

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНВЕКТИВНО-ИНФРАКРАСНОГО СПОСОБА ПОДСУШКИ СТЕБЛЕВОЙ МАССЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Алтухова Ирина Николаевна
Новиков Эдуард Валерьевич
Королёва Евгения Николаевна
Шевалдин Дмитрий Михайлович
Безбабченко Александр Владиславович

Федеральный научный центр лубяных культур

Представлены результаты исследований процесса конвективно-инфракрасного способа подсушки спутанной стеблевой массы льна масличного на экспериментальной установке при различных параметрах и режимах. Показана возможность использования для подсушки льна масличного в виде спутанной стеблевой массы энергосберегающей сушильной машины марки МС-1, разработана конструктивно-технологическая схема, обоснованы параметры и режимы работы сушильной машины. Результаты экспериментов показали, что время подсушки стеблевой массы влажностью от 30 до 14% при температуре воздуха 80°C, его относительной влажности 8–9%, объёмном расходе 2200–3100 м³/ч и скорости 4–6 м/с составляет 2,0–2,9 мин, при влажности от 25 до 14% и при тех же условиях – от 1,5 до 2,2 мин. Показано, что использование только конвективного способа сушки является достаточным при следующих характеристиках воздушного потока: скорость – 5,3 и 5,8 м/с, объёмный расход – 2800 и 3100 м³/ч. При этом оптимальными являются следующие параметры: скорость воздуха – не менее 6 м/с, его объёмный расход – не менее 3100 м³/ч, температура – не менее 75°C, степень рециркуляции воздуха – 1,5–1,7. Определено, что дополнительное включение в конструкцию установки с тремя калориферами двух ИК-нагревателей суммарной тепловой мощностью 2 кВт не оказывает существенного влияния на время подсушки. Построена обобщающая зависимость влияния времени сушки на влажность подсушиваемого льна, а также регрессионная модель, отражающая связь продолжительности подсушки с исходной влажностью масличного льна, объёмным расходом воздуха и его температурой, используя которую можно определить длину сушильной машины. Полученные данные необходимы для внесения корректировок в конструкцию для эксплуатации машины МС-1 при сушке льна масличного в линиях производства волокна, а также при разработке новых образцов машин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: масличный лён, спутанная стеблевая масса, конвективная и конвективно-инфракрасная сушка, агент сушки, время сушки, расход воздуха.

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE CONVECTIVE INFRARED METHOD OF PREDRYING OF CROWN FLAX STALKS

Altukhova Irina N.
Novikov Eduard V.
Koroleva Evgeniya N.
Shevaldin Dmitry M.
Bezbabchenko Alexandr V.

Federal Research Center for Bast Fiber Crops

The results of studies of the process of the convective infrared method of predrying of the twisted crown flax stalks on an experimental installation at various parameters and modes are presented. The possibility of using the MS-1 energy-saving drying machine for predrying of the twisted crown flax stalks is shown, a design and technological scheme is developed, the parameters and operating modes of the drying machine are justified. Experimental results showed that the predrying time of the flax stalks with a humidity of 30 to 14% at an air temperature of 80°C, its relative humidity of 8–9%, at air-flow rate of 2200–3100 m³/h with air flow speed of 4–6 m/s is 2.0–2.9 minutes, at a humidity of 25 to 14% and under the same conditions the predrying time is 1.5–2.2 minutes. It is shown that the use of only the convective drying method is sufficient for the following characteristics of the air flow: the speed is 5.3 and 5.8 m/s, air capacity is 2800 and 3100 m³/h. In this case, the following parameters are optimal: air flow speed is not less than 6 m/s, air-flow rate is not less than 3100 m³/h, the temperature is not less than 75°C, and the degree of air recirculation is 1.5–1.7. It is determined that the use of two additional IR heaters with a total heating capacity of 2 kW in the design of the unit with three calorifiers does not significantly affect the time of predrying. A generalizing dependence of the influence of the drying time on the humidity of the crown flax was formulated, as well as a

regression model reflecting the relationship of the predrying time with the initial humidity of the crown flax, air capacity and its temperature. Due to the developed regression model, it is possible to determine the length of the drying machine. The obtained data are necessary for entering of adjustments to the design of the MS-1 machine when drying crown flax in fiber production lines, as well as when developing new machine samples.

KEYWORDS: crown flax, twisted flax stalks, convective and convective infrared drying, drying agent, drying time, air flow rate.

Введение

Развитие льняного производства было и остаётся приоритетным не менее чем для сорока пяти субъектов Российской Федерации, так как оно объединяет аграрную и промышленную часть производства и переработки [6, 12, 19]. На парламентских слушаниях 19 декабря 2019 г. на тему «Проблемы развития Нечерноземья и возрождение льноводства в Российской Федерации» Минпромторгу РФ даны рекомендации рассмотреть возможность субсидирования закупки сельскохозяйственного сырья для лёгкой промышленности, обеспечить привлечение стратегических инвесторов в имеющиеся и вновь создаваемые производства по переработке льняного сырья, разработать программу проведения научно-исследовательских работ, направленных на создание современных технологий глубокой переработки льна для получения биополимерных материалов, а также программу организации и поддержки производств инновационных биополимерных материалов из отходов производства льна. В 2020 г. при рассмотрении дел в лёгкой промышленности Президент РФ поставил задачу «... сформировать конкурентоспособную, экологичную, современную льняную отрасль». В итоге готовится к принятию льняная доктрина, предусматривающая мировую российскую монополию на производство льноволокна.

