

УДК 677. 1/2

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ
ДВИЖУЩЕГОСЯ И ВАРЬИРУЕМОГО ПО ШИРИНЕ
СЛОЯ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ***

**MODELING OF THE PROCESS OF DRYING THE MOVING LAYER
OF LINEN STOCK VARIABLE ALONG ITS WIDTH**

Н.В. КИСЕЛЁВ, Е.Л. ПАШИН, Е.Э. ИВАНОВ
N. V. KISELEV, E. L. PASHIN, E. E. IVANOVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: kaf_tplv@mail.ru

В статье приведены результаты моделирования процесса сушки движущегося слоя льняной тресты с изменяющимися параметрами его структуры, формируемого при размотке рулона для последующей сушки. Рассчитаны основные статистические характеристики показателей процесса и произведен их анализ. Сделан вывод о необходимости использования при сушке более эффективных схем подачи теплоносителя менее чувствительных к неоднородности слоя.

* В подготовке материалов статьи принимал участие студент 5-го курса специальности 260701 А.А. Пожарский.

The article presents the results of modeling of the process of drying the moving linen stock layer with changing parameters of its structure, forming at unwinding a roll for next drying. Basic statistic characteristics of process indexes have been calculated and their analysis has been carried out. The conclusion on necessity of using more effective schemes of heat carrier input less sensitive to layer heterogeneity has been made.

Ключевые слова: процесс сушки, ширина слоя, льняная треста, движение, компьютерная модель.

Keywords: drying process, layer width, linen stock, moving, a computer model.

Одной из причин неравномерности сушки льняной тресты является неоднородность слоя тресты по проницаемости, обусловленная, в первую очередь, варьированием длины стеблей в слое из-за различных условий произрастания.

Установленные причины пониженной эффективности сушки льняной тресты на льнозаводах, в том числе повышенная неоднородность слоя стеблей по его ширине [1], привели к выбору нового способа сушки [2], при котором движение горячего воздуха происходит преимущественно вдоль стеблей, что должно способствовать более эффективному использованию потенциала теплоносителя в условиях изменения ширины слоя.

В настоящее время имеется компьютерная модель этого способа сушки, учитывающая особенности массообмена в слое льняной тресты [3]. Однако в данной модели слой рассматривался как однородный, с постоянной шириной, что существенно идеализирует процесс и снижает общность полученных результатов. Кроме того, недостатком данной модели является то, что слой тресты рассматривается как неподвижный. Это может приводить к ошибочным результатам в отношении времени сушки, так как если поле скоростей в зоне сушки является неоднородным, элементы слоя, расположенные в зоне пониженных скоростей сушильного агента, будут постоянно отставать в скорости сушки. При конвейерной сушке все элементы слоя последовательно проходят через области как с повышенной, так и с пониженной скоростью воздуха. Это в определенной

степени снижает влияние неравномерной раздачи потока воздуха по длине слоя тресты на время сушки в целом.

Для учета движения слоя на транспортере сушильной машины использован ППП ANSYS CFX, допускающий использование подвижных сеток.

Область моделирования по новой схеме сушки представлена в виде семи доменов, соответствующих четырем секциям (зонам) сушки (рис. 1). Геометрия секции предельно схематизирована. Поскольку в модели принята симметрия машины, в первом приближении полагаем, что слой тресты также симметричен относительно осевой линии (оси X на рис. 1). На рис. 1 представлена геометрия области моделирования по новой схеме сушки: 1 – слой тресты, 2 – верхние подводящие воздуховоды, 3 – нижние подводящие воздуховоды, 4 – отводящие воздуховоды, 5 – зоны утечки воздуха через слой тресты на входе и выходе из машины.

