



Научная статья

2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)

УДК 66.047.76:66.084.8

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.025



ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ВАТЫ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКА

Владимир Николаевич Хмелёв¹, Андрей Викторович Шалунов²,
Мария Константиновна Кошелева³, Иван Александрович Маняхин⁴,
Сергей Александрович Терентьев⁵, Виктор Александрович Нестеров⁶,
Николай Александрович Азаров⁷

^{1, 2, 4, 5, 6, 7} Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Россия

³ Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Россия, Москва

¹ vnh@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7089-3578>

² shalunov@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5299-9931>

³ ohtpaxt@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3774-1510>

⁴ manyaxin.ivan@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6168-0167>

⁵ sergey@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6989-9769>

⁶ nva@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6140-5699>

⁷ barsik7718@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9524-5468>

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по бесконтактной ультразвуковой сушке текстильной ваты при различных температурах и скоростях воздушного потока. В сушильной камере формировалась стоячая волна, что позволило обеспечить уровень звукового давления не менее 160 дБ. В результате проведенных экспериментов было выявлено сокращение продолжительности процесса ультразвуковой сушки текстильной ваты в 5,1–7,5 раз по сравнению с конвективной сушкой при скорости воздушного потока 1 м/с и в 2,4–3,5 раза при скорости потока 3,5 м/с. Также показано, что при скорости потока 1 м/с происходит экономия потребляемой электроэнергии на 68–75 % (в зависимости от температуры сушильного воздуха), тогда как при скорости потока 3,5 м/с на 57–61 %.

Ключевые слова: ультразвуковая сушка, текстильная вата, бесконтактное воздействие, уровень звукового воздействия, стоячая звуковая волна.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10359, <https://rscf.ru/project/21-79-10359>.

Для цитирования: Интенсификация процесса сушки ваты при помощи ультразвука / В. Н. Хмелев [и др.] // Ползуновский вестник. 2024. № 2, С. 193–199. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.025. EDN: <https://elibrary.ru/RUBQIF>.

Original article

INTENSIFICATION OF WOOL DRYING PROCESS USING ULTRASOUND

Vladimir N. Khmelev¹, Andrey V. Shalunov², Maria K. Kosheleva³,
Ivan A. Manyakhin⁴, Sergey A. Terentiev⁵, Viktor A. Nesterov⁶, Nikolay A. Azarov⁷

^{1, 2, 4, 5, 6, 7} Biysk Technological Institute (branch) FSBEI HE Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, Biysk, Russia

³ Russian State University named after A. N. Kosygina (Technology. Design. Art), Russia, Moscow

¹ vnh@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7089-3578>

² shalunov@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5299-9931>

³ otxpaxt@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3774-1510>

⁴ manyaxin.ivan@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6989-9769>

⁵ sergey@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6989-9769>

⁶ nva@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6140-5699>

⁷ barsik7718@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9524-5468>

Abstract. The article presents the results of research on non-contact ultrasonic drying of textile wool at various temperatures and air flow rates. A standing wave was formed in the drying chamber, which made it possible to ensure a sound pressure level of at least 160 dB. As a result of the experiments, it was revealed that the duration of the ultrasonic drying process of textile wool was reduced by 5.1-7.5 times compared to convective drying at an air flow speed of 1 m/s and by 2.4-3.5 times at flow rate 3.5 m/s. It is also shown that at a flow speed of 1 m/s, energy consumption is saved by 68-75% (depending on the temperature of the drying air), while at a flow speed of 3.5 m/s by 57-61%.

Keywords: ultrasonic drying, textile wadding, non-contact exposure, sound exposure level, standing sound wave.

Acknowledgements: The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 21-79-10359, <https://rscf.ru/project/21-79-10359>.

