

УДК 66.047.3

Э.Ф. Фарзалиев¹, А.Г. Ларченко¹, Д.С. Грамаков¹, Баканин Д. В¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЧ- СУШКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация В данной статье будут рассмотрены различные виды сушки материалов, в том числе ВЧ (высокочастотная) сушка

Ключевые слова Сушка, полимер, композит, вч, электромагнитные

E. F. Farzaliev¹, A.G. Larchenko¹, D.S. Gramakov¹, D.V. Bakanin¹

¹Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk, Russia

TECHNOLOGY AND AUTOMATION OF HF-DRYING PROCESSES OF MANY-COMPONENT POLYMER AND COMPOSITE MATERIALS

Annotation: this article will cover different types of drying materials, including RF (high frequency) drying

Keywords: Drying, polymer, composite, RF, electromagnetic

Введение

Поступающие с предприятий-изготовителей полимеры часто содержат некоторое количество влаги и растворителей. Они поглощаются полимером в результате сорбции, первоначально накапливаясь в поверхностном слое, а затем распределяются в объеме материала путем диффузии. Поэтому влажность полимера определяется относительной влажностью среды, продолжительностью пребывания полимера во влажной атмосфере и размерами сто частиц. Поэтому разработка эффективной автоматизированной сушки полимеров является актуальной научной задачей.

Сушка материалов

В ходе проведения литературно-патентного обзора по автоматизации процессов сушки материалов были рассмотрены большое количество источников, наибольший интерес среди которых представляет установка для сушки деталей из древесины. Преимущественно данная установка предназначена для сушки готовых досок, с использованием микроволновой энергии. Из данного патента можно отметить, что именно высушиваемые детали вводятся в зону ВЧ-воздействия с помощью конвейера и включается средство обдува и удаления взвешенной в воздухе влаги. На рисунке 1 представлена установка, содержащая роликовый конвейер 1 для перемещения высушенных деталей вдоль заданного пути, которые последовательно размещены вдоль конвейера 1 средства 2 воздействия микроволновым излучением на детали, каждое из которых посредством линии 3 передачи с включенным в нее средством 4 следящего автоматического согласования соединено с источником 5 микроволновой энергии, средство обдува деталей и удаления взвешенной при этом влаги, в виде узлов 6, размещенных по крайней мере между некоторыми из смежных средств 2 воздействия микроволновым излучением на детали [1].

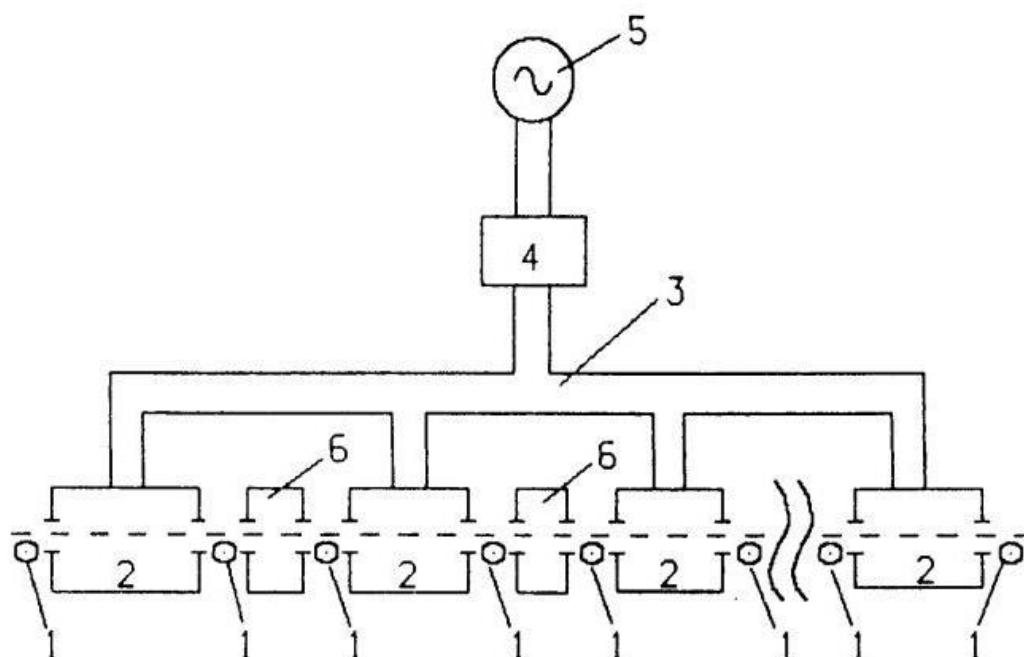


Рис. 1. Роликовый конвейер

К достоинствам данного способа относится то, что удаление влаги проходит максимально эффективно, а к недостаткам можно отнести то, что расходуется значительное количество энергии не на процесс нагрева, а для вспомогательных процессов.