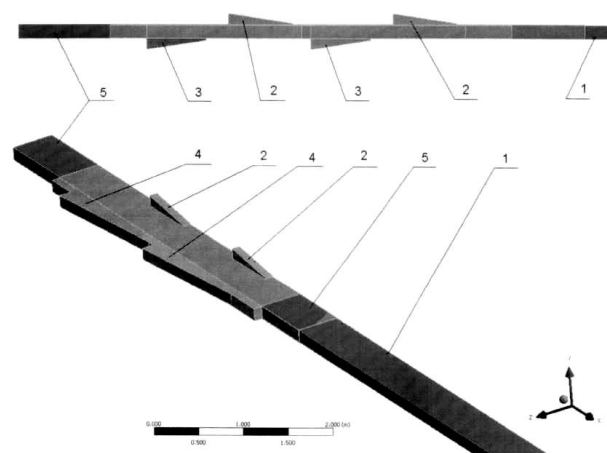


Рис. 1

Термические и гидродинамические граничные условия на поверхностях области моделирования принимались в соответствии с рис. 2 (задание граничных условий для новой схемы: 1 – входные сечения подводящих воздуховодов первой и второй секций; 2 – выходные сечения отводящих воздуховодов первой и второй секций; 3 – входные сечения подводящих воздуховодов третьей и четвертой секций; 4 – выходные сечения отводящих воздуховодов третьей и четвертой секций).

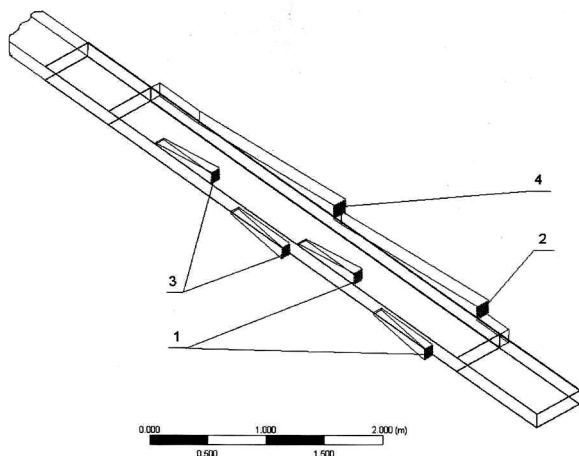


Рис. 2

Во входных сечениях задавались скорость и температура воздуха, а также его влагосодержание, которое определяется с учетом влагосодержания рециркуляционного воздуха, выходящего из слоя, атмосферного воздуха и степени рециркуляции. На остальных поверхностях модели автоматически задаются граничные условия, соответствующие непроницаемой стенке.

Для предлагаемой схемы сушки реализована противоточная схема движения воздуха по секциям. При этом в первые две секции подается воздух непосредственно из теплогенератора, а ко вторым двум секциям подается воздух, выходящий из первых секций, с добавлением атмосферного воздуха, и подогретый до исходной температуры. Отработанный воздух из этих секций частично возвращается на рециркуляцию, частично выбрасывается в атмосферу.

При моделировании массовый расход и температура воздуха на входе в слой

тресты поддерживались на постоянном уровне, соответственно 1 кг/с (расход 6730 м³/ч) и 95°C, температура внешнего атмосферного воздуха 20°C, относительная влажность 50%, степень рециркуляции 4. Общая длина секций в рассматриваемой модели составляла 9 м, плотность загрузки выбрана с учетом паспортного значения для применяемой в настоящее время на льнозаводах сушилки СКП-1-10ЛУ, а именно 6 кг/м². Средняя объемная плотность загрузки составляла 40 кг/м³. Интервал варьирования толщины слоя в модели составил 0,21...0,44 м. Такие значения были выбраны по результатам экспериментального определения степени заполнения поверхности транспортера слоем тресты в производственных условиях. Измерения показали, что только от 44 до 93% ее закрыто трестой.