For citation: Khmelev, V.N., Shalunov, A.V., Kosheleva, M.K., Manyakhin, I.A., Terentiev, S.A., Nesterov, V.A. & Azarov, N.A. (2024). Intensification of the wool drying process using ultrasound. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 193-199. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.02.025. EDN: <https://RUBQIF>.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее распространенных представителей класса волокнистых материалов является текстильная вата. Она применяется для перевязки ран, выполнения различных медицинских операций. Также вату используют для гигиенических процедур: снятия макияжа, ежедневного ухода для взрослых и детей [1].

В процессе производства ваты операцию сушки выполняют достаточно часто. На начальной стадии производства производится заготовка сырья. Собранный с поля хлопок-сырец поступает на хлопкоочистительный пункт и очищается от коробочек механическим способом, отделяется от семян и мусора, затем исходное сырьё промывают и сушат до определённой влажности.

Существует способ получения гироскопической ваты путем удаления пектина химическим путём. Гироскопическая вата обладает повышенной смачиваемостью, что наиболее востребовано в отрасли медицины. По-

мимо этого, гироскопическая вата полезна для текстильной промышленности, так как лучше поддаётся окрашиванию по сравнению с ватой низкого сорта [2, 3].

Химически обрабатывают хлопковую вату при отбеливании. На исходный материал могут воздействовать с помощью различных щелочных или кислых сред. Затем вата должна быть промыта от химических веществ с помощью воды и высушена [4, 5]. Выбор метода высушивания определяется физическим состоянием сырья, химическим составом и свойствами конечного продукта [6–8].

Перспективным направлением, которое позволяет повысить энергоэффективность высушивания волокнистых материалов, является ультразвуковая (УЗ) сушка. За счёт ультразвука высокой интенсивности можно направлять в материалы энергию, которая пропорциональна квадрату частоты акустических колебаний. Однако, как правило, ультразвуковое воздействие осуществляется совместно с другими видами сушки, например, конвективной, инфракрасной и др. [9–12].

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2024

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью выявления механизмов протекания процесса сушки с применением ультразвука была создана экспериментальная установка, схема которой приведена на рисунке 1.

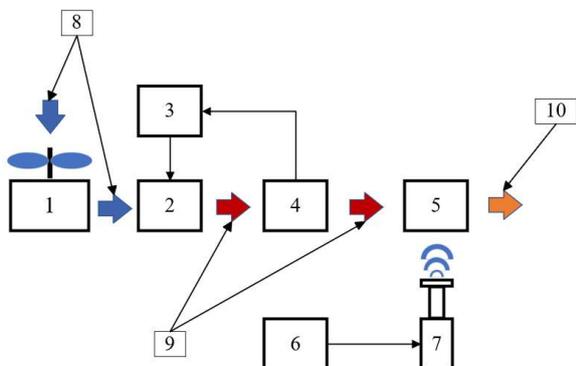


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – вентилятор, 2 – электронагреватель, 3 – регулятор температуры, 4 – термопара, 5 – сушильная камера, 6 – ультразвуковой генератор, 7 – ультразвуковой излучатель, 8 – холодный воздух, 9 – теплый воздух, 10 – теплый воздух с водяным паром

Figure 1 - Diagram of the experimental installation: 1 - fan, 2 - electric heater, 3 - temperature controller, 4 - thermocouple, 5 - drying chamber, 6 - ultrasonic generator, 7 - ultrasonic emitter, 8 - cold air, 9 - warm air, 10 - warm air with steam

Вентилятор (1) задает скорость потока воздуха в сушильной камере. Электронагреватель (2) осуществляет подогрев воздуха до температуры, заданной в регуляторе температуры (3), измерительным датчиком которого является термопара (4). Воздушный поток проходит через сушильную камеру (5) с образцами ваты. В схеме стенда имеется генератор ультразвуковых колебаний (6), соединённый с ультразвуковым излучателем (7), который размещается в нижней части сушильной камеры. Фотография экспериментального стенда представлена на рисунке 2.