Лён масличный – техническая культура с высоким потенциалом, это перспективная культура в мире [3, 4, 7, 14], а в некоторых регионах она стала новой для отрасли растениеводства [13]. В настоящее время потребность в льняном волокне более чем в 2,5 раза выше, чем его фактическое производство [10].

Представленные в статье результаты получены при проведении комплексных исследований, направленных на создание научно обоснованных машинных технологий первичной переработки льна масличного для текстильной и лёгкой промышленности с целью производства из натурального, экологически чистого сырья продукции народного потребления.

В настоящее время переработка льна масличного в волокно является актуальной, так как он высевается более чем в пятидесяти странах [6]. Кроме того, в России посевные площади данной лубяной культуры ежегодно возрастают (рис. 1).

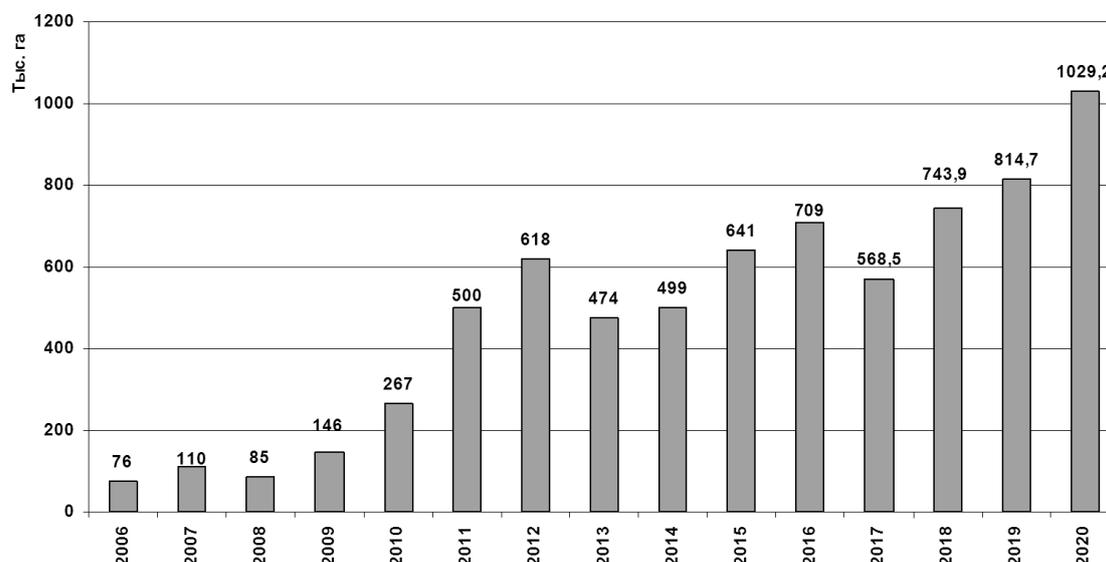


Рис. 1. Динамика посевных площадей льна масличного в России

В Российской Федерации и отчасти за рубежом этот вид льна для производства волокна и изделий из него используют недостаточно, но это направление развивается [6, 11, 12, 18]. Известно, что при первичной переработке отдельно взятое предприятие может ежегодно получать дополнительный доход более 1 млн руб., в целом в РФ такой доход может составлять около 200 млн руб. в год. Кроме того, волокно, полученное в результате переработки льна масличного, пригодно для изготовления экоизделий [5].

Важным этапом подготовки стеблевой массы льна к первичной переработке является сушка. В достаточно большом числе исследовательских работ [1, 2, 8, 9, 15, 16, 17, 20] определена эффективная схема подсушки льносырья в целых стеблях (вдоль стеблей), которая в 2018 г. была реализована в конструкции опытного образца энерго-сберегающей сушильной машины марки МС-1 (рис. 2).

