

УДК 677.027.16

**О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ
ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ
В РУЛОНАХ НА МАШИНЕ СЛР-3М2***

**ABOUT INCREASE OF EFFICIENCY
OF LINEN STALKS ROLLS DRYING PROCESS IN MACHINE SLR-3M2**

А.Г.НОСОВ, Д.С.ЩЕРБАКОВ
A.G.NOSOV, D.S.SCHERBAKOV

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

Приведены результаты моделирования процесса сушки льняной тресты в машине СЛР-3М2. Показана возможность двукратного снижения времени сушки и затрат тепла за счет автоматизации управления подачей воздуха к каждому рулону.

Shown the results of modeling of linen stalks drying process in the drying machine SLR-3M2. It is proved the possibility of double reduce drying time and heat consumption due to the automated control of air supply to each roll.

Ключевые слова: сушка, льняная треста, энергоэффективность.

Keywords: drying, flax stock, energy efficiency.

В настоящее время для сушки льняной тресты в рулонах комбайновой уборки ОАО "Костромское специальное конструкторское бюро текстильных машин" разработаны сушильные машины СЛР-3М2. Паспортная производительность по загруженному материалу составляет 600 кг/ч, по высушенному материалу

– 530 кг/ч. Однако на практике такие параметры не подтверждаются. Производительность по загруженному материалу оценивается на уровне 300 кг/ч, по высушенному материалу – 266 кг/ч [1].

На результаты сушки тресты в рулонах в первую очередь влияют параметры самого материала: средняя плотность и нерав-

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Н.В. Киселева в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки, код проекта 1092.

номерность ее распределения по объему рулона, а также средняя скорость сушильного агента в слое тресты [2]. Кроме того, на неравномерность сушки при одновременной загрузке трех рулонов, очевидно, будут влиять также разница в средней плотности рулонов и неравномерность распределения воздуха между рулонами, обусловленная конструкцией воздухопроводов.

Для уменьшения неравномерности сушки, связанной с неоднородностью рулонов по проницаемости, а также неравномерным распределением воздуха между рулонами в сушильной машине СЛР-3М2, предлагается автоматическое управление заслонками, регулирующими подачу воздуха из верхнего воздуховода в каждый рулон. Для упрощения управления заслонками целесообразно использовать двухпозиционный исполнительный механизм привода заслонки, устанавливающий ее в открытое или закрытое положение. Сигнал на закрытие заслонки для каждого рулона поступает от датчика относительной влажности воздуха, выходящего из данного рулона. Снижение значения влажности воздуха ниже задаваемого уровня означает, что проходящий через рулон сушильный агент уже не насыщается влагой, то есть рулон высушен. При этом подача воздуха распределяется уже между двумя оставшимися рулонами, что должно ускорить их сушку. После высыхания второго рулона весь воздух направляется в последний рулон, досушиваемый при максимальном расходе сушильного агента.

Для оценки данного предложения разработана компьютерная модель процесса сушки рулонов тресты в указанной сушильной машине. В ее основе лежит модель сушки слоя тресты [3] с учетом особенностей рулона как объекта сушки [4]. Геометрическая модель сушильной машины создавалась в среде DesignModeler ANSYS WorkBench, размеры соответствуют сушильной машине СЛР-3М2, вентилятор и калорифер не воспроизводились. Для обеспечения возможности реверсирования потока воздуха при формировании граничных условий воздухопроводы модели создавались состоящими из отдельных 3D-

объектов (доменов) (рис. 1 – геометрическая модель сушильной машины СЛР-3М2: 1 – рулоны тресты (домены RULON, RULON1, RULON2; 2 – нижний распределительный воздуховод; 3 – верхний распределительный воздуховод; 4, 5 – отводящий и подводящий воздухопроводы; 6 – области между верхним распределительным воздухопроводом и рулонами; 7 – области между нижним распределительным воздухопроводом и рулонами) с последующим назначением соответствующих интерфейсов, задающих внутренние краевые условия.