Для сушки высоковлажных материалов авторы следующей разработки предлагают сушилку инфракрасного нагрева. Она состоит из корпуса с шестью прямоугольными отверстиями, в которые вставляются сетчатые поддоны, сушильной камеры, разделенной промежуточными поддонами сбора просыпей на три секции, крышки, ИК-излучателей, вентилятора, блока управления регулированием процесса сушки, с которым соединены датчик температуры и три датчика в сушильной камере [2]. ИК-излучатели работают в импульсном режиме. Вентилятор подает наружный воздух в секции сушильной камеры через пазы в боковой стенке и перфорированные отверстия передней стенки и вместе с испаренной влагой удаляется через щели в задней стенке. На рисунке 2 представлен поперечный разрез сушилки по А-А на рисунке 3; на рисунке 3 также показан продольный разрез сушилки [3].

Сушилка инфракрасная для обезвоживания высоковлажных материалов состоит из корпуса 1 с шестью прямоугольными отверстиями 2, образующих сушильную камеру боковых стенок 3, 4 с специальным профилем 5, передних стенок 6 и поддонов сбора просыпей 7, разделяющих сушильную камеру на три секции, крышки 8, сетчатых поддонов 9, ИК-излучателей 10, установленных в профиле 5, задней стенки 11, вентиляторов 12, блока управления автоматическим регулированием процесса сушки 13. [4]. На передних стенках 6 на равном удалении от боковых стенок 3, 4 и двух сетчатых поддонов 9 в каждой секции установлены датчики температуры 14, соединенные с блоком 13, к которому подключен также датчик 15 установки предельной температуры нагрева, ограничивающий температуру в сушильной камере, при которой ИК-излучатели работают в импульсном режиме [5]. Для подачи воздуха в корпусе 1, напротив вентиляторов 12, выполнены входные круглые отверстия 16, для прохода воздуха в боковой стенке 4 сделаны три паза 17, в передних стенках 6 выполнены в виде перфорации отверстия 18, для выхода воздуха в задней стенке 11, напротив пяти сетчатых поддонов сделаны выходные отверстия 19, а нижняя кромка задней стенки 11 с нижним поддоном сбора просыпей 7 образуют нижнюю щель 20 напротив нижнего сетчатого поддона для удаления воздуха вместе с испаренной влагой [6].

