

Универсальный способ сушки лубяных культур

Эдуард Валерьевич Новиков, Ирина Николаевна Алтухова, Евгения Николаевна Королёва, Александр Владиславович Безбабченко

ФГБНУ «ФНЦ ЛК», г. Тверь, Россия

e-mail: i.altuhova@fncl.ru

Аннотация. Представлена конструктивно-технологическая схема нового универсального способа сушки лубяных культур и волокон из них. Проведены его исследования на тресте льна-долгунца в виде путанины как наиболее распространенного в настоящее время льносырья. Проанализировано время сушки при различных режимах работы на специально разработанной экспериментальной установке, определены рациональные параметры ее работы.

Ключевые слова: лен-долгунец; путанина; время сушки; агент сушки; сушильная камера; скорость и расход воздуха.

Для цитирования: Новиков Э. В., Алтухова И. Н., Королёва Е. Н., Безбабченко А. В. Универсальный способ сушки лубяных культур // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 128–133. [http: 10.28983/asj.y2023i9pp128-133](http://10.28983/asj.y2023i9pp128-133).

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

A universal method of drying bast crops

Eduard V. Novikov, Irina N. Altukhova, Evgeniya N. Koroleva, Aleksandr V. Bezbabchenko

Federal Scientific Center for Fiber Crops, Tver, Russia

e-mail: i.altuhova@fncl.ru

Abstract. A design and technological scheme of a new universal method of drying bast crops and fibers from them is presented. His research was carried out on the long - stem flax trust in the form of confusion, as the most common flax raw material at present. The drying time under various operating modes on a specially designed experimental installation is analyzed, the rational parameters of its operation are determined.

Keywords: flax; confusion; drying time; drying agent; drying chamber; air velocity and flow rate.

For citation: Novikov E. V., Altukhova I. N., Koroleva E. N., Bezbabchenko A. V. A universal method of drying bast crops // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(9):128–133. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i9pp128-133](http://10.28983/asj.y2023i9pp128-133).

Введение. Для получения качественного волокна из тресты льна-долгунца, льна масличного или конопли, поступающей на заводы первичной переработки, необходимо их подсушить до технологической влажности 12–15 %. Появившиеся в последнее время новые виды льноконоплесырья (стеблевая масса льна-долгунца, льна масличного и технической конопли в виде ломаных спутанных стеблей), моральный и физический износ имеющегося сушильного оборудования, а также повышение цен на энергоресурсы требуют разработки универсальных и энергосберегающих сушильных машин.

Ранее ФНЦ ЛК был предложен способ сушки стеблей льна, конопли и волокна из них при продувке агентом сушки в каждой последующей сушильной секции попеременно с левой или с правой стороны [1–4, 6, 7, 9, 10]. На основе этого способа была разработана сушильная машина МС-1 [4]. Однако в ходе проводимых в течение нескольких лет исследований выяснилось, что у этого способа есть ряд недостатков, а именно то, что машина не может обеспечить качественное высушивание волокна льняного короткого и однотипного, пеньки короткой, однотипной, льняного котонина и т.п., т. е. этот способ не является полностью универсальным, т.к. эффективно высушивает только льноконоплестру.





В настоящее время сотрудники ФГБНУ ФНЦ ЛК разработали более универсальный и, как предполагается, более эффективный способ сушки лубяных культур и волокон из них, который заключается в том, что волокно или слой стеблей транспортируется и одновременно высушивается потоком теплоносителя, поступающим одновременно вдоль стеблей или волокна (навстречу), а также сверху в среднюю часть слоя поперек стеблей, волокна, а отвод теплоносителя выполняется со стороны, противоположной подаче теплоносителя поперек стеблей или волокна [5]. В работе [8] проведены разведочные исследования этого способа сушки, которые показали его эффективность при высушивании короткого льняного волокна, пеньки штапелированной, котонина льняного, а также путанины тресты льна-долгунца, масличного льна и конопли. Однако в исследованиях [8] не определялись оптимальные параметры процесса сушки для той или иной лубяной культуры и волокна, в настоящее время они отсутствуют, что делает необходимым проведение полномасштабных исследований разработанного способа сушки лубяных культур.