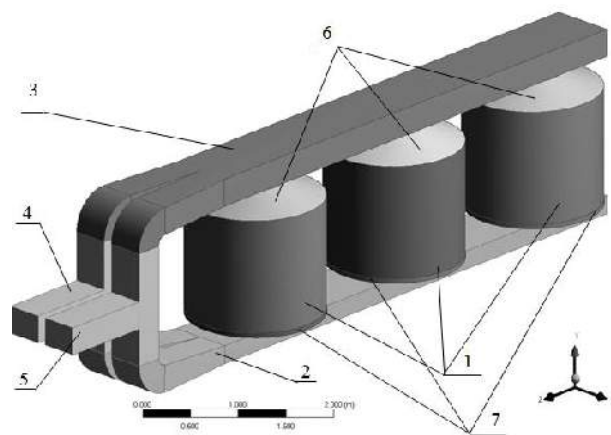


Рис. 1

Особенностью интерфейсов между доменами 4 и 2, 3, а также 5 и 2, 3 (рис.1) является то, что в этих местах в машине располагаются заслонки, управляющие реверсированием подачи воздуха. Для имитации реверса в свойствах интерфейсов включался режим, управляющий прохождением воздуха при помощи логического выражения. Если выражение истинно, интерфейс открыт, если нет – закрыт, то есть представляет непроницаемую стенку. Логические выражения сформированы таким образом, что с периодичностью, равной периоду смены направления подачи, они попеременно становятся то истинными, то ложными.

Особенностью интерфейсов между доменами 3 и 6 (рис. 1) является то, что в этих местах располагаются заслонки, которые могут перекрывать подвод воздуха по сигналу датчиков относительной влажности воздуха. В свойствах этих интерфейсов также включался режим управле-

ния состоянием по логическому выражению. Когда выражение становится истинным, интерфейс необратимо закрывается, имитируя закрытую заслонку.

Логическое выражение сформировано через CEL-функции препроцессора ANSYS CFX:

$$\text{Zamer} \&\& \text{Dat} < 0.2. \quad (1)$$

Функция Zamer формирует определенные интервалы времени замера влажности воздуха, соответствующие моментам перед сменой направления циркуляции воздуха, когда через датчики проходит воздух, выходящий из рулона и насыщенный влагой. В противном случае датчик измерял бы влажность воздуха, подаваемого в рулон, что не имеет смысла.

Функция Dat (а также Dat1, Dat2 для других датчиков) возвращает среднее значение относительной влажности воздуха в сечении установки датчика, имитируя его работу. Таким образом, логическое выражение (1) становится истинным, когда в момент замера влажность воздуха на вы-

ходе из соответствующего рулона становится меньше 20%, что предполагает высыхание рулона и вызывает закрытие соответствующей заслонки.

Рассмотрим результаты моделирования процесса сушки рулонов льняной тресты в сушильной машине без использования заслонок. Сушка осуществляется при температуре горячего воздуха 90°C и относительной влажности 11%. Разрежение, создаваемое вентилятором, 2200 Па, расход воздуха при этом разрежении составил 8520 м³/ч. Смена направления подачи воздуха через 60 с, рециркуляция не используется. Начальная влажность тресты 36%.

При этом время сушки, определяемое по моменту достижения максимальной влажности в пределах всех трех рулонов не более 25%, составило 4100 с. Средствами постпроцессора ANSYS построены графики изменения влажности тресты по рулонам в процессе сушки (рис. 2 – изменение средней (а) и максимальной (б) влажности рулонов в процессе сушки: 1 – RULON; 2 – RULON1; 3 – RULON2).

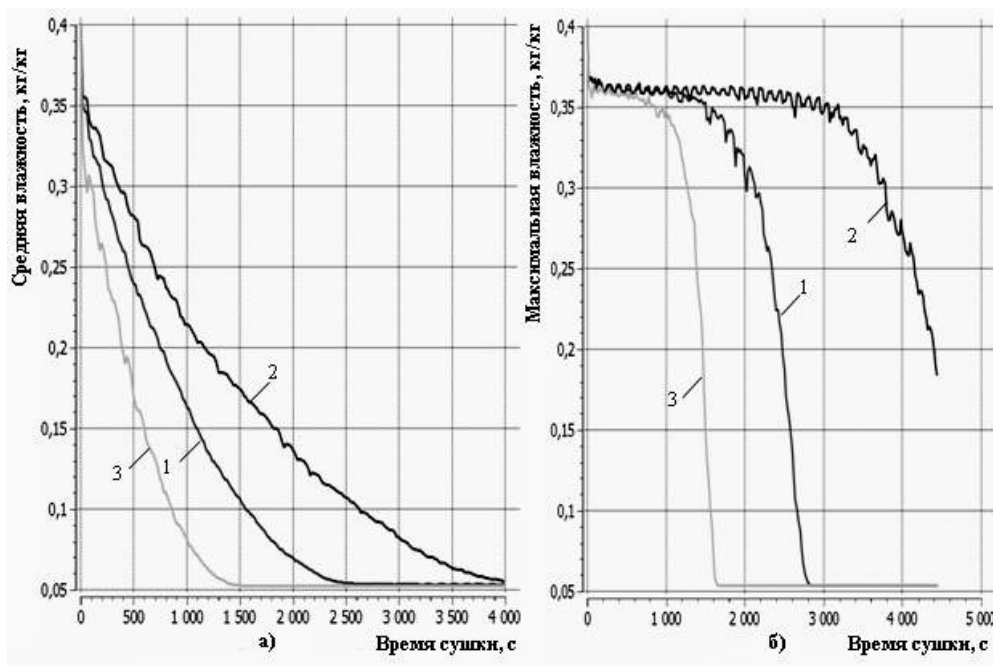


Рис. 2

Результаты моделирования показывают, что рулоны сохнут неравномерно: рулон RULON2 (рис. 2) высыхает до макси-

мальной влажности 25% за 1200 с, рулон RULON – за 2200 с, а рулон RULON1 – за 4100 с. Это объясняется неравномерным

распределением воздуха между рулонами в машине СЛР-3. Даже при одинаковых параметрах рулонов расход воздуха через рулон 1 составляет 2740 м³/ч, рулон 2 – 2224 м³/ч, рулон 3 – 3558 м³/ч вследствие неравномерной раздачи воздуха по длине воздуховодов.

Очевидно, что неоднородность рулонов по плотности и проницаемости, имеющая место в реальных условиях, еще больше усиливает неравномерность сушки. При этом, несмотря на наличие в машине СЛР-3М2 заслонок, позволяющих изменять подачу воздуха в каждый рулон, выровнять расходы через рулоны практически невозможно из-за отсутствия соответствующих контрольно-измерительных средств.

Неравномерность сушки отрицательно влияет на эффективность использования потенциала сушильного агента. При отсутствии рециркуляции воздух, прошедший через уже высохшие рулоны, не насыщается влагой и его потенциал теряется. Уже после высыхания первого рулона (1500 с) относительная влажность воздуха на выходе из сушилки составляет всего 30%, а температура достигает 75°С. При этом удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги за все время сушки составляет 5,43 мДж/кг.

Рассмотрим результаты моделирования процесса с учетом вышеизложенных предложений. Значение относительной влажности воздуха на выходе из рулона, при котором прекращается подача воздуха, выбрана на уровне 20%.