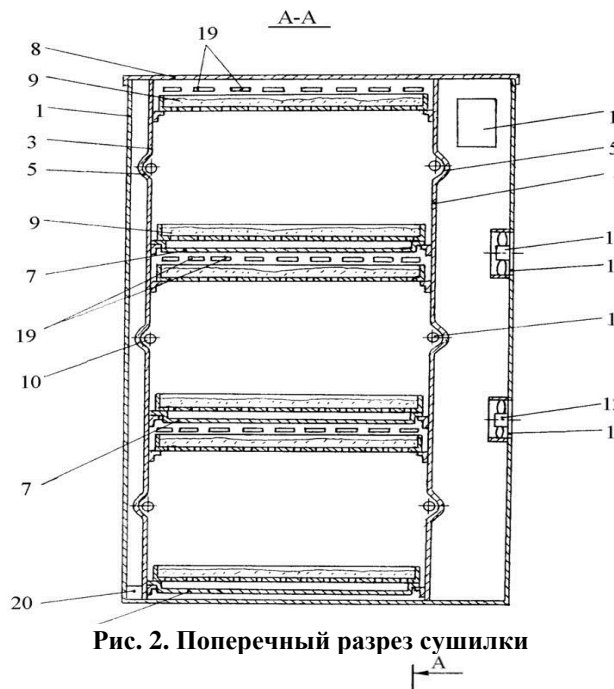


Рис. 2. Поперечный разрез сушилки

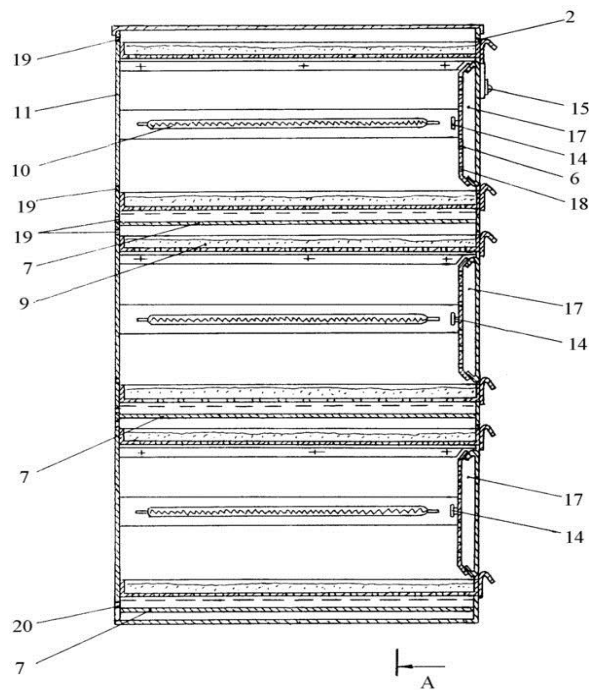


Рис. 3. Продольный разрез сушилки

Предложенная сушилка позволяет без увеличения одновременно подводимой к ИК-излучателям мощности увеличить в три раза количество обрабатываемого материала за счет заполнения времени пауз ИК-излучением, не увеличивая при этом единовременную нагрузку на сеть электрического тока, за счет установки ИК-излучателей в профилях боковых стенок, исключить потери энергии из-за попадания на наружную поверхность излучателей пылевидных просыпей материала и капель влаги [7-15].

Недостатком известной сушилки является соотношение работы и паузы ИК-излучателя как 1:3. По этой причине 2/3 времени работы сушилки теряется на паузу, что уменьшает количество одновременно высушиваемого материала [8].

Следующий вид сушки авторами предлагается производить в осциллируемом режиме, который чередует подачу потоков холодного и горячего воздуха. На следующем этапе сушки в качестве теплоносителя используется уже отработанный на предыдущем этапе поток паровоздушной смеси. Так как температура воздушного потока на предварительном этапе сушки

достигает 140°C , а на заключительном не превышает 60°C , то можно констатировать снижение плотности потока энергии на заключительном этапе по отношению к предварительному. Из теории сушки известно, что для высоковлажных продуктов органического, преимущественно растительного происхождения, на первом этапе удаляется до 35-40% от исходной влаги, причем удаляется поверхностная и малосвязанная влага. Энергозатраты на осуществление этого этапа также не превышают 25-30% затрат на весь процесс.

К недостаткам данного способа сушки можно отнести то, что процесс и оборудование совершенно не имеют автоматизации и поэтому крайне энергозатратны и малоэффективны, хотя несомненно представляют большой интерес [9,15,16].

Также необходимо отметить, что в данном устройстве не до конца раскрыта технология использования вторичной воздушной смеси, так как известен факт, что при уменьшении разности парциальных давлений пара при сушке материала уменьшается скорость диффузии влаги из объекта, увеличивая тем самым время сушки. [10].

Устройство для высокочастотной сушки текстильных материалов в паковках под вакуумом относится к красильно-отделочному оборудованию и используется в текстильной промышленности для сушки пряжи в бобинах периодическим способом [11].

Интерес для наших исследований данная разработка представляет в том, что авторы предлагают сушку многокомпонентного материалов. На рисунке 4 изображена схема описываемого устройства. Устройство состоит из корпуса 1 и крышки 2 сушильной камеры, внутри которой устанавливается плаковкодержатель 3 с паковками пряжи. В рабочем положении плаковкодержатель фиксируется на упорное кольцо 8 и герметизирующую прокладку 9 с помощью гайки-заглушки 5, навертываемой на установочный винт 4 корпуса камеры. После фиксации плаковкодержателя внутренний объем камеры разделяется на две взаