное влагосодержание материала,  $W_p$  – равновесное влагосодержание материала. Первому периоду соответствует диапазон  $[0; t_1]$ , второму периоду соответствует диапазон  $[t_1; t_2]$ , третьему периоду соответствует диапазон  $[t_2; \infty]$ .

Сушка начинается при известном начальном влагосодержании материала и заканчивается при некотором равновесном влагосодержании.

При построении модели сушки нужно стремиться, чтобы выполнялись следующие требования:

- смоделированная величина влагосодержания в начальной точке совпадает с экспериментальными данными,
- смоделированная величина равновесного влагосодержания совпадает с экспериментальными данными,
- модель ведет себя согласно теоретическим закономерностям в каждом периоде сушки,
- отклонение смоделированных величин влагосодержания от экспериментальных незначительно,
- количество параметров модели, определяемых экспериментально, должно быть минимальным.

Для выполнения этих требований предлагается следующий способ построения модели:

- в первом периоде зависимость влагосодержания от времени моделируется следующей функцией:  $W_1(t) = a_1 \cdot t^{a_2} + a_3$ , где  $a_3 = W_0$ ,  $W_0$  – начальное влагосодержание, график этой функции, при определенных значениях коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$ , ведет себя согласно теоретическим предположениям для первого периода, а также проходит через точку  $W = W_0$  при  $t = 0$ ;
- во втором периоде зависимость влагосодержания от времени моделируется линейной функцией:  $W_2(t) = b_1 \cdot t + b_2$ ; согласно теории, во втором периоде сушки скорость сушки постоянна, поэтому графиком зависимости влагосодержания от времени будет прямая;
- в третьем периоде зависимость влагосодержания от времени моделируется функцией вида  $W_3(t) = c_1 \cdot e^{-c_2 t} + c_3$ , где  $c_3 = W_p$ ,  $W_p$  – равновесное влагосодержание; зависимость влагосодержания от времени в периоде падающей скорости сушки хорошо описывается экспонентой, так как влагосодержание при  $t \rightarrow \infty$  асимптотически стремится к равновесному влагосодержанию.

Обозначим время перехода от первого периода ко второму за  $t_1$ , а время перехода от второго периода к третьему – за  $t_2$ . Переходы от функции  $W_1(t)$  к функции  $W_2(t)$  в точке  $t_1$  и от функции  $W_2(t)$  к функции  $W_3(t)$  в точке  $t_2$  должны быть гладкими. Для того, чтобы переходы были гладкими, должны выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} W_1(t_1) = W_2(t_1) \\ W_2(t_2) = W_3(t_2) \\ W_1'(t_1) = W_2'(t_1) \\ W_2'(t_2) = W_3'(t_2) \end{cases} \quad (1)$$

Решив систему (1) относительно коэффициентов  $a_1, a_2, c_1, c_2$ , получим следующие соотношения:

$$a_1 = \frac{a_2 - b_1 \cdot t_1 - b_2}{\ln(t_1)}, \quad a_2 = -\frac{b_1 \cdot t_1}{a_3 - b_1 \cdot t_1 - b_2} \quad (2)$$

$$c_1 = \frac{b_1 \cdot t_2 + b_2 - c_3}{b_1 \cdot t_2}, \quad c_2 = \frac{b_1}{b_1 \cdot t_2 + b_2 - c_3} \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) являются выражением коэффициентов  $a_1, a_2, c_1, c_2$  через коэффициенты  $b_1, b_2$  и константы  $t_1$  и  $t_2$ . Коэффициенты  $b_1$  и  $b_2$  определяются по методу наименьших квадратов как коэффициенты линейного регрессионного уравнения в диапазоне исходных данных  $t \in [t_1, t_2]$ . Таким образом, чтобы определить коэффициенты модели, достаточно знать константы  $t_1$  и  $t_2$  и иметь результаты нескольких эксперимен-

тальных замеров во втором периоде сушки. Константа  $t_1$  может быть равна 0, если сушка начинается сразу со 2-го периода.  $t_1$  и  $t_2$  подбираются таким образом, чтобы остаточная сумма квадратов модели и экспериментальных данных была минимальной.

Проверка данного способа построения модели была проведена с использованием данных, полученных при сушке нескольких типов текстильных материалов. Расчет выполнялся на ЭВМ с использованием специально разработанного приложения.

После построения модели описанным выше способом по данным, полученным при проведении эксперимента, получена следующая функция:

$$W(t) = \begin{cases} -1.046 \cdot t^{0.8907} + 146.3 & t < 20 \\ -0.6725 \cdot t + 144.7 & 20 < t < 160 \\ 674.8 \cdot e^{-0.01813 \cdot t} & t \geq 160 \end{cases} \quad (4)$$

График полученной функции выглядит следующим образом:

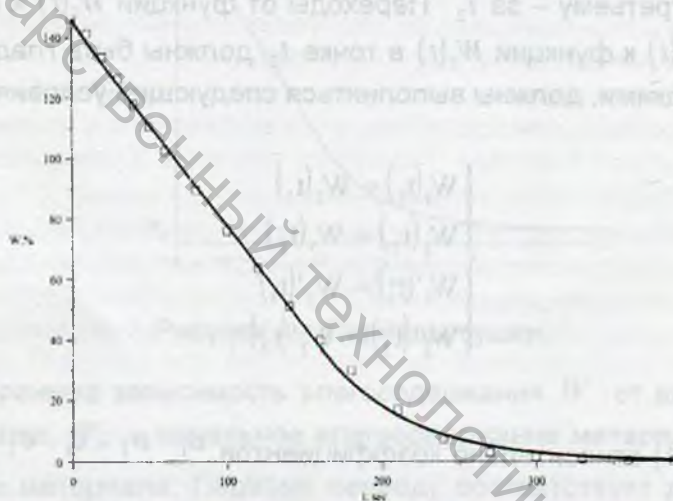


Рисунок 2 – График смоделированной функции

Описанный метод позволил получить модель (4) процесса сушки для текстильных материалов при малом количестве экспериментальных замеров. С помощью данного метода были построены модели для 6 видов материалов при разных режимах сушки. Все модели имеют малую остаточную сумму квадратов, что свидетельствует о хорошем качестве моделей.

Полученные математические модели могут быть использованы для определения рациональных параметров (продолжительность, температура) процесса сушки текстильных материалов различных сырьевых составов.