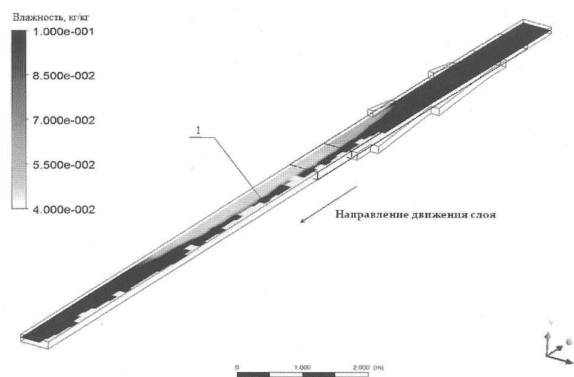


Рис. 3

Рассмотрим результаты моделирования процесса сушки. На рис. 3 представлено распределение влажности по объему слоя для новой схемы (1 – зона высушенной тресты) через 100 с при скорости движения транспортера 4,8 м/мин. Стрелкой показано направление движения. Начальная (фиктивная) зона соответствует начальному моменту сушки, в котором при нахождении слоя в сушильной машине включается подача сушильного агента, при этом некоторая часть слоя сразу выходит из секции и недосушивается. Этот участок не реализуется при постепенном вхождении слоя в машину и обусловлен лишь особенностями компьютерной модели. Конечная зона соответствует

распределению влажности в части слоя, которая в текущий момент времени находится внутри машины. Поскольку воздух подается в слой в средней его части, в первой секции подсушивается лишь середина слоя, в последующих секциях сухая зона расширяется клинообразно, и на выходе из машины распределение влажности в слое соответствует зоне высушенной тресты.

Из визуального анализа полученных результатов моделирования следует, что влажность в средней части по длине стеблей в слое меньше. Ее численные значения по длине слоя распределены достаточно равномерно (рис 4 – распределение влажности по длине (X) слоя после сушки: 1 – по краям слоя; 2 – в средней части по ширине слоя).

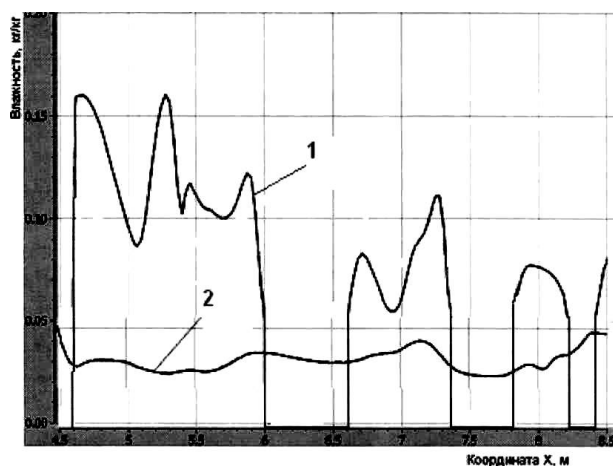


Рис. 4

Такой результат хорошо согласуется с технологическими требованиями по улучшению процесса обескостривания участков варьируемых по размерам стеблей вблизи зон их фиксации в зажимных транспортерах трепальной машины. В концевых участках влажность больше (нулевая влажность на кривой 1 соответствует незакрытым трестой участкам транспортера), выше и уровень ее варьирования, что объясняется

различиями ширины, а следовательно, и сопротивления слоя, учитываемыми при моделировании. Повышенная влажность концевых участков стеблей согласно [4] будет способствовать меньшей обрывности волокна при трепании прядей сырца в процессе получения трепаного волокна.

В Ы В О Д Ы

1. С целью развития ранее предложенной модели сушки льняной тресты [3] осуществлен учет эффектов, связанных с движением тресты в сушильной камере и изменением его ширины из-за системного изменения длины стеблей по длине слоя.

2. По результатам моделирования установлена возможность достижения требуемой по технологическим условиям дифференциации подсушки по длине стеблей (по ширине слоя). Выявлено, что изменение длины стеблей приводит к связанному с ним варьированию остаточной влажности концевых их участков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Киселев Н.В., Иванов Е.Э. Исследование параметров слоя, влияющих на эффективность сушки льняной тресты // Вестник КГТУ. – №2, 2012. С. 8...10.
2. Патент РФ № 2430319. Установка для сушки льнотресты. Оpubл. 27.04.2011, бюл. №12. Авторы: Пашин Е.Л., Киселев Н.В., Васильев Ю.В., Крапостин А.М.
3. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С.28...32.
4. Пашин Е.Л., Васильев Ю.В., Киселев Н.В. Исследование свойств стланцевой льняной тресты от влажности в разных зонах по длине стеблей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С. 22...23.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 26.03.13.