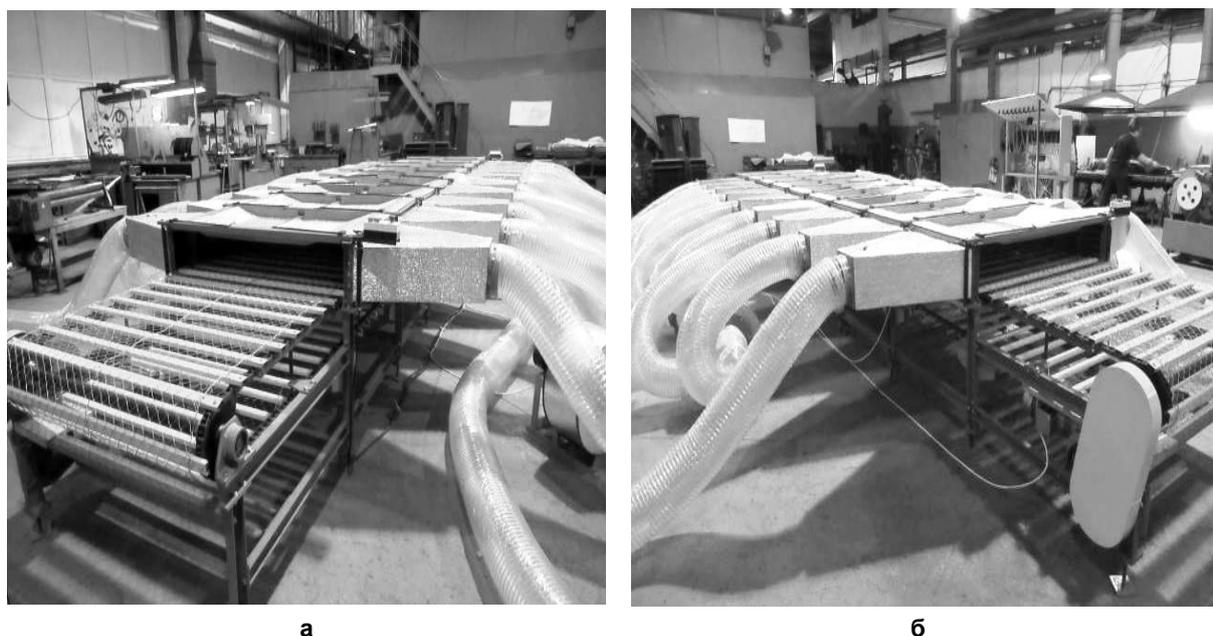


Рис. 2. Общий вид опытного образца машины сушильной МС-1:
а – на входе льна; б – на выходе льна

Обзор технологий и машин для удаления влаги из спутанной массы поломанных стеблей масличного льна показал, что этот процесс на указанном сырье изучался только в работе [20] при температуре воздуха 63–70°C. Однако известно, что температура воздуха при подсушке лубяных культур может достигать 80–90°C, поэтому являются актуальными исследования сушки масличного льна при температуре, близкой к указанной. В представленной статье приводятся результаты экспериментов, которые являются этапом комплексных исследований, выполняемых по государственному заказу, поэтому подробное конструктивное исполнение экспериментальной установки описано в работе [20].

Целью исследований являлось определение параметров и режимов работы сушильной машины с продольной продувкой льна масличного при различных способах сушки и температуре воздуха 80°C, а также их сравнение с параметрами и режимами, полученными при температуре 65°C.

Для достижения поставленной цели необходимо исследовать процесс подсушки масличного льна, представленный на рисунке 3, при различных режимах.

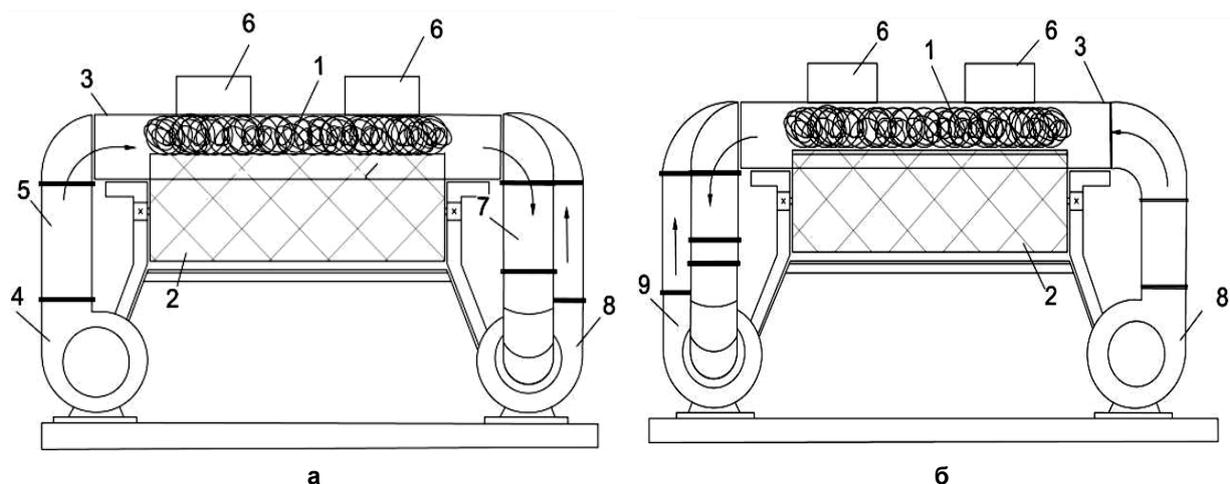


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема опытного образца машины сушильной МС-1 для исследования процесса подсушки спутанной массы льна масличного: а – схема камеры сушки с движением воздуха слева направо; б – схема камеры сушки с движением воздуха справа налево: 1 – слой подсушиваемого льна; 2 – конвейер; 3 – камеры сушки; 4, 8, 9 – устройства для подачи горячего воздуха; 5, 7 – гибкие шланги; 6 – ИК-нагреватели

Материалы и методы

Методика выполнения экспериментов, условия их проведения, а также характеристики выбранного объекта исследования (стеблевая масса льна масличного) представлены в работе [20]. Для подсушки стеблевой массы использовали четыре режима (см. табл.) при начальной температуре нагретого воздуха 80°C.

