

где F – гибкости длинного трепаного льноволокна, мм; N_{OH} – номер длинного трепаного льноволокна, определенный согласно отраслевым нормам.

Как видно из модели (5), при увеличении номера длинного трепаного льноволокна на 1 среднее значение гибкости увеличивается на 1.572 мм. Коэффициент детерминации регрессионной модели (5) составляет $R^2 = 0.117$ (p -value = $2.133 \cdot 10^{-6}$), что говорит о высокой вариативности распределения значений разрывной нагрузки.

Было установлено что коэффициент вариации по разрывной нагрузке, коэффициент вариации по гибкости, группа цвета и горстевая длина не имеют статистически значимой (на уровне значимости $\alpha = 0,05$) взаимосвязи с номером длинного трепаного льноволокна, определенного согласно отраслевым нормам. При этом, каждое из приведенных физико-механических свойств имеет статистически значимый средний уровень.

Список использованных источников

1. СТБ 1195-2008 Волокно льняное трепаное длинное. Введ. 2008-04-30. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь 2008. – 30 с.
2. ГОСТ 10330-76 Лен трепаный. Введ. 1989-01-01. – Москва : Издательство стандартов 1989. – 23 с.
3. Отраслевые нормы и нормативы расхода льняного сырья / НИРУП ЦНИЛП - Минск, 2011. – 29 с.
4. Дягилев, А.С. Исследование качественных характеристик белорусского длинного трепаного льноволокна урожая 2013 года / А.С. Дягилев, А.Н. Бизюк, А.Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 27. – С. 31.

УДК 004.94

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОПИТКИ МНОГОСЛОЙНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ст. преп. Бизюк А.Н., к.т.н., доц. Ясинская Н.Н.

Витебский государственный технологический университет

Пропитка текстильных материалов различными жидкостями является неотъемлемой частью большинства технологических процессов заключительной отделки. Поэтому актуальной является проблема моделирования процессов пропитки для определения оптимальных технологических параметров [1]. Однако моделирование процесса пропитки текстильного материала осложнено по следующим причинам:

1. текстильные материалы имеют сложную, неоднородную внутреннюю структуру;
2. В процессе пропитки движение жидкости внутри материала происходит за счет нескольких физико-химических процессов;
3. необходимо учитывать большое количество факторов.

В данной работе выполнено численное моделирование процесса пропитки текстильного многослойного материала методом конечных элементов.

При моделировании были использованы допущения для упрощения модели:

1. материал моделировался как однородное тело с анизотропией свойств по трем направлениям;
2. свойства материала были неизменны в процессе моделирования.

Для расчета движения жидкости в текстильном многослойном материале использовалась система компьютерного моделирования физико-химических процессов COMSOL multiphysics. В этой системе была построена модель двухслойного текстильного материала. Каждый слой обладает различными физико-химическими свойствами. Моделируемая жидкость помещается между слоями текстильного материала. Система COMSOL multiphysics позволяет моделировать различные физические процессы с использованием известных законов. В соответствии с выбранным физическим законом задаются соответствующие начальные и граничные условия для модели, которые зависят от свойств участвующих в процессе веществ и состояния окружающей среды. На рисунке 1 изображена схема многослойного текстильного материала, построенная в системе COMSOL multiphysics.

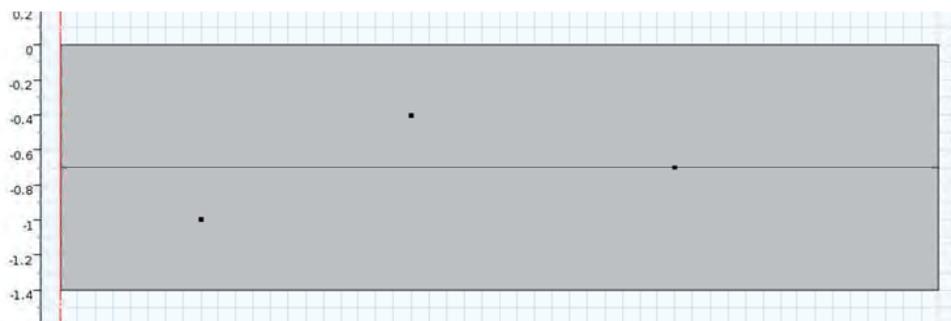


Рисунок 1 – схема многослойного текстильного материала

После описания физической формы модели ее нужно разбить на конечное количество областей (элементов). В каждом из элементов, в соответствии с заданным физическим законом, выбирается аппроксимирующая функция. Для определения коэффициентов аппроксимирующих функций решается система уравнений, которая составляется из условия равенства значений аппроксимирующих функций на границах конечных элементов [2]. Чем меньше будет размер конечных элементов, тем точнее будет итоговое решение задачи, однако расчет в таком случае потребует большого объема вычислений. В связи с этим, для решения задач методом конечных элементов широко применяют компьютерные технологии, а также выбираются неоднородные сетки конечных элементов. Вблизи областей модели, которые представляют наибольший интерес, выбирается более мелкая сетка, а в остальных областях – более редкая. На рисунке 2 изображена построенная сетка для исследуемой модели.