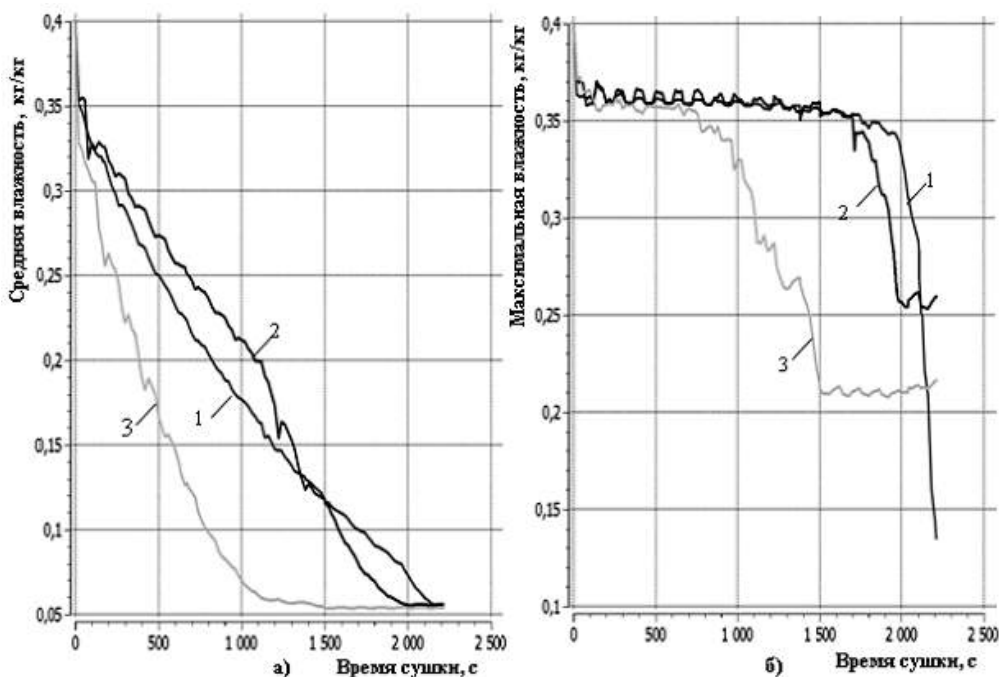


Рис. 3

Графики изменения влажности тресты по рулонам в процессе сушки приведены на рис. 3 (изменение средней (а) и максимальной (б) влажности рулонов в процессе сушки по новой схеме: 1 – RULON; 2 – RULON1; 3 – RULON2). Из графиков видно, что после высыхания рулона RULON2 через 1500 с (кривая 3 на рис.3-б) его влажность далее остается постоянной, поскольку подача воздуха к нему прекра-

щается. Через 2000 с высыхает рулон RULON1 (кривая 2), после чего оставшийся рулон (кривая 1) высыхает до максимальной влажности 25% уже через 100 с. Таким образом, общее время сушки рулонов составляет 2100 с. При этом зафиксировано, что после отключения подачи воздуха в уже высохшие рулоны относительная влажность выходящего воздуха повышается, а температура падает.

По данным расчета удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги получается на уровне 2,7 мДж/кг.

Таким образом, время сушки трех рулонов на модернизированной машине СЛР-3М2 сокращается с 4100 до 2100 с, или в 1,95 раза, а удельный расход тепла (без учета потерь в окружающую среду) – с 5,43 до 2,7 мДж/кг, или в 2 раза.

ВЫВОДЫ

1. Разработана компьютерная модель процесса сушки льняной тресты в рулонах на машине СЛР-3М2.

2. Результаты моделирования показывают возможность двукратного сокращения времени сушки и затрат тепла за счет автоматизации управления подачей воздуха к каждому рулону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сушилка для льняных рулонов СЛР-3 [электронный ресурс] / Режим доступа: <http://skbtm.ru/lenzavod.html#slr3>

2. Дубкова И.А. Совершенствование технологии подготовки льнотресты в рулонах к механической переработке: Дис.... канд. техн. наук.– Кострома, 2000.

3. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Пашин Е.Л. Компьютерная модель сушки слоя льняной тресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.119...123.

4. Носов А.Г., Киселев Н.В. Об использовании рециркуляции при сушке льняной тресты в рулонах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С.36...39.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 30.09.14.