

В процессе производства предмет труда подвергается обработке, т.е. выполняется определенная технологическая работа. Совокупность выполняемых работ (операций) обеспечивает превращение предмета в готовый продукт. Воздействие энергии на предмет труда прекращается, когда продукт полностью готов. Таким образом, взаимодействие энергии и предмета труда по окончании производственного процесса характеризуется как взаимодействие энергии и готового продукта, т.е.:

$$(ЭП + ТЗ + Э) / Q_{\text{год}} = ТТЧ \quad (7)$$

Аналитическая модель расчета ТТЧ технологических процессов лесозаготовок представлена на рисунке.

## Библиографический список

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Розин С.Е., Дружинина О.Г. Методология и информационное обеспечение сквозного энергетического анализа. Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 98 с.
2. Бадмаева С.Д. Энергономика промышленного производства: монография. СПб.: СПбЛТА, 2000. - 152 с.

**Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е.** (ОАО «УралНИИПДрев», УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [elenashishkina@yandex.ru](mailto:elenashishkina@yandex.ru)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ MATHCAD – 12**

### *THE RESEARCH OF THERMO-MASS TRANSFER PROCESS DURING CONVECTIONAL DRY OF TIMBER WITH COMPUTER PROGRAM MATHCAD-12 APPLICATION*

Вычислительная среда Mathcad существует более 20 лет, считая от первой версии 2,5 до последней, Mathcad – 12 [1, 2]. Для данной вычислительной среды характерно следующее:

- весьма простые принципы программирования и естественная форма записи математических выражений;
- наличие огромного количества встроенных функций и процедур, позволяющих решать самый широкий класс научных и технических задач, проводить оптимизацию, графически интерпретировать результаты и т.п.

К недостаткам ВС данного типа следует отнести некоторые ограничения в организации циклических вычислительных процедур.

Анализ процессов сушки древесины нами проводился в два этапа:

- Решение системы дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) тепломассообмена [3] с определением данных для сушки и расчетом полей влажности. Графическая интерпретация результатов вычислений.

- Расчет величины внутренних напряжений и их развитие во времени на основе многостержневой модели доски [4]. Графическая интерпретация результатов вычислений.

Реализация первого этапа производилась по специально разработанной для этих целей программе, имеющей следующую структуру:

- ввод исходных данных;
- вычисление коэффициентов тепло- и массообмена;
- вычисление вспомогательных и промежуточных величин;
- решение характеристического уравнения;
- расчет распределения влажности древесины по сечению высушиваемого сортамента;
- построение графических зависимостей.

Исходными данными для данной программы являлись:

- порода древесины;
- базисная плотность древесины;
- толщина доски;
- ширина штабеля;
- скорость циркуляции агента сушки;
- режим сушки и влаготеплообработки;
- шаг по времени, при котором будет производиться расчет распределения влажности;
- коэффициент фазового перехода.

Для второго этапа также была подготовлена программа, структура которой имеет вид:

- ввод исходных данных;
- вычисление значений влажности в каждом стержне многостержневой модели в заданные моменты времени;
- вычисление значения модуля упругости и величины допускаемых напряжений в стержнях в заданные моменты времени;
- построение графиков.

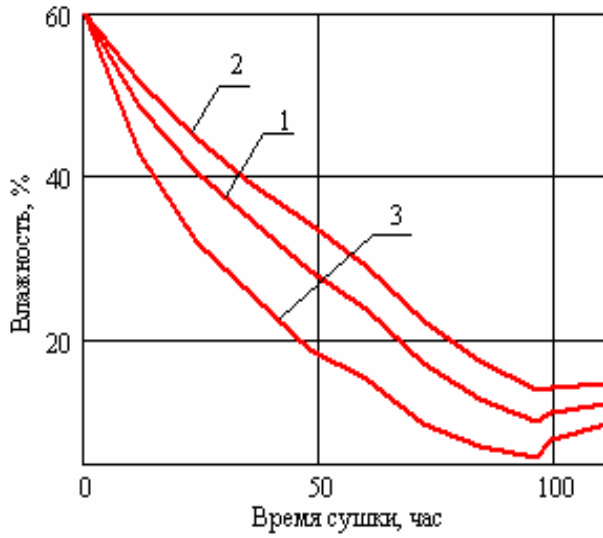
Исходными данными в данном случае были:

- матрица распределения влажности древесины по сечению доски в заданные моменты времени (определялась на первом этапе расчета);
- температура среды в заданные моменты времени;
- порода древесины (коэффициент усушки);
- количество стержней многостержневой модели.

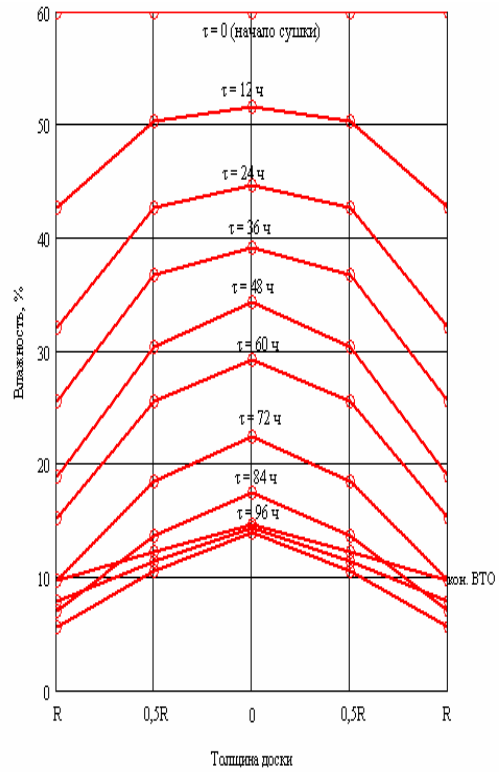
Теплофизические, влагообменные и физико-механические свойства древесины определялись на основе зависимостей, полученных в ходе ранее проведенных исследований [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Примеры результатов расчета кинетики и динамики сушки условного пиломатериала представлены на рис. 1 и 2.

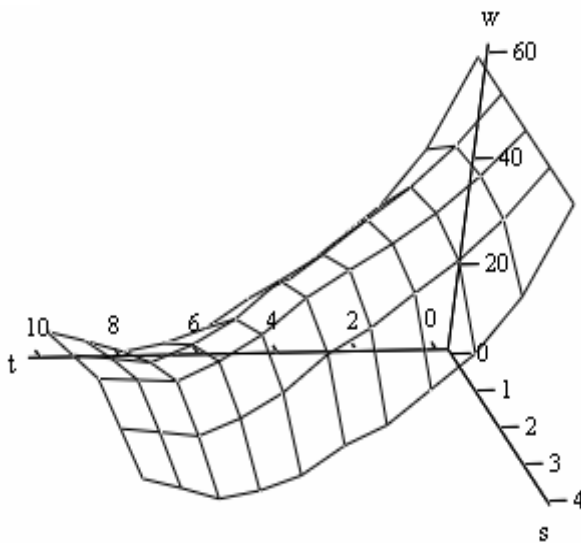
Анализ данных, представленных на рис. 1 и 2 позволяет заключить, что применение ВС Mathcad – 12 (при наличии соответствующего программного обеспечения) позволяет оперативно получить достаточно большой объем исчерпывающей информации о кинетике и динамике сушки пиломатериалов.



а)



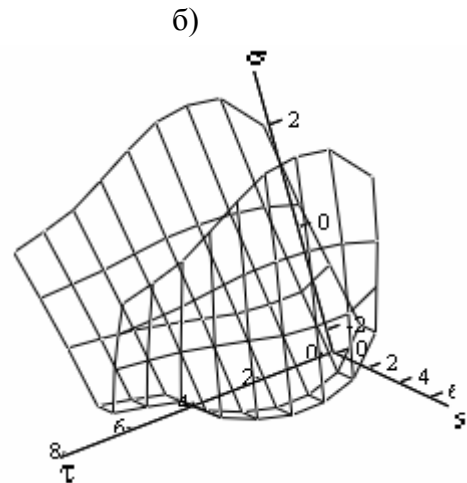
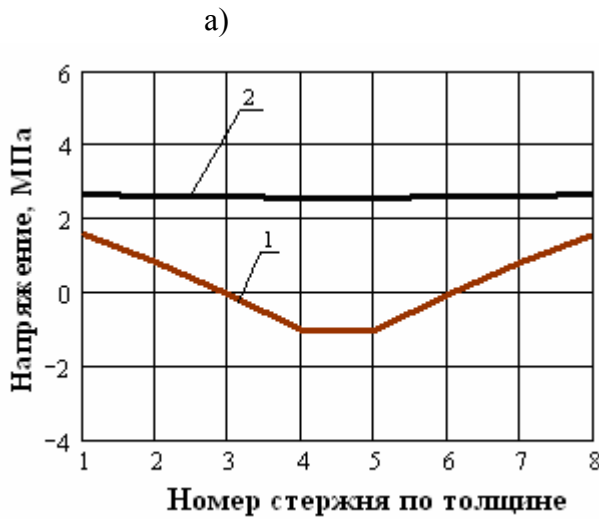
в)



б)

а) Изменение влажности древесины во времени: 1 – средняя влажность; 2 – внутренние слои; 3 – наружные слои; б) Распределение влажности в пространстве параметров времени и толщины доски; в) Распределение влажности по толщине в различные моменты времени

Рисунок 1 – Кинетика сушки пиломатериалов (порода – сосна, толщина – 40 мм;  $W_n = 60\%$ ,  $W_k = 12\%$ , режим – нормативный)



- а) Максимальные напряжения в стержнях многостержневой модели: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; б) Напряжения в стержнях многостержневой модели в конце сушки: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; в) Напряжения в стержнях многостержневой модели после конечной влаготеплообработки: 1 – напряжения во время сушки; 2 – допускаемые напряжения; г) Развитие напряжений в пространстве параметров времени и толщины доски

Рисунок 2 – Внутренние напряжения при сушке пиломатериалов (порода – сосна, толщина 40 мм,  $W_n = 60\%$ ,  $W_k = 12\%$ ; режим – нормативный)

### Выводы

Предлагается методика и программное обеспечение, выполненное в вычислительной среде Mathcad – 12, предназначенные для оперативного анализа кинетики и динамики сушки пиломатериалов различных пород режимами различной структуры и значений их параметров.

## Библиографический список

1. Кирьянов Д.В. Mathcad – 12 / Д.В. Кирьянов / СПб.: БХВ – Петербург. – 2005. – 576 с.
2. Алексеев Е.Р. Mathcad – 12 / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова / М.: NT Press. – 2005. – 345 с.
3. Лыков А.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат. – 1963. – 535 с.
4. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесная промышленность. – 1980. – 206 с.
5. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С Шубин. – М.: Лесная промышленность, 1990. - 336 с.
6. Скуратов Н.В. Разработка рациональных режимов сушки пиломатериалов в камерах периодического действия: дисс. ... канд. техн. наук / Скуратов Николай Владимирович. – М.: МЛТИ. – 1983. – 257 с.
7. Красухина Л.П. О рациональных режимах сушки березовых пиломатериалов в камерах периодического действия / Л.П. Красухина // Деревообрабатывающая промышленность. – 1988. – № 6. – С. 5 - 7.
8. Серговский П.С. Новые режимы сушки осинового пиломатериала / П.С. Серговский, А.А. Фахретдинов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1991. – № 1. – С. 4 - 7.
9. Огаркова Т.В. Влияние влаги на коэффициент усушки древесины / Т.В. Огаркова // Сушка древесины. – Архангельск. – 1968. – с. 201 – 206.
10. Огаркова Т.В. Влияние гигроскопической влаги на коэффициент усушки древесины / Т.В. Огаркова // Изв. ВУЗов “Лесной журнал”. – 1964. - № 3.
11. Глухих В.Н. Аналитическое определение коэффициента усушки по ширине доски / В.Н. Глухих // Изв. ВУЗов “Лесной журнал”. – 1973. - № 4.

**Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е.** (ОАО «УралНИИПДрев»,  
УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [elenashishkina@yandex.ru](mailto:elenashishkina@yandex.ru)

## **РАСЧЕТ СКОРОСТИ АГЕНТА СУШКИ В КАМЕРАХ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ**

### *THE CALCULATION OF DRYING AGENT SPEED IN CHAMBER WITH NATURAL CIRCULATION*

Постоянное повышение цен на электроэнергию в последние годы заставило производителей [1] и исследователей [2] вновь обратиться к использованию для сушки пиломатериалов камер с естественной циркуляцией агента сушки, которые не потребляют электроэнергию на привод вентиляторов. К другим преимуществам камер этого типа можно отнести:

- простоту конструкции и более низкую стоимость камеры;