Цель работы – изучить влияние скорости и расхода агента сушки, а также нагнетания и разрежения воздуха в сушильной камере на время процесса и температуру воздуха при сушке тресты льна-долгунца в виде путанины.

Методика исследований. Для полномасштабных исследований на первом этапе выбрана льнотреста в виде путанины, т.к. в настоящее время более 90 % льнозаводов перерабатывает этот вид сырья в волокно однотипное неориентированное.

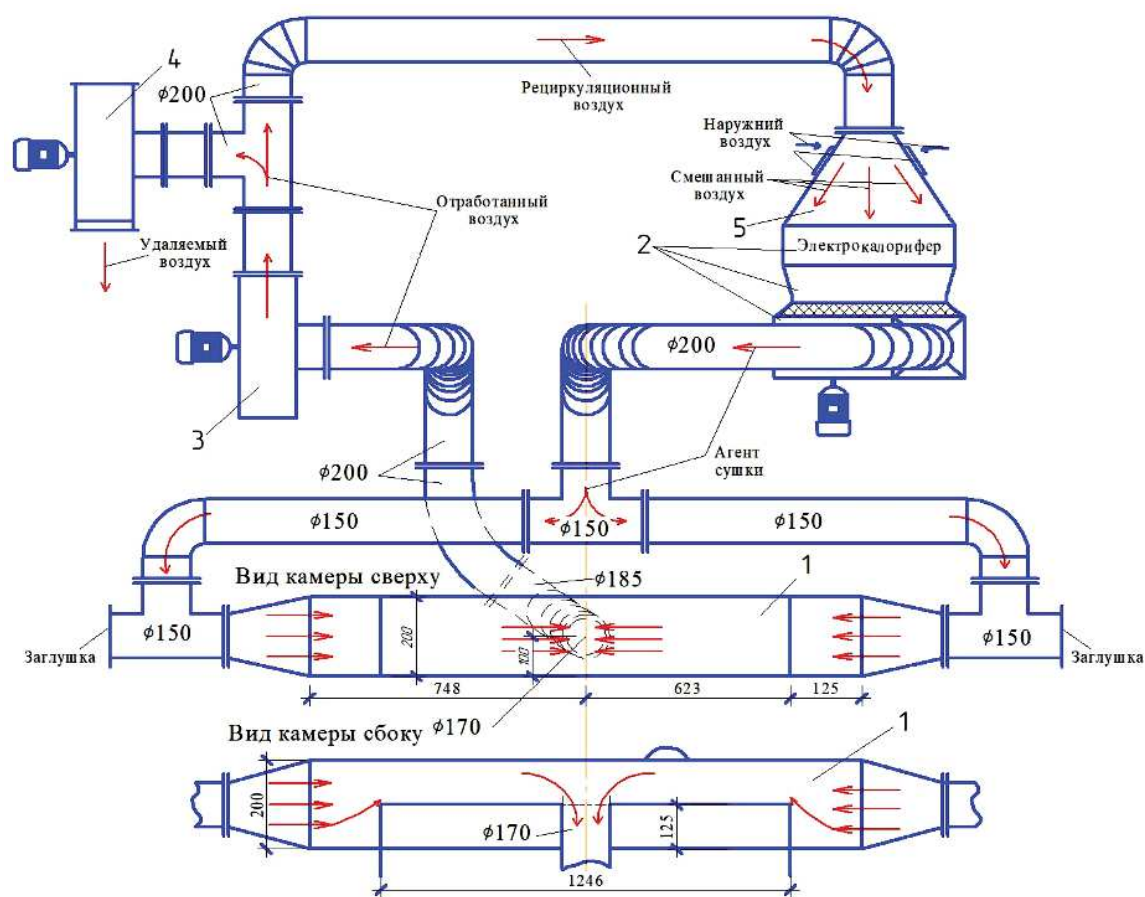
Для исследований разработана и смонтирована сушильная установка (рис. 1), имеющая новую сушильную камеру, использованную в разведочных исследованиях [8].

