

УДК 677.027.

ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В КРУГОВОМ ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Э.В. Новиков, И.Б. Мясников

ФГБОУ ВПО КГТУ,

г. Кострома, Россия

ОГБПОУ «КЭТ имени Ф. В. Чижова»,

г. Кострома, Россия

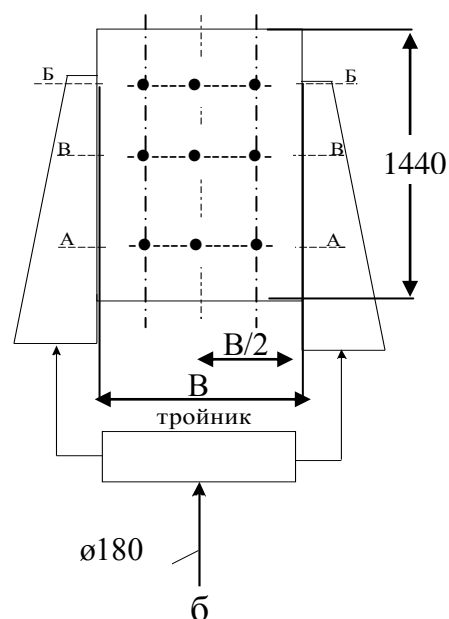
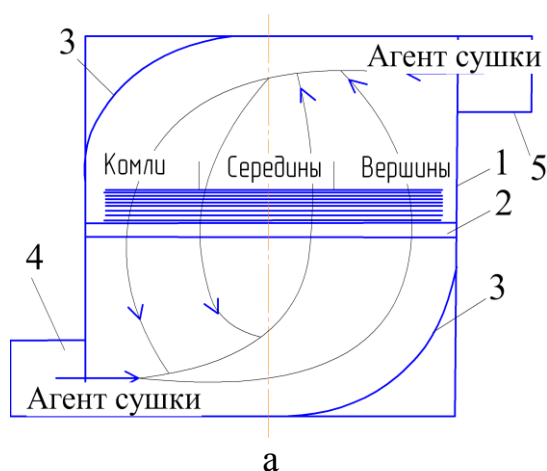
Аннотация. Представлен новый способ продувки льносырья в круговом потоке теплоносителя, экспериментальная сушильная установка для его осуществления и результаты исследований.

Ключевые слова. Стебли льна, льнотреста, экспериментальная установка, конвективная сушка, круговой поток, воздухораспределитель, скоростное поле, агент сушки.

Подсушка льняных стеблей в линиях производства длинного, короткого и однотипного волокна является ответственной операцией, однако из-за высоких затрат на эксплуатацию существующих сушильных машин [1] они практически не применяются на льнозаводах. Переработка стеблей льна-долгунца и масличного льна с повышенной влажностью (выше технологической) в большинстве случаев не позволяет получить волокно с нормируемой и с даже допустимой массовой долей костры, также существенно повышаются простои оборудования, понижается производительность мяльно-трепальных и куделеприготовительных агрегатов. В случае, если не удастся достичь требуемой массовой доли костры в волокне его пропускают через линии второй раз, что повышает себестоимость производства и снижает его прочность волокна. В итоге снижаются выход и качество волокна, а значит его цена. Это подтверждается наблюдением за процессами переработки льнотресты на льнозаводах Ярославской и Костромской областей, Республики Удмуртия и других.

В КГТУ на протяжении многих лет ведутся исследования конвективной сушки льняной тресты, по результатам которой обоснован и предложен ряд технологий продувки льносырья и конструкций энергосберегающих и недорогостоящих сушильных машин [2-7]. Одним из малоизученных является способ конвективной сушки лубяных культур в круговом потоке теплоносителя и устройство для его осуществления [7], сушильная камера, которой представлена на рис. 1.

Сушка стеблей льна проходит следующим образом [8] (рис. 1). Агент сушки от тепловентилятора поступает в материал одновременно с двух сторон из двух распределителей снизу и сверху.