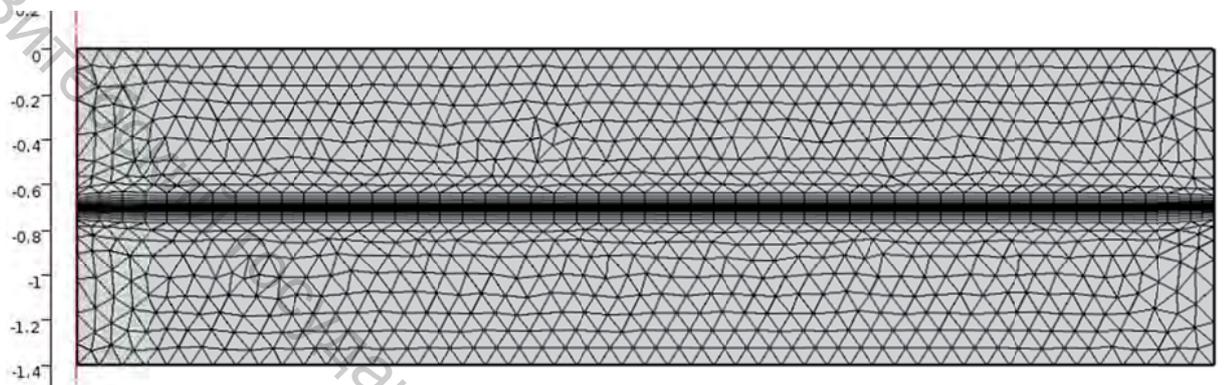


Рисунок 2 – сетка конечных элементов

Сетка имеет меньший шаг вблизи границы соприкосновения двух слоев текстильного материала, так как эта область представляет наибольший интерес для исследования.

После того как модель подготовлена к решению, запускается расчет и система COMSOL multiphysics выполняет итерационный процесс расчета состояний системы через заданные интервалы времени. В результате расчета накопленный массив данных можно использовать для отображения результатов в выбранный момент времени в различных формах: в виде двумерных и трехмерных графиков для различных физических показателей, в виде таблицы чисел, в виде видеоролика.

На рисунке 3 показаны диаграммы концентрации жидкости в многослойном текстильном материале в различные моменты времени после начала пропитки.

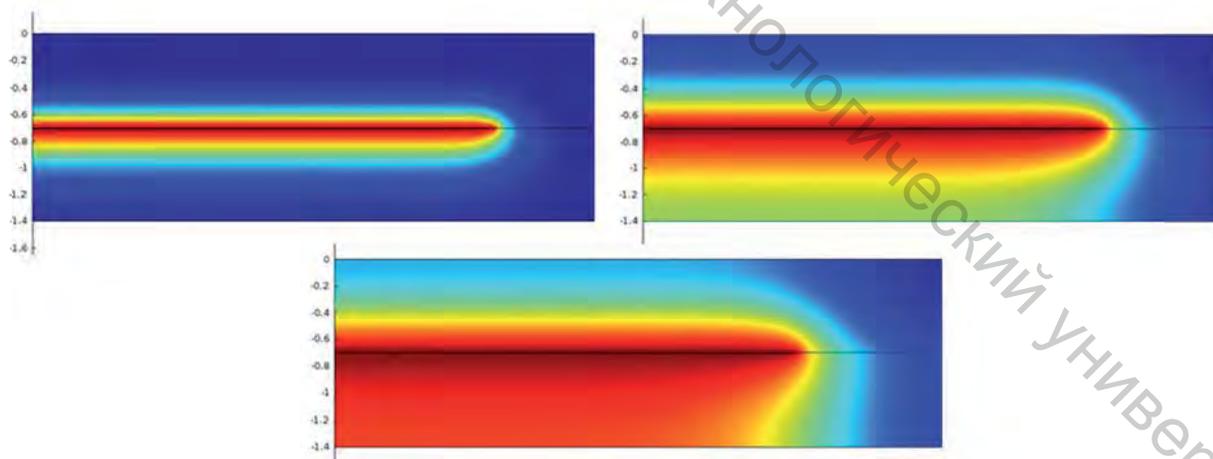


Рисунок 3 – диаграммы концентрации жидкости в многослойном текстильном материале

Из рисунка 3 видно, что из-за различных свойств слоев текстильного материала и их взаимного расположения, жидкость пропитывает слои с различной скоростью. Полученные результаты моделирования позволяют рассчитать значения различных физико-химических показателей процесса в различных точках моделируемой области.

На рисунке 4 показаны графики изменения концентрации жидкости в двух точках многослойного текстильного материала, расположенных в разных слоях.

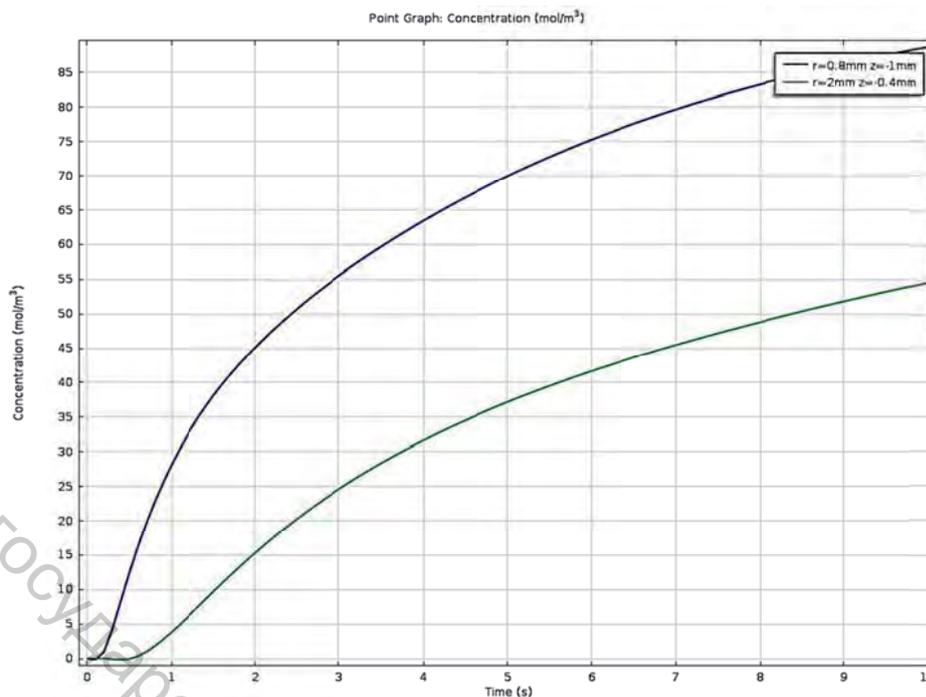


Рисунок 4 – графики изменения концентрации в двух точках материала

Из рисунка 4 можно определить концентрацию жидкости (моль/м³) в одной из двух точек многослойного материала (1 точка на 0,3мм ниже линии соприкосновения, 2 точка на 0,3мм выше) в любой момент времени после начала пропитки.

Примененный в данной работе метод моделирования может быть использован для определения оптимальных технологических параметров процесса пропитки многослойных и однослойных текстильных материалов. Система COMSOL multiphysics позволяет существенно упростить моделирование сложных физико-химических процессов. Современное аппаратное обеспечение персональных компьютеров позволяет решать сложные математические задачи за приемлемое время, что позволяет использовать более точные модели и получать более достоверные результаты.

Список использованных источников

1. Бизюк, А.Н. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ-излучения/ А.Н. Бизюк, С.В. Жерносек, Н.Н. Ясинская, В.И. Ольшанский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 26. – С. 21.
2. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984

УДК 004.9

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СРЕДСТВАМИ СОВРЕМЕННЫХ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

К.т.н., доц. Казаков В.Е.

Витебский государственный технологический университет

Программные продукты, предназначенные для исследования бизнес-процессов, сегодня становятся всё более востребованными. Одним из наиболее эффективных методов исследования бизнес-процессов является имитационное дискретно-событийное моделирование [1]. На данный момент имеется большое количество программных продуктов имеющих инструменты для проведения данного типа моделирования. Среди этих программных продуктов можно выделить две группы:

- программные продукты, ориентированные на проведение исследований;
- системы поддержки управления организацией.

Одним из ярких представителей второй группы является пакет Business Studio (BS), внедрённый в учебный процесс подготовки специалистов экономического профиля в УО «ВГТУ».

Были исследованы основные инструменты для проведения имитационного дискретно-событийного моделирования, предоставляемые BS с функционалом, который предлагают современные системы имитационного моделирования [2].

Современные системы моделирования имеют в своём составе мощные редакторы схем, однако в большинстве случаев для описания структуры модели применяются собственные графические нотации,