Установка работает следующим образом (см. рис. 1). Льнотреста в виде путанины (см. рис. 1, г, д) вручную загружается в сушильную камеру 1. После закрытия крышки камеры проводится процесс сушки. Теплогенератор 2, состоящий из электрокалорифера, конфузора и вентилятора, нагревает смесь наружного и рециркуляционного воздуха до состояния агента сушки и подает в льнотресту, находящуюся в сушильной камере. Подача агента сушки осуществляется с обеих сторон слоя навстречу друг другу, т.е. встречные потоки движутся вдоль слоя тресты от его концов к центру, в центре камеры они смешиваются, меняют направление на перпендикулярное и далее удаляются из камеры как отработанный воздух вентилятором 3 через воздухопровод. Таким образом в сушильной камере 1 проходит конвективная сушка льнотресты вдоль и поперек слоя при высокой скорости агента сушки. Отработанный воздух вентилятором 3 подается на рециркуляцию и на частичное удаление его из сушильной установки. Вентилятор 4 удаляет часть отработанного воздуха, а остальная его часть вентилятором теплогенератора 1 направляется в камеру смешивания 5, в которой он смешивается с наружным воздухом для последующего нагрева в электрокалорифере до состояния агента сушки.

Установка имеет возможность плавного регулирования скоростей и расходов воздуха с помощью частотно-регулируемого привода (ЧРП) на каждом вентиляторе, определения их температуры, а также замера относительной влажности воздуха в камере смешивания с помощью аспирационного психрометра, что дает возможность рассчитать это значение у агента сушки.

Установка прогревалась в течение 10–15 мин, затем в сушильную камеру вручную помещалась треста льна-долгунца в виде путанины (см. рис. 1), предварительно увлажненная до влажности 35 %. Перед началом сушки, и далее через каждую минуту замерялась температура воздуха на входе в сушильную камеру (t_1 – агента сушки), на выходе из нее (t_2 – отработанного воздуха), а также температура в камере смешивания ($t_{см}$ – смеси наружного воздуха с рециркуляционным), также через каждую минуту льнотресту взвешивали. Исследования проходили при различных сочетаниях скоростей и расходов поступающего и удаляемого из камеры воздуха при его нагнетании и разрежении, которые устанавливались по показаниям частотных преобразователей вентиляторов, подающих агент сушки в камеру и удаляющих из нее отработанный воздух (см. таблицу).

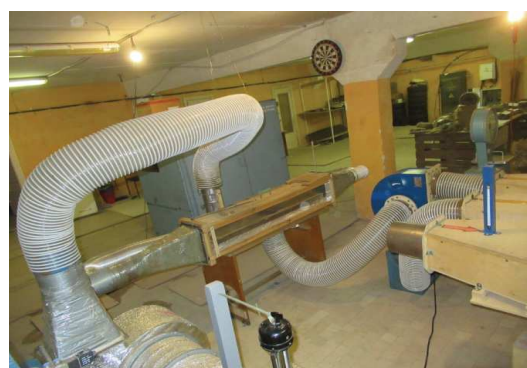
Другие параметры сушки: относительная влажность агента сушки составляла 5 %; степень рециркуляции изменялась от 1,2 до 1,6; температура воздуха в цехе 16–18 °С. По полученным данным строились графические зависимости изменения влажности льнотресты, по которым определяли время сушки льнотресты от влажности 30–14 %. Опыты проводили в шестикратной повторности, относительная гарантийная ошибка опытов не превышала 10 %.



а



б



в



г



д

Рис. 1. Экспериментальная сушильная установка для изучения универсального процесса сушки лубяных культур:
 а – конструктивно-технологическая схема; б – вид со стороны сушильной камеры и теплогенератора;
 в – вид сушильной камеры с открытой крышкой и загруженной льнотрестой;
 г – вид льнотресты, уложенной в камере



Скорость и расход агента сушки, поступающего в сушильную камеру, и удаляемого из нее воздуха при различных показаниях частотных преобразователей вентиляторов

Показания частотного преобразователя вентилятора, подающего агент сушки в камеру, Гц	Показания частотного преобразователя вентилятора, удаляющего отработанный воздух из камеры, Гц	Скорость воздуха, м/с	Расход агента сушки / удаляемого воздуха, м ³ /ч	Нагнетание или разрежение
40	30	4	800/700	нагнетание
	50	6	1200/1300	разрежение
	70	8	1600/1700	
	90	10	2000/2100	
45	30	5	1000/900	нагнетание
	50	7	1300/1400	разрежение
	70	9	1700/1800	
	90	11	2100/2200	
50	30	6	1100/1000	нагнетание
	50	7	1200/1300	разрежение
	70	8	1400/1500	
	90	9	1600/1700	

131

09
2023



Результаты исследований. Результаты экспериментов представлены на рис. 2, 3.