в



г

Рис. 1. Схема и виды экспериментальной установки для сушки льносырья в круговом потоке теплоносителя:

а – вид поперечный; б – схема воздухораспределителей, сушильной камеры сверху и точек замера; в, г – общий вид:

1 – сушильная камера; 2 – сетка-рабица;

3 – направляющие щиты; 4 – воздухораспределитель для подачи агента сушки снизу; 5 – воздухораспределитель для подачи агента сушки сверху; А-А, В-В, Б-Б – сечения сушильной камеры

Сушка нагретым воздухом проходит в два этапа, на первом этапе одновременно продуваются комли и часть средин снизу, вершины и оставшаяся часть средин продуваются сверху, на втором этапе одновременно продуваются комли и часть средин сверху, а вершины и оставшаяся часть средин – снизу.

Цель исследований. Изучить поля распределения воздушных потоков и температуры в представленной сушильной установке, определить продолжительность сушки стеблей льнотресты в ней.

Для изучения характера изменения воздушных потоков в камере применялись крыльчатые анемометры (рис. 2), которые фиксировали направление движения теплоносителя (агента сушки), также с помощью их определялись значения скоростей в девяти точках сушильной камеры.



Рис. 2. Вид установки анемометров на сетке-рабице в сушильной камере

В этих же точках с помощью термопары замерялось температурное поле (температура агента сушки).

Замеры направлений, скоростей и температуры воздуха в камере проводились при трех частотах вращения вентилятора 800, 1000 и 1200 мин⁻¹, что соответствовало расходу воздуха 3800, 4200; 4600 м³/ч. Ширина настила материала на транспортер соответствовала реальному значению для сушильных машин льнозаводов, материал в момент замеров отсутствовал.

Результаты снятия скоростного и температурного полей (направлений и скоростей) воздуха в рассматриваемой сушильной камере представлены на рис. 3 и 4, анализируя которые можно утверждать, что агент сушки в поперечном сечении и по длине камеры движется по-разному.

На рис. 3 и 4 знак «-» означает, что воздух движется снизу вверх, а «+» сверху вниз.

Скорость воздуха с увеличением расхода несколько увеличивается и соответственно снижается температура агента сушки (рис. 3). Скорость агента сушки в центральной части камеры в среднем в два раза меньше скоростей по ее краям. Увеличение расхода воздуха на 200 м³/ч увеличивает скорость воздуха в среднем в 1,22 раза и не влияет на характер распределения скоростного поля в сушильной камере. Уменьшение температуры в этом случае составило 2°C при увеличении расхода на 200 м³/ч и на 5,5°C при увеличении расхода на 400 м³/ч.