Условия и режимы исследования процесса подсушки спутанной стеблевой массы льна масличного

Условия	Номер режима	Средняя скорость воздуха в сушильной камере, м/с	Объёмный расход воздуха, м ³ /ч
3 К* (конвективная сушка)	1	4,3	2200
	2	4,8	2500
	3	5,3	2800
	4	5,8	3100
3 К + ИК* (конвективно-инфракрасная сушка)	1	4,3	2200
	2	4,8	2500
	3	5,3	2800
	4	5,8	3100

Примечание: * – здесь и далее по тексту: 3К – использование трёх калориферов, 3К + ИК – совместное использование трёх калориферов и ИК-нагревателей.

Степень рециркуляции воздуха изменяли в интервале 1,5–1,7.

Ошибка опытов не превышала 10% при десятикратной повторности для каждого режима подсушки, что указывает на достоверность полученных результатов.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований процесса подсушки спутанной стеблевой массы льна масличного представлены на рисунках 4, 5 и 6.

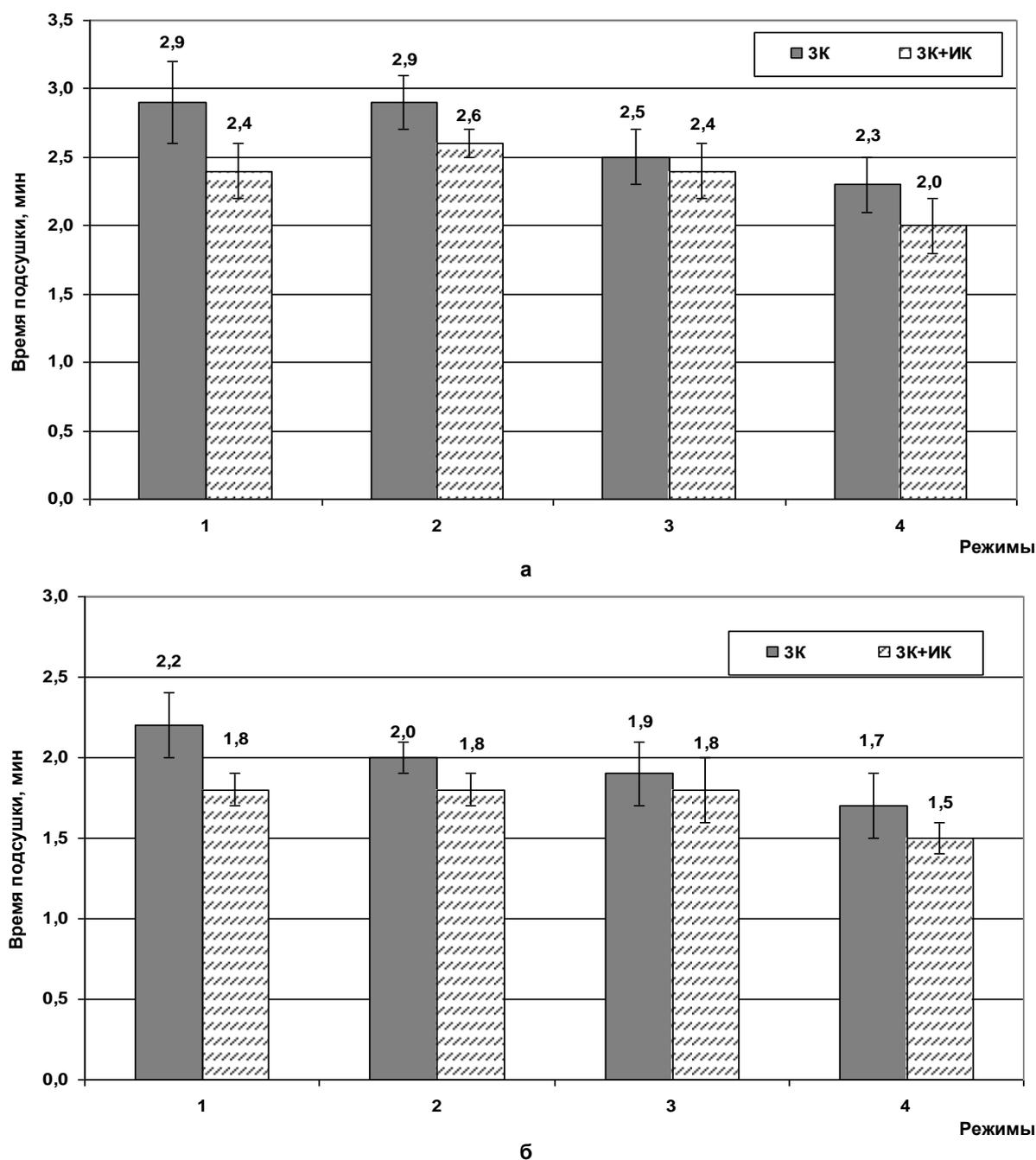


Рис. 4. Время сушки масличного льна при температуре воздуха 80°C:
а – при абсолютной влажности от 30 до 14%; б – при абсолютной влажности от 25 до 14%

Результаты экспериментов показали, что при двух условиях (способах удаления влаги) из тресты льна масличного при начальной температуре воздуха 80°C (т. е. на 15°C больше, чем в исследованиях [20]) время процесса подсушки с 30 до 14% не превышает трёх минут, с 25 до 14% – 2,5 минуты (рис. 4). При начальной температуре воздуха 65°C [1], его объёмном расходе 2200–2800 м³/ч и скорости 4,3–5,3 м/с существенного изменения продолжительности подсушки не происходит, тогда как увеличение объёмного расхода до 3100 м³/ч и скорости до 5,8 м/с (режим 4) в сравнении с режимом 1 (соответственно 2200 м³/ч и 4,3 м/с) приводит к существенному снижению времени подсушки. Поэтому при разработке сушильной машины следует применять режим 4 при температуре не ниже 80°C и использовать интервал влажности льна от 30 до 14%, а значит, для расчёта конструкции сушильной машины и её эксплуатации необходимо принять время подсушки, равное 2,5 минуты (рис. 4, а).

ИК-нагреватели теплопроизводительностью 2 кВт не влияют на время подсушки при режимах 3 и 4, однако на режимах 1 и 2 (объёмный расход воздуха не выше 2500 м³/ч) они влияют на время подсушки (рис. 4, а, б), что указывает на то, что на режимах 3 и 4 достаточно применить только конвективный способ, т. е. 3К – без ИК-нагревателей (полученные данные согласуются с результатами ранее опубликованных исследований [1]).

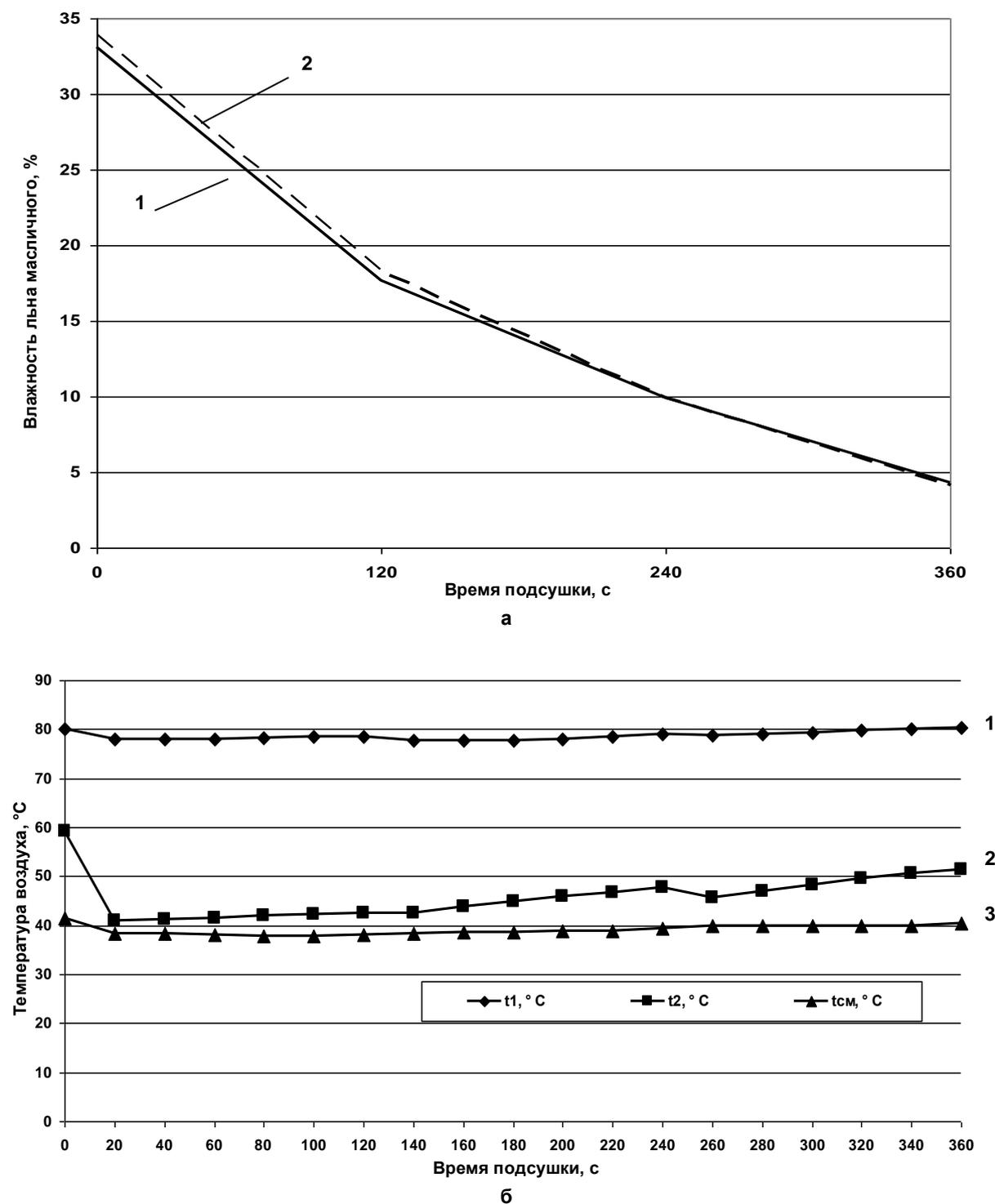


Рис. 5. Типовая кривая сушки масличного льна и типовой график изменения температур воздуха различных состояний при начальной температуре воздуха 80°C: а – кривая сушки, где 1 – 3К; 2 – 3К + ИК; б – график изменения температур, где 1 – температура нагретого воздуха (t_1); 2 – температура удаляемого воздуха (t_2); 3 – температура воздуха в камере смешивания ($t_{см}$)

При температуре воздуха 80°C не изменился и вид экспоненты, по которой меняется влажность материала, в сравнении с температурой 65°C (рис. 5, а), также отсутствует период прогрева льна, а значит, удаление влаги начинается без его прогрева.

Температура нагретого воздуха в начальный период высушивания может уменьшаться до 75–78°C, к концу сушки может увеличиваться, но не более чем до 82–83°C (рис. 5, б). При этом температура удаляемого воздуха уменьшается в начальный период на 20°C (рис. 5, б), а затем постепенно возрастает и в среднем составляет 50–55°C. Температура воздуха в камере смешивания с течением времени остаётся неизменной – 37–42°C.

На основе дисперсионного анализа экспериментальных данных определено, что изменение температуры нагретого воздуха от 65 до 80°C влияет на время подсушки (рис. 6), т. е. 52–61% изменений времени подсушки зависит от изменения температуры воздуха.

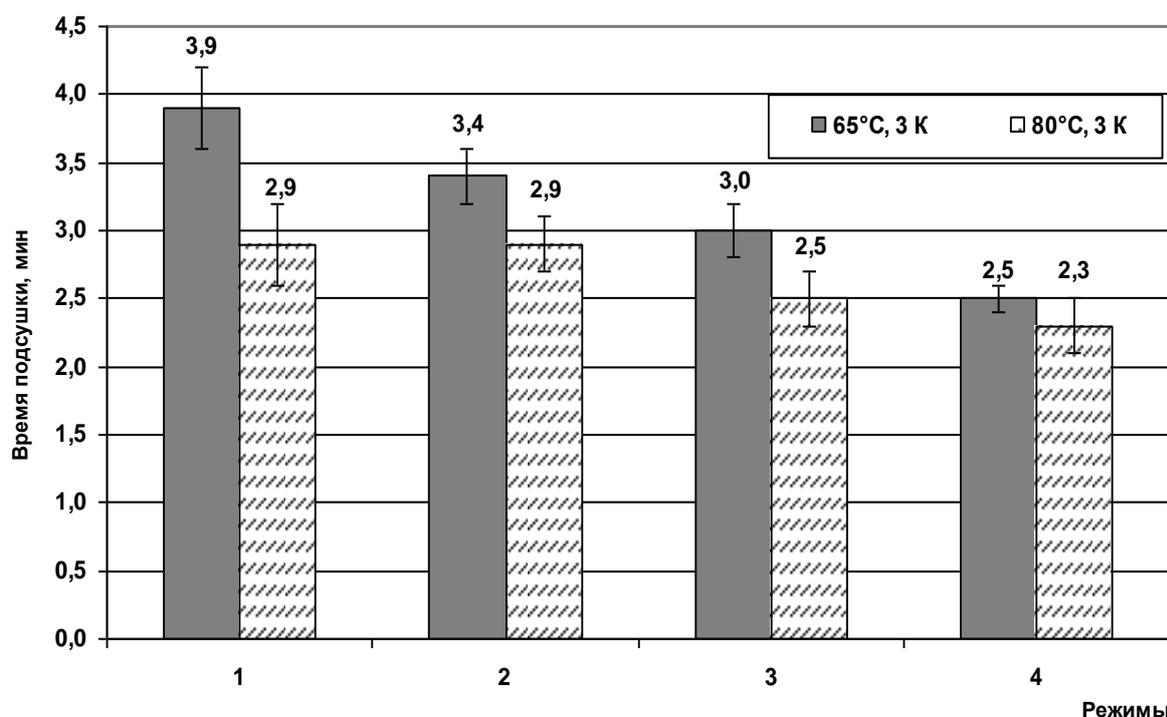


Рис. 6. Время конвективной подсушки льна масличного при различной температуре нагретого воздуха