Результаты экспериментов нового способа продувки льнотресты показывают, что при высушивании льнотресты от влажности 30–14 % время сушки составляет 1,0–1,3 мин (см. рис. 2); режим продувки при нагнетании или разрежении существенно не влияет на время сушки (см. рис. 2); исследуемые в работе сочетания скоростей, расходов агента сушки и удаляемого из камеры воздуха также не оказывают существенного влияния на время сушки (см. рис. 2); увеличение количества удаляемого воздуха на 400–500 м³/ч (увеличение разрежения) снижает температуры: агента сушки на 1–4 °С, при этом возрастают температуры смеси и отработанного воздуха в среднем на 1–4 °С (см. рис. 3).

Полученные результаты свидетельствуют о слабом влиянии выбранных диапазонов скорости и расходов воздуха на данный процесс сушки, в чем, как выяснилось впервые, заключается отличительная особенность исследуемого процесса сушки (схемы продувки) от существующих современных процессов и машин при движении агента сушки только вдоль слоя [2]. Выяснилось, что увеличение скорости и расхода воздуха в 2 раза (см. таблицу) уменьшило время сушки всего на 0,2 мин (на 12 с). Из анализа рис. 2, следует, что наименьшее время сушки 1,0 мин, наибольшая температура агента сушки до 88 °С получены при разрежении и показании частотного преобразователя вентилятора, подающего агент сушки в камеру 45 Гц (см. рис. 3), т.к. при 40 и 50 Гц температура агента сушки составляет 81–74 °С и 84–72 °С соответственно. Таким образом, рациональными сочетаниями расходов агента сушки и удаляемого воздуха по рис. 3 являются номера столбцов 5 – 1300/1400, 8 – 1700/1800 и 11 – 2100/2200 м³/ч, при скоростях воздуха 5; 7 и 11 м/с, соответственно.

Заключение. Представлено описание новой экспериментальной сушильной установки, реализующей универсальный способ конвективной сушки лубяных культур и волокна из них, начаты полномасштабные его исследования на тресте льна-долгунца в виде путанины.

Впервые для изучаемого процесса определено влияние скоростей, расходов агента сушки и удаляемого воздуха на время сушки, обоснованы их рациональные значения для льнотресты в виде путанины: время сушки не превышает 1,3 мин при температуре агента сушки 88–82 °С, сушка должна проходить при разрежении, скорости агента сушки в сушильной камере и сочетании расходов входящего/удаляемого воздуха 1300/1400 при скорости 5 м/с, 1700/1800 и скорости 7 м/с, 2100/2200 м³/ч и скорости воздуха 11 м/с.

Полученные данные необходимы для дальнейших расширенных исследований нового способа сушки.