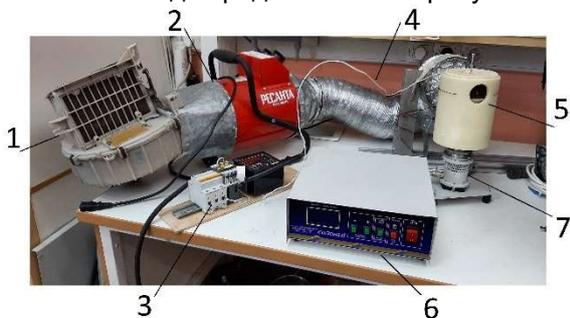


Рисунок 2 – Экспериментальный стенд для УЗ сушки

Figure 2 - Experimental stand for US drying

Сушильная камера состоит из цилиндрического корпуса (1), крышки (2), поршне-

вого ультразвукового излучателя (4) и сетчатого поддона (5), на котором расположены образцы текстильной ваты (3) (рис. 3).

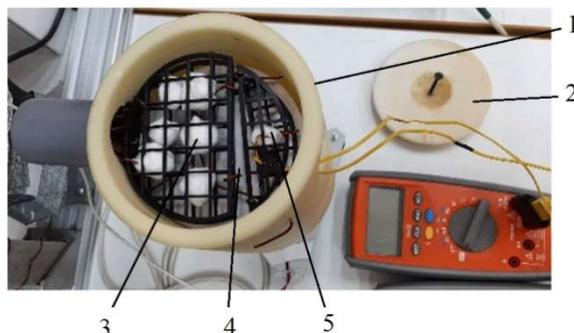


Рисунок 3 – Сушильная камера: 1 – корпус камеры, 2 – крышка, 3 – образцы из ваты, 4 – поршневой излучатель, 5 – сетчатый поддон

Figure 3 - Chamber for drying textile wool: 1 - chamber body, 2 - cover, 3 - samples of wool, 4 - piston emitter, 5 - mesh tray

Для создания ультразвуковых колебаний использовался аппарат УЗАГС-0,1/22-О семейства «СОЛОВЕЙ» с поршневым излучателем (рис. 4).



Рисунок 4 – Ультразвуковой аппарат с поршневым излучателем: 1 – электронный генератор, 2 – колебательная система

Figure 4 - Ultrasonic device with a piston emitter: 1 - electronic generator, 2 - oscillatory system

Ультразвуковой аппарат потребляет мощность не более 100 Вт от однофазной сети 220 В и формирует УЗ колебания частотой $22 \pm 0,5$ кГц, при этом уровень акустического давления в сушильной камере составляет не менее 160 дБ.

Для формирования ультразвукового поля высокой интенсивности в сушильной камере был обеспечен режим стоячей волны. Опытным путём было отрегулировано резонансное расстояние между поверхностью излучателя и крышкой камеры для сушки. В качестве наглядного индикатора стоячей волны использовался водяной аэрозоль, генерируемый бытовым увлажнителем (рис. 5).



Рисунок 5 – Стоячая волна

Figure 5 - Standing wave

Для ультразвуковых систем стоячая волна характеризуется устойчивым в пространстве расположением чередующихся максимумов (пучностей) и минимумов (узлов) амплитуды колебаний, при этом частицы аэрозоля скапливаются в узлах стоячей волны. На рис. 5 расстояние между излучателем и крышкой составляет две длины волны ультразвуковых колебаний в воздухе.

С помощью экспериментального стенда осуществлялась конвективная сушка текстильной ваты при температурах воздуха 30 °С, 40 °С, 50 °С. При этом для каждой температуры обеспечивалась скорость потока 1 и 3,5 м/с. Также при заданных параметрах конвективной сушки производилось воздействие УЗ колебаниями высокой интенсивности.

В процессе экспериментальных исследований обеспечивалась начальная (37 %) и конечная (8 %) влажности, соответствующие промышленной технологии сушки текстильной ваты на последнем этапе ее производства.