Нами представлена типовая кривая (рис. 5, а), которая справедлива для температуры нагретого воздуха – от 75 до 83°C, объёмного расхода – от 2200 до 3100 м³/ч, средней скорости продувки льна в сушильной камере – от 4 до 6 м/с, плотности загрузки материала – 3 кг/м². Далее получена обобщающая зависимость влияния времени сушки τ на влажность высушиваемого льна W для всех четырёх исследуемых режимов с использованием трёх калориферов (3К) [19]

$$W = 69,40e^{-0,676\tau} \quad (1)$$

Модель (1) при температуре воздуха от 63 до 70°C имеет следующий вид:

$$W = 58,01e^{-0,491\tau} \quad (2)$$

Используя результаты всех этапов исследования (160 повторений, в том числе представленных в источнике [20]), в системе STATISTICA-6.0 мы получили следующее регрессионное уравнение, отражающее связь времени подсушки с исходной влажностью масличного льна, объёмным расходом воздуха и его температурой:

$$\tau = 3,32 + 0,148W - 0,00089V - 0,034t_1, \quad (3)$$

где τ – время подсушки льна, мин;

W – исходная влажность масличного льна, %;

V – объёмный расход нагретого воздуха, м³/ч;

t_1 – начальная температура нагретого воздуха, °С.

Уравнение (2) имеет коэффициент детерминации 0,93, т. е. оно отражает 93% изменений времени подсушки и справедливо для расширенного диапазона показателей: температура воздуха – от 63 до 83°С, объёмный расход воздуха – от 2200 до 3100 м³/ч, средняя скорость воздуха в сушильной камере – от 4 до 6 м/с, плотность загрузки стеблевой массы – 3 кг/м². Использовать это уравнение следует для расчёта скорости транспортера машины для сушки льна масличного, а также длины всей машины.

Выводы

Конструктивно-технологическая схема подсушки, обоснованная ранее для опытного образца машины марки МС-1 для подсушки целых стеблей льна-долгунца, может быть использована для подсушки стеблевой спутанной массы льна масличного.

Научно обоснованы скорость, объёмный расход и относительная влажность воздуха для конвективной сушильной машины льна масличного, проведено сравнение этих параметров при температурах нагретого воздуха 65 и 80°С.

Время подсушки стеблевой массы льна масличного от влажности 30% до технологической влажности при температуре воздуха 80°С, его относительной влажности 8–9%, объёмном расходе 2200–3100 м³/ч и скорости 4–6 м/с составляет 2,0–2,9 мин, при влажности от 25 до 14% и при тех же условиях – от 1,5 до 2,2 мин.

Повышение температуры воздуха от 65 до 80°С приводит к сокращению времени подсушки стеблевой массы льна масличного, а именно: при влажности от 30 до 14% в среднем на 0,54 мин, при влажности от 25 до 14% – на 0,45 мин. На режимах с меньшими показателями объёмного расхода и скорости воздуха сокращение времени подсушки может достигать 0,7–1,0 мин, на больших объёмах и скоростях воздуха этот показатель ниже и составляет соответственно 0,54 и 0,45 мин. Следовательно, при использовании температуры воздуха 65°С длина сушильной машины будет в среднем на 5–6 м больше, чем при температуре 80°С.

Рекомендуется для сокращения времени подсушки стеблевой массы льна масличного применять скорость воздуха не менее 6 м/с, его объёмный расход должен быть не менее 3100 м³/ч, температура – не менее 75°С, степень рециркуляции воздуха – 1,5–1,7. Продолжительность подсушки при этом составит не более трёх минут, однако не следует забывать, что дальнейшее повышение как скорости воздуха, так и его объёмного расхода при постоянной площади сушильной камеры может привести к нежелательному перемещению высушиваемого слоя в камере.

Использование одновременно трёх калориферов и двух ИК-нагревателей с тепловой мощностью 2 кВт при исследованных режимах работы и постоянной температуре воздуха не оказывает влияния на время сушки, поэтому при дальнейшем изучении процесса подсушки следует применять ИК-нагреватели с большей, чем 2 кВт, мощностью.

Получена обобщающая зависимость влияния времени сушки на влажность высушиваемого льна, а также регрессионная зависимость, отражающая связь продолжительности подсушки с исходной влажностью льна масличного, объёмным расходом воздуха и его температурой, используя которую можно определить длину сушильной машины.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» № 0477-2019-0005.