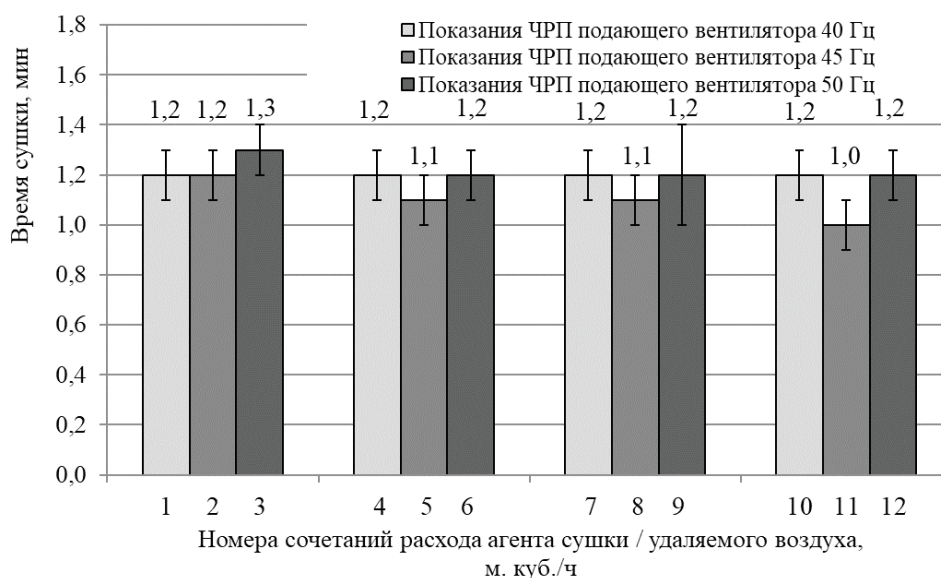


Рис. 2. Время сушки льнотресты в виде путанины при различном сочетании расходов воздуха от влажности 30–14 %:

1 – 800/700; 2 – 1000/900; 3 – 1100/1000; 4 – 1200/1300; 5 – 1300/1400; 6 – 1200/1300; 7 – 1600/1700; 8 – 1700/1800; 9 – 1400/1500; 10 – 2000/2100; 11 – 2100/2200; 12 – 1600/1700

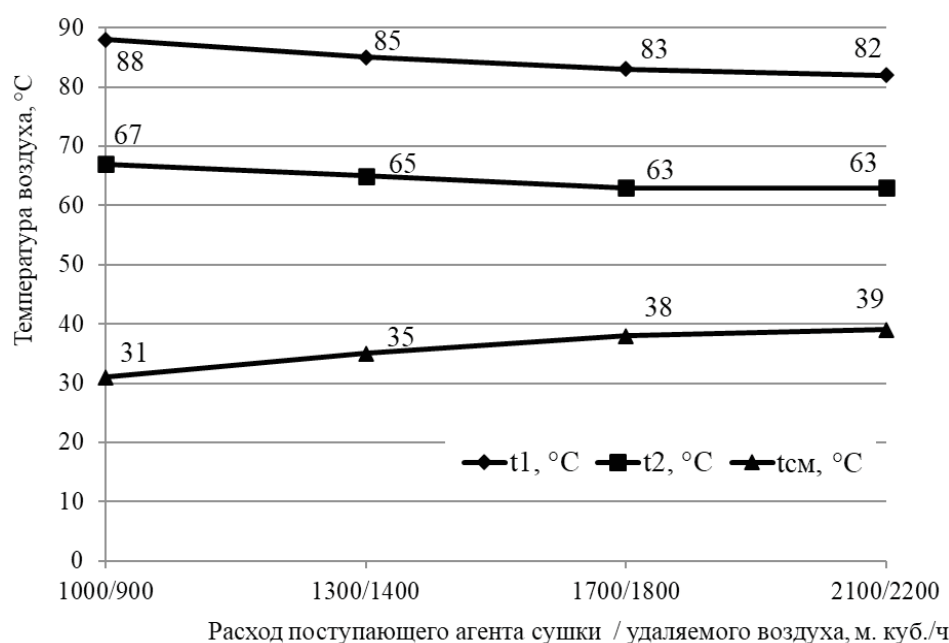


Рис. 3. Изменение температур воздуха в процессе сушки льнотресты в виде путанины при показании ЧРП вентилятора подающего агента сушки 45 Гц и при различном сочетании расходов воздуха

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (FGSS-2022-0007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алтухова И.Н., Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Королева Е. Н. Экспериментальное обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной сушки стеблевой массы масличного льна // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2020. Вып. 1 (181). С. 88–93.
- Безбабченко А.В., Чекренева Т.П., Новиков Э.В., Коновалов В.В. Технологические модули для сушки льносырья // Инновационные разработки для производства льна: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ (14-15 мая 2015). ВНИИМЛ. Тверь, 2015. С. 219–226.
- Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Шевалдин Д.М., Коновалов В.В. Экспериментальная установка для изучения конвективной и инфракрасной сушки льносырья // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Тверь, 2016. С. 270–278.