Масса образцов ваты (m_e), соответствующая заданной влажности (ω), определялась по формуле (1):

$$m_B = \frac{100 * m_{св}}{100 - \omega}, \quad (1)$$

где $m_{св}$ – масса абсолютно сухой ваты (50,7 г).

Масса ваты измерялась на весах Pocket Scale MH-200 с точность $\pm 0,01$ г. Для контроля скорости воздушного потока использовался цифровой анемометр UT363S.

Энергоэффективность УЗ сушки E_{USonic} определялась методом сравнения затраченной электрической энергии на конвективную сушку и на комбинированную (конвективную и ультразвуковую) при неизменных параметрах конвективной сушки и высушиваемого материала (2):

$$E_{USonic} = \left(1 - \frac{E_{conv+USonic}}{E_{conv}}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где E_{conv} – электрическая энергия, потребляемая в ходе конвективной сушки, кВт·ч;

$E_{conv+USonic}$ – электрическая энергия, потребляемая в ходе комбинированной (конвективной и ультразвуковой) сушки, кВт·ч.

Измерение потребляемой электрической энергии осуществлялось с помощью прибора PM15 фирмы SEW.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 6 представлены кривые конвективной и УЗ сушки при скорости воздушного потока 1 м/с и температурах 30 °С, 40 °С и 50 °С.

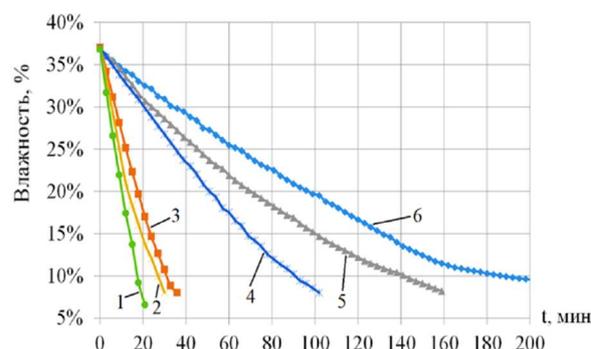


Рисунок 6 – Кривые сушки текстильной ваты при скорости воздушного потока 1 м/с: 1 – с УЗ при 50 °С, 2 – с УЗ при 40 °С, 3 – с УЗ при 30 °С, 4 – без УЗ при 50 °С, 5 – без УЗ при 40 °С, 6 – без УЗ при 30 °С

Figure 6 - Drying curves of textile wool at an air flow speed of 1 m/s: 1 - with ultrasound at 50°C, 2 - with ultrasound at 40°C, 3 - with ultrasound at 30°C, 4 - without ultrasound at 50°C, 5 - without ultrasound at 40°C, 6 - without ultrasound at 30°C

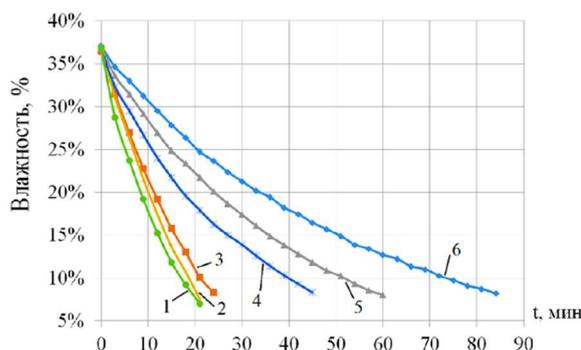


Рисунок 7 – Кривые сушки текстильной ваты при скорости воздушного потока 3,5 м/с: 1 – с УЗ при 50 °С, 2 – с УЗ при 40 °С, 3 – с УЗ при 30 °С, 4 – без УЗ при 50 °С, 5 – без УЗ при 40 °С, 6 – без УЗ при 30 °С

Figure 7 - Drying curves of textile wool at an air flow speed of 3,5 m/s: 1 - with ultrasound at 50°C, 2 - with ultrasound at 40°C, 3 - with ultrasound at 30°C, 4 - without ultrasound at 50°C, 5 - without ultrasound at 40°C, 6 - without ultrasound at 30°C

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ВАТЫ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКА

При температуре сушильного агента 30 °С время высушивания с применением конвективной технологии сушки составило 4 часа 30 минут, однако акустическое облучение позволило уменьшить время обезвоживания ваты до 36 минут (в 7,5 раз). При условии, когда поддерживался температурный режим 40 °С, длительность конвективной сушки составила 2 часа 39 минут, при этом УЗ излучение позволило сократить время высушивания текстильной ваты до 30 мин (в 5,3 раза) и при 50 °С конвективная сушка – 1 час 42 минуты, УЗ сушка – 20 минут (в 5,1 раза).

На рисунке 7 представлены графики зависимости влажности ваты от времени, демонстрирующие процесс конвективной и УЗ сушки текстильной ваты при скорости потока 3,5 м/с и температурах 30 °С, 40 °С, 50 °С.

Конвективная сушка при 30 °С осу-

ществлялась в течение 1 часа 24 минут. Дополнительное воздействие УЗ колебаниями обеспечило сокращение продолжительности сушки до 24 минут (в 3,5 раза). При температуре воздуха 40 °С время конвективной сушки составило 1 час, с УЗ – 21 минуту (в 2,9 раза). При условии, когда поддерживался температурный режим 50 °С, длительность высушивания при помощи конвективного способа составила 50 минут, УЗ излучение позволило уменьшить время обезвоживания ваты до 21 минуты (в 2,4 раза).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментов по сушке текстильной представлены в таблице 1. Параметр «ускорение сушки» является отношением продолжительности конвективной сушки к продолжительности УЗ сушки.

Таблица 1 – Итоги сушки текстильной ваты

Table 1 - Results of drying textile wool

Температура потока нагретого воздуха, °С	Скорость потока нагретого воздуха, м/с	Ускорение сушки
30	1	7,5
30	3,5	3,5
40	1	5,3
40	3,5	2,9
50	1	5,1
50	3,5	2,4

При скорости воздушного потока 1 м/с наблюдается сокращение продолжительности УЗ сушки в 5,1–7,5 раза. При увеличении скорости воздушного потока до 3,5 м/с ускорение УЗ сушки составляет от 2,4 до 3,5 раз в зависимости от температуры. При этом чем меньше

температура воздуха, тем больше вклад УЗ колебаний в интенсификацию процесса сушки.

В таблице 2 представлены результаты измерений энергетических затрат на конвективную и комбинированную сушку, а также энергоэффективность УЗ сушки.

Таблица 2 – Энергическая эффективность УЗ сушки ваты

Table 2 - Energy efficiency of ultrasonic drying of wool

Температура воздушного потока, °С	Скорость воздушного потока, м/с	Конвективная сушка, Вт·ч	Комбинированная (конвективная + УЗ) сушка, Вт·ч	Энергоэффективность УЗ сушки, %
30	1	220	70	68
30	3,5	230	90	61
40	1	400	100	75
40	3,5	390	160	59
50	1	430	110	74
50	3,5	760	330	57

УЗ сушка обеспечивает сокращение потребления электроэнергии на 75 % при скорости воздушного потока 1 м/с и на 59 % при скорости 3,5 м/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения экспериментальных исследований по УЗ сушке текстильной ваты

были обеспечены различные температурные и скоростные режимы сушильного агента. Было выявлено, что бесконтактное ультразвуковое воздействие позволяет сократить время сушки текстильной ваты в 7,5 раз по сравнению с конвективной сушкой при тех же условиях проведения экспериментов. Сокра-

шение продолжительности сушки сопровождается уменьшением потребляемой электроэнергии на 75 %. При этом оптимальными условиями УЗ сушки являются низкие скорость и температура воздушного потока.

Ультразвуковая сушка может быть использована на предприятиях текстильной промышленности для обеспечения сокращения продолжительности и энергопотребления процесса сушки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчетно-экспериментальное исследование эффективной теплопроводности волокнистых материалов / Н.Н. Воробьев [и др.] // Труды ВИАМ. 2021. №7. 95–102. DOI : 10.18577/2307-6046-2021-0-7-95-102.
2. Производство технической текстильной ваты. Иваново. URL : <https://iv-teh.ru/proizvodstvo-tehnicheskoy-tekstilnoj-vati> (дата обращения: 12.11.2023).
3. Рахмонова Р.Б., Бахриддинова Г.О. Формирование структуры хлопкового волокна // Academic research in educational sciences. 2021. Т. 2, № 7. С. 72–80. DOI : 10.24412/2181-1385-2021-7-72-80.
4. Способ получения ваты : пат. 2157434С1 Рос. Федерация, № 99104687/12 ; заявл. 10.03.1999 ; опубл. 10.10.2000.
5. Нициевская К.Н., Нечаева В.С. Влияние ультразвукового воздействия на растительное сырьё // Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 55–62. DOI : 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.007.
6. Ёкубов М.М., Мухитдинов Р.Б., Леженкин Н.И. Процесс сушки. Конвективная и кондуктивная сушка // Science and Education. 2022. Т. 3, № 6. С. 527–531. ISSN 2181-0842.
7. Kayumov A.M., Parpiev A. Features of drying cotton-raw // Industrial technologies and engineering: VIII international annual conference. 2022. Т. 2650, № 1. С. 030008. DOI : 10.1063/5.0105464.
8. Soomro N. Effect of drying methods on quality of cotton fibers before ginning // European Scientific Journal. 2014. Т. 10, № 24. С. 303–312. ISSN 1857-7431.
9. Изучение процесса химической очистки хлопкового волокна в реакторе периодического действия на производстве медицинской гигроскопической ваты / Кошелева М.К. [и др.] // Успехи химии и химических технологий. 2011. Т. 25, №11(127). 78–82.
10. Исследование процесса ультразвуковой сушки различных материалов / В.Н. Хмелев [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2021. № 6 (40). С. 69–73. DOI : 10.25699/SSSB.2021.40.6.021.
11. Разработка экспериментального стенда для исследования непрерывной конвективной сушки текстильных материалов при контактном ультразвуковом воздействии / В.Н. Хмелёв [и др.] // Industrial Processes and Technologies. 2022. Т. 2, № 2(4). С. 64–76. DOI : 10.37816/2713-0789-2022-2-2(4)-64-76.
12. Излучатели для формирования высокоин-

тенсивных ультразвуковых колебаний в газовых средах различного назначения: ZJSJJW / P.C. Доровских [и др.] // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 226–237. DOI : 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.31.

Информация об авторах

В. Н. Хмелев – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

А. В. Шалунов – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

М. К. Кошелева – кандидат технических наук, профессор кафедры энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).

И. А. Маняхин – младший научный сотрудник отдела научно-исследовательской работы сотрудников и преподавателей Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

С. А. Терентьев – кандидат технических наук, доцент кафедры методов и средств измерений и автоматизации Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

В. А. Нестеров – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

Н. А. Азаров – студент группы ПС-21 Бийского технологического института Алтайского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Vorobyov, N.N., Barinov, D.Ya., Zuev, A.V. & Pakhomkin, S.I. (2021). Computational and experimental study of the effective thermal conductivity of fibrous materials. *Proceedings of VIAM*, (7), 95-102. (In Russ.). DOI : 10.18577/2307-6046-2021-0-7-95-102.
2. *Sait the company "IVTECHNO"* Production of technical textile wool. Retrieved from <https://iv-teh.ru/proizvodstvo-tehnicheskoy-tekstilnoj-vati>. (In Russ.).
3. Rakhmonova, R.B. & Bakhriddinova, G.O. (2021). Formation of cotton fiber structure. *Academic research in educational sciences*, 2(7), 72-80. DOI : 10.24412/2181-1385-2021-7-72-80.
4. Cheshkova, A.V., Nadtoka, I.B., Melnikov, B.N. (2007). Method of producing cotton wool. Pat. 2157434C1 Russian Federation, published on 10.10.2000. Bull. No. 99104687/12. (In Russ.).

5. Nitsievskaya, K.N. & Nechaeva, V.S. (2022). Influence of ultrasonic exposure on plant raw materials. *Polzunovsky vestnik*, (2), 55-62. (In Russ.). DOI : 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.007.

6. Yokubov, M.M., Mukhitdinov, R.B., Lezhenkin, N.I. (2022). Drying process. Convective and conductive drying. *Science and Education*, 3(6), 527-531. ISSN 2181-0842.

7. Kayumov, A.M., Parpiev, A. (2022). Features of drying cotton-raw. *Proceedings of the 8-th international annual conference*. 2650(1), 030008. DOI : 10.1063/5.0105464.

8. Soomro, N. (2014). Effect of drying methods on quality of cotton fibers before ginning. *European Scientific Journal*. 10(24). 303-312. ISSN 1857-7431.

9. Kosheleva, M.K., Shchegolev, A.A., Keremetina, A.P., Bednyashin, A.A. & Borushko, N.P. (2011). Study of the process of chemical purification of cotton fiber in a batch reactor in the production of medical absorbent cotton wool. *Advances in chemistry and chemical technology*, 25(11 (127)), 78-82. (In Russ.).

10. Khmelev, V.N., Shalunov A.V., Nesterov V.A., Terentyev, S.A., Tertishnikov, P.P., Bochenkov, A.S. & Golykh, R.N. (2021). Study of the process of ultrasonic drying of various material. *South Siberian Scientific Bulletin*, (6(40)), 69-73. (In Russ.). DOI : 10.25699/SSSB.2021.40.6.021.

11. Khmelev, V.N., Nesterov, V.A., Kosheleva, M.K., Genne, D.V. & Tertishnikov, P.P. (2022). Development of an experimental stand for studying continuous convective drying of textile materials under contact ultrasonic influence. *Industrial Processes and Technologies*, 2(2(4)), 64-76. (In Russ.). DOI : 10.37816/2713-0789-2022-2-2(4)-64-76.

12. Dorovskikh, R.S., Puzhaikina, A.E., Bochenkov, A.S., Shalunov, A.V. & Nesterov, V.A. (2023). Emitters for formation of high-intensity ultrasonic oscillations in gas media for various purposes: ZJSJJW. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 226-

237. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.31.

Information about the authors

V.N. Khmelev - Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Biysk Technological Institute of the Polzunov Altai State Technical University.

A.V. Shalunov - Doctor of Technical Sciences, leading researcher at the Biysk Technological Institute of Polzunov Altai State Technical University.

M.K. Kosheleva - Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy and Resource Efficient Technologies, Industrial Ecology and Safety of the Russian State Impact University named after. A.N. Kosygina (Technology. Design. Art).

I.A. Manyakhin - junior scientific worker of the department of research work of employees and teachers of the Biysk Technological Institute of the Polzunov Altai State Technical University.

S.A. Terentiev - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Methods and Instruments of Measurement and Automation, Biysk Technological Institute, Polzunov Altai State Technical University.

V.A. Nesterov - candidate of technical sciences, leading researcher at the Biysk Technological Institute of the Polzunov Altai State Technical University.

N.A. Azarov - student of the PS-21 Biysk Technological Institute of Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 30 октября 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 06 мая 2024.

The article was received by the editorial board on 30 Oct 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 06 May 2024.