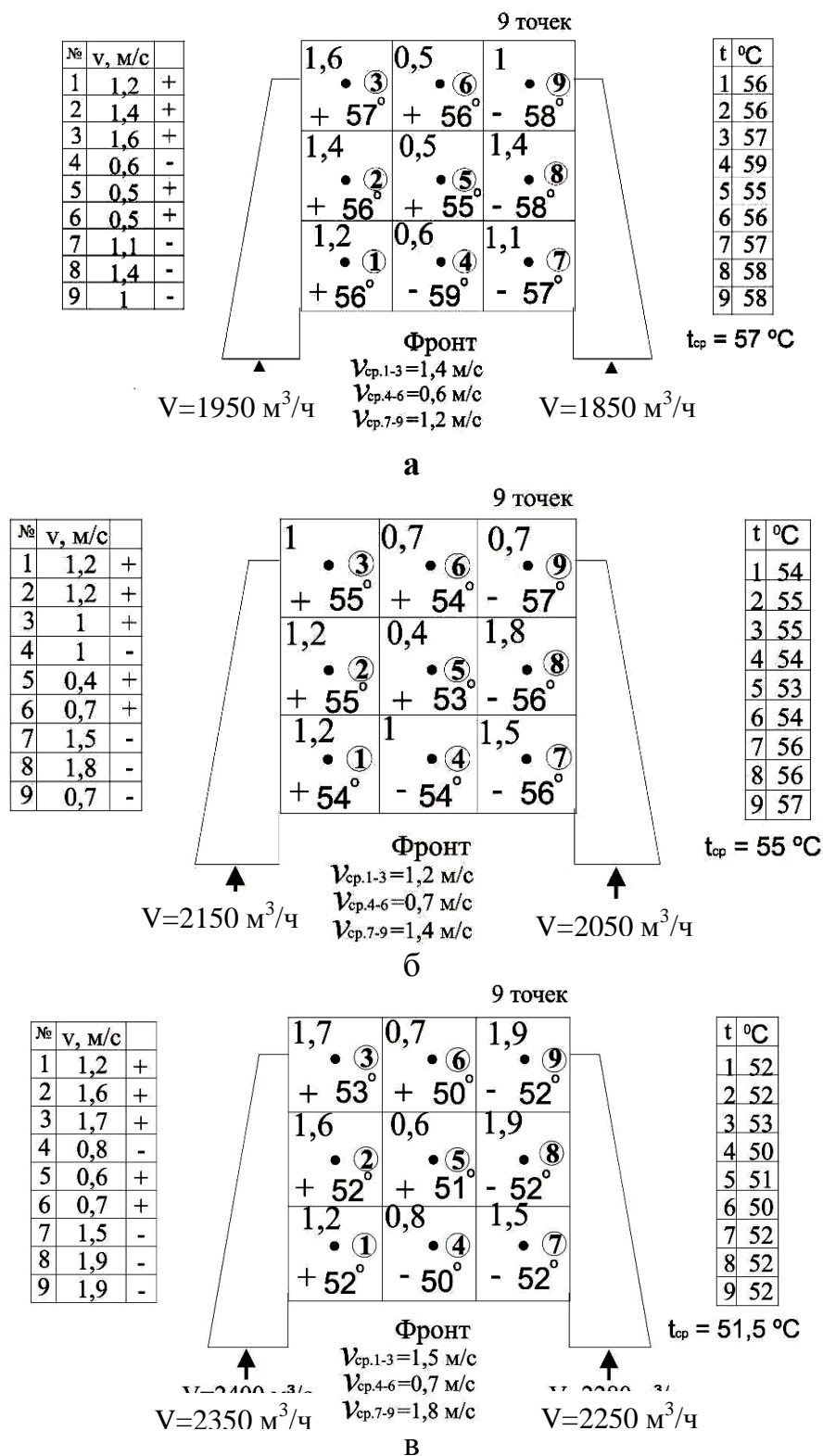
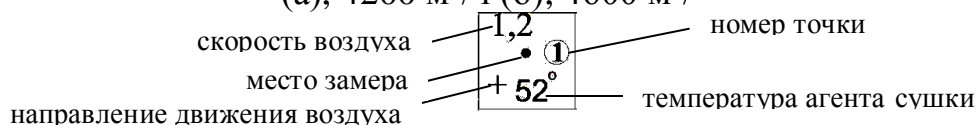


Рис. 3. Скоростное и температурное поле теплоносителя в сушильной камере при расходе воздуха, подаваемого в сушильную камеру 3800 м³/ч (а), 4200 м³/ч (б); 4600 м³/ч (в).



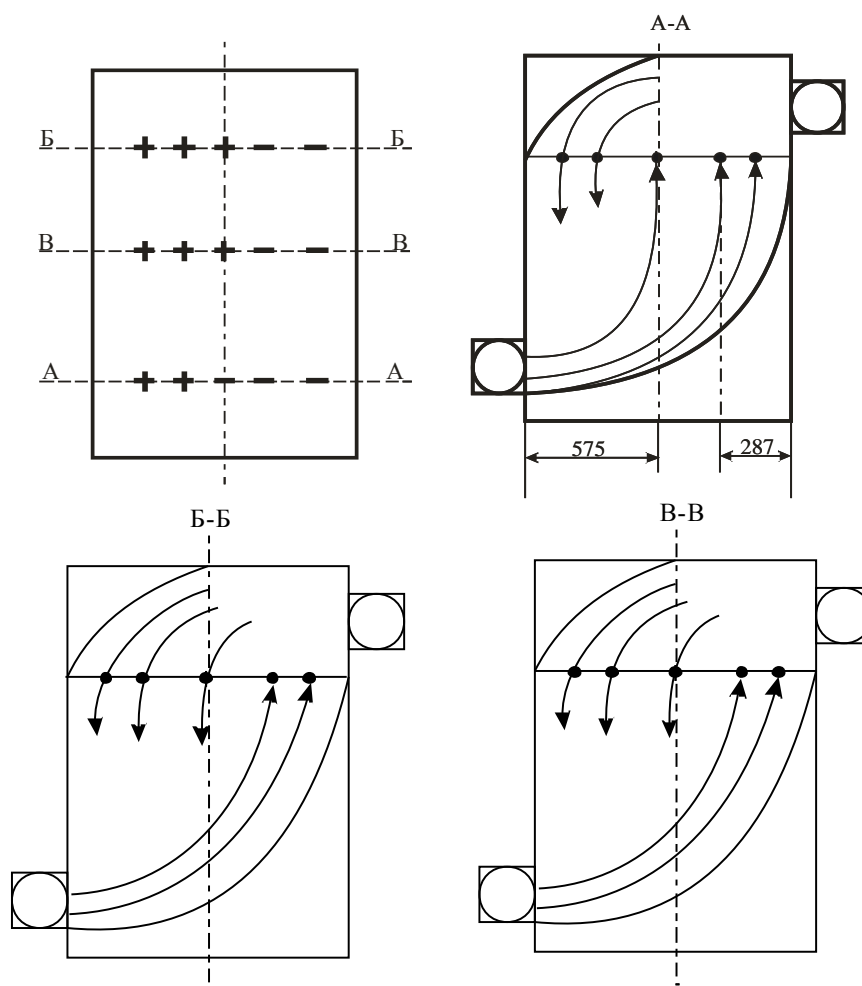


Рис. 4. Распределения скоростного поля в сушильной камере по сечениям (вид сбоку)

Далее проводилась сушка стеблей льнотресты, уложенных на сетку-рабицу, которая имитировала сетчатый транспортер реальной сушильной машины.

Для этого бралась такая масса сырья, чтобы при укладке ее на транспортер плотность стеблей составляла 3 кг/м^2 , затем они увлажнялись до влажности более 30%. После увлажнения стебли укладывались в мешки, плотно закрывались и выдерживались в течение 2-х суток. В процессе сушки стебли укладывались на сетку-рабицу и через каждую минуту они взвешивались, одновременно с этим контролировались параметры наружного воздуха и агента сушки.

По данным 10 опытных сушек определялись продолжительности процесса для каждого опыта, затем средние значения изменения влажности стеблей во времени, продолжительность сушки от влажности 30 % до 14 % (рис. 5) и другие параметры процесса.

Таблица

Изменение влажности льнотресты и параметров агента сушки в процессе высушивания

№ опытной сушки	Время сушки от влажности 30% до 14%, мин	Агент сушки		Наружный воздух	
		$t_1, ^\circ\text{C}$	$\varphi_1, \%$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$\varphi_0, \%$
1	2,9	48,2	18,2	25,7	19,2
2	3,7	49,8	13,8	26,5	48,1
3	3,0	49,6	14,6	25,8	27,9
4	3,1	51,4	13,2	26,5	36,4
5	2,7	49,4	11,9	26,2	50,2
6	2,9	47,8	18,3	24,8	39,8
7	3,2	47,6	11,2	25,8	42,3
8	3,3	48,0	22,1	24,8	45,6
9	3,1	49,4	21,8	26,0	35,9
10	3,4	48,4	19,9	25,8	41,5
Среднее значение	3,1	49,0	16,5	25,8	38,7
Относительная гарантийная ошибка опытных сушек, %	7,2	2,5	—	3,9	—
Абсолютная гарантийная ошибка опытных сушек	0,49	1,04	—	0,96	—

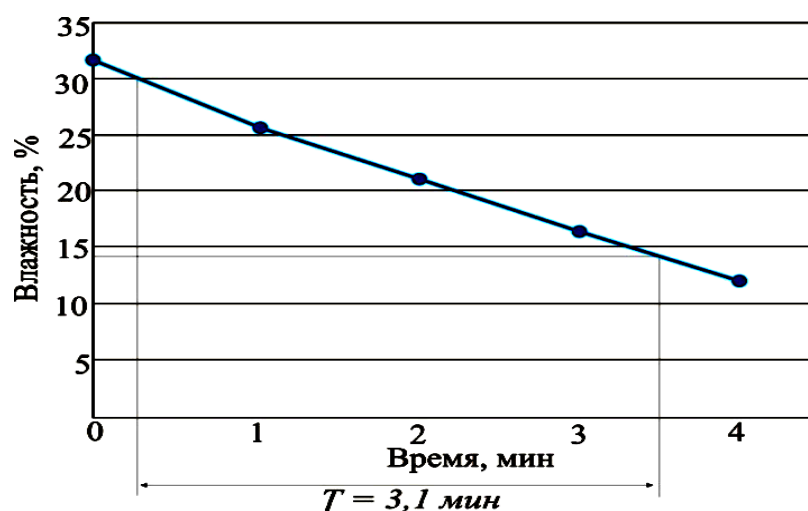


Рис. 5. Экспериментальная кривая сушки

Разработанный и исследованный способ продувки льна, устройство для его осуществления повышают эффективности и равномерность сушки по длине и толщине слоя сырья за счет изменения направление движения агента сушки на противоположное направление в поперечном направлении по отношению к материалу. Создаваемый таким образом реверсивный круговой поток нагретого воздуха высушивает материал при одновременном поперечном продувании комлей, середин и вершины в

различных направлениях, обеспечивая равномерное их высыхания, что повышает эффективность сушки и снижает затраты на ее осуществление.

Выводы

1. Разработана экспериментальная конвективная сушильная установка для изучения процесса сушки лубяных культур в круговом потоке теплоносителя, реализующая реверсивное его движение относительно материала.

2. Впервые изучено скоростное и температурное поле агента сушки в сушильной камере с круговым потоком теплоносителя.

3. Определена средняя продолжительность сушки льнотресты в круговом потоке теплоносителя, которая составляет 3,1 мин при $t_1=49^\circ\text{C}$, $\varphi_1=16,5\%$ и плотности загрузки 3 кг/м^2 .

Литература

1. Новиков, Э.В. О состоянии сушки на льнозаводах и энергосберегающая сушильная машина / Э. В. Новиков, В. В. Коновалов // Электронный журнала «Научный вестник Костромского государственного технол. ун-та», <http://vestnik.kstu.edu.ru/>. – Костромс. госуд. технолог. ун-т. – 2013, №1. – 8 с.

2. Новиков, Э.В. Изучение конвективной сушки льняной тресты при продувке ее вдоль стеблей / Э.В. Новиков, Д.С. Потапов, С.Ю. Легуша // Материалы Международной научно-технической конф. «Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий для экономики региона» (Лен 2010)». – Кострома. Изд-во Костромской гос. технол. ун-та. – 2010. – С. 15-16.

3. Новиков, Э.В. Исследование геометрических показателей слоя льнотресты на транспортере сушильной машины / Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко, А. П. Апыхин, В. А. Романов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №4. – С. 29-31.

4. Новиков, Э.В. Исследование геометрических показателей слоя льнотресты на транспортере сушильной машины / Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко, Т. П. Чекренева, В. А. Романов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. – С. 34-36.

5. Новиков, Э.В. Исследование сушильной камеры с круговым движением теплоносителя / Э. В. Новиков, А. П. Казаков, А. Д. Касаткин // Материалы конференции (сборник докладов) «Производство льнопродукции на основе современных технологий возделывания и переработки льна», 14 июня 2013 г., Смоленская область. г. Вязьма, 2013. – С. 138-141.

6. Новиков, Э.В. Новые экспериментальные установки для конвективной сушки льносырья и их исследование / Э. В. Новиков, А. Д.

Касаткин, А.П. Казаков, Р. С. Дудин // Электронный журнала «Научный вестник Костромского гос. технолог. ун-та», [ttp://vestnik.kstu.edu.ru/](http://vestnik.kstu.edu.ru/). – Костромс. гос. технолог. ун-т. – 2013, №2. – 8 с.

7. Новиков, Э.В. Изучение воздушных потоков в камере для конвективной сушки льносырья / Э. В. Новиков, Р. С. Дудин, С. А. Савинов, И. Б. Мясников // Электронный журнала «Научный вестник Костромского гос. технолог. ун-та», [ttp://vestnik.kstu.edu.ru/](http://vestnik.kstu.edu.ru/). – Костромс. гос. технолог. ун-т. – 2014, №1. – 9 с.

8. Положительное решение от 10.11.2014 на выдачу патента на изобретение РФ по заявке №2013135973/06 (053991) Способ сушки лубяного сырья и устройство для его осуществления. Дата подачи 30.07.2013 / Э. В. Новиков, А. П. Казаков, А. Д. Касаткин. – 7 с.