4. Васильев Ю.В., Киселев Н.В., Смирнов А.М. Оценка технологической эффективности нового способа термовлажностной подготовки льняной тресты // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. № 5(334). С. 21–24.

5. Патент РФ № 2650234 Российская Федерация, МПК F 26 B 3/06 C1. Способ сушки лубяных культур / Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Романов В.А. № 2017121465; заявл. 19.06.2017; опубл. 11.04.2018, Бюл. № 11. 7 с. : ил.

6. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Королева Е.Н., Шевалдин Д.М., Безбабченко А.В. Обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной подсушки технической конопли // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 104–109.

7. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Королева Е.Н., Безбабченко А.В. Обоснование параметров и режимов работы конвективной и инфракрасной сушки технической конопли для производства пеньки одностипной неориентированной // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 112–122.

8. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Королева Е.Н., Безбабченко А.В., Сравнительные исследования инновационного способа конвективной сушки лубяных культур // Техника и оборудование для села. 2022. № 8 (302). С. 18–21.

9. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Безбабченко А.В. Машина сушильная универсальная для лубяных культур // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20-21 октября 2022 г.) / редкол.: П.П. Казакевич [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2022. С. 271–277.

10. Шушков Р.А., Трушанин А.С., Булатов А.М. Моделирование процесса сушки льнотресты и обоснование рациональных режимов работы перспективной сушильной машины // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(61). С. 172–180.

REFERENCES

1. Altukhova I.N., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Shevaldin D.M., Koroleva E.N. Experimental substantiation of operating modes of convective-infrared drying of oil flax stem mass. *Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2020; 1(181):88–93. (In Russ.).

2. Bezbabchenko A.V., Chekreneva T.P., Novikov E.V., Konovalov V.V. Technological modules for drying raw flax. *Innovative developments for the production of flax*. Tver, 2015:219–226. (In Russ.).

3. Bezbabchenko A.V., Novikov E.V., Shevaldin D.M., Konovalov V.V. Experimental installation for the study of convective and infrared drying of raw flax. *Innovative developments in the production and processing of bast crops*. Tver, 2016:270–278. (In Russ.).

4. Vasiliev Yu.V., Kiselev N.V., Smirnov A.M. Evaluation of the technological efficiency of a new method of thermal and moisture preparation of flax trust. *Izvestiya of higher educational institutions. Technology of the textile industry*. 2011; 5(334):21–24. (In Russ.).

5. RF patent No. 2650234 Russian Federation, IPC F 26 B 3/06 C1. Method for drying bast crops / Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Romanov V.A. No. 2017121465; dec. 06/19/2017; publ. 04/11/2018, Bull. No. 11. 7 p.: ill.

6. Novikov E.V., Altukhova I.N., Koroleva E.N., Shevaldin D.M., Bezbabchenko A.V. Substantiation of operating modes of convective-infrared drying of technical hemp. *Agrarian scientific journal*. 2021; 8:104–109. (In Russ.).

7. Novikov E. V., Altukhova I. N., E Koroleva. N., Bezbabchenko A. V. Substantiation of the parameters and modes of operation of convective and infrared drying of industrial hemp for the production of hemp of the same type non-oriented. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2022; 1(29):112–122. (In Russ.).

8. Novikov E. V., Altukhova I. N., Koroleva E. N., Bezbabchenko A. V. Comparative studies of the innovative method of convective drying of bast crops. *Machinery and equipment for the village*. 2022; 8 (302):18–21. (In Russ.).

9. Novikov E.V., Altukhova I.N., Bezbabchenko A.V. Universal drying machine for bast crops. *Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the Intern. scientific-practical. conf., dedicated to the 75th anniversary of the formation of RUE “SPC NAS of Belarus for agricultural mechanization”* (Minsk, October 20-21, 2022) / editorial board: P.P. Kazakevich et al. Minsk, 2022:271–277. (In Russ.).

10. Shushkov R.A., Trushanin A.S., Bulatov A.M. Simulation of the drying process of flax straw and substantiation of rational modes of operation of a promising drying machine. *Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2020; 4(61):172–180. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 11.02.2023; принята к публикации 12.02.2023.

The article was submitted 25.01.2023; approved after reviewing 11.02.2023; accepted for publication 12.02.2023.