Библиографический список

1. Васильев Ю.В. Оценка технологической эффективности нового способа термовлажностной подготовки льняной тресты / Ю.В. Васильев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 5 (334). – С. 21–24.
2. Васильев Ю.В. Совершенствование технологии и оборудования для сушки стланцевой льняной тресты : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13; 05.19.02 / Ю.В. Васильев. – Кострома, 2013. – 16 с.
3. Голев А.А. Совершенствование агротехнических приёмов возделывания льна масличного на южных чернозёмах Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / А.А. Голев. – Волгоград, 2018. – 20 с.
4. Живетин В.В. Масличный лён и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – Москва : ЦНИИЛКА, 2000. – 92 с.
5. Лукомец В.М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, К.М. Кривошлыков // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 81–102.
6. Масличный лён как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна / Э.В. Новиков, Н.В. Басова, И.В. Ушаповский, А.В. Безбабченко // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 187–203.
7. Морыганов А.П. Отечественное целлюлозное волокно – перспективное сырьё для российской текстильной промышленности / А.П. Морыганов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 4 (376). – С. 44–49.
8. Носов А.Г. Определение проницаемости льняной тресты высокой плотности / А.Г. Носов, Н.В. Киселёв // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 5 (353). – С. 36–39.
9. Первичная обработка лубяных волокон : учебник / В.В. Марков, Н.Н. Суслов, В.Г. Трифонов, А.М. Ипатов. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 415 с.
10. Понажев В.П. Высокоэффективные методы и технологии семеноводства льна-долгунца – основа ускоренного внедрения новых сортов / В.П. Понажев, А.А. Янышина, О.В. Медведева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 4 (176). – С. 31–36.
11. Промышленное использование соломы льна масличного как в мире, так и в Украине / Е.Н. Головенко, Г.А. Бойко, А.С. Дягилев, А.В. Шовкомуд // Молодой вчений. – 2017. – № 1 (41). – С. 37–40.

12. Пучков Е.М. Перспективные малозатратные технологии переработки соломы и тресты льна масличного / Е.М. Пучков, А.В. Безбабченко, Э.В. Новиков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 4 (364). – С. 58–62.
13. Рожмина Т.А. Новый сорт льна масличного Уральский / Т.А. Рожмина, А.П. Колотов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 121–122.
14. Семеренко С.А. Инкрустация семян льна масличного как способ защиты всходов от вредных организмов в условиях центральной зоны Краснодарского края / С.А. Семеренко, Д.А. Курилова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – № 4 (172). – С. 125–133.
15. Справочник по заводской первичной обработке / И.Я. Шаров, А.Л. Сидова, В.М. Осипова и др. ; под общ. ред. В.Н. Храмцова. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 510 с.
16. Суметов В.А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов : учебник / В.А. Суметов. – Москва : Легкая индустрия, 1980. – 336 с.
17. Технологические модули для сушки льносырья / А.В. Безбабченко, Т.П. Чекренёва, Э.В. Новиков, В.В. Коновалов // Инновационные разработки для производства льна : матер. междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ (Россия, г. Тверь, 14–15 мая 2015 г.). – Тверь : Тверской государственный университет, 2015. – С. 208–215.
18. Чурсина Л.А. Технические характеристики волокнистой части стеблей соломы льна масличного после уборки комбайном / Л.А. Чурсина, Г.А. Бойко // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – № 1 (26). – С. 97–102.
19. Шиманская Н.С. Тенденции совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор) / Н.С. Шиманская, И.В. Ущуповский, С.В. Прокофьев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 6. – С. 639–652.
20. Экспериментальное обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной сушки стеблевой массы масличного льна / И.Н. Алтухова, Э.В. Новиков, Д.М. Шевалдин и др. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2020. – № 1 (181). – С. 88–93.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Ирина Николаевна Алтухова – старший научный сотрудник лаборатории переработки лубяных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: i.altuhova@fncl.ru.

Эдуард Валерьевич Новиков – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией переработки лубяных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: edik1@kmt.ru.

Евгения Николаевна Королёва – старший научный сотрудник лаборатории переработки лубяных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: e.koroleva@fncl.ru.

Дмитрий Михайлович Шевалдин – старший научный сотрудник лаборатории переработки лубяных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: d.shevaldin@fncl.ru.

Александр Владиславович Безбабченко – старший научный сотрудник лаборатории переработки лубяных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: a.bezbabchenko@fncl.ru.

Дата поступления в редакцию 21.04.2021

Дата принятия к печати 06.06.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Irina N. Altukhova, Senior Researcher, Bast Crops Processing Laboratory, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver, e-mail: i.altuhova@fncl.ru.

Eduard V. Novikov, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Head of Bast Crops Processing Laboratory, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver, e-mail: edik1@kmt.ru.

Evgeniya N. Koroleva, Senior Researcher, Bast Crops Processing Laboratory, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver, e-mail: e.koroleva@fncl.ru.

Dmitryi M. Shevaldin, Senior Researcher, Bast Crops Processing Laboratory, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver, e-mail: d.shevaldin@fncl.ru.

Alexandr V. Bezbabchenko, Senior Researcher, Bast Crops Processing Laboratory, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver, e-mail: a.bezbabchenko@fncl.ru.

Received April 21, 2021

Accepted after revision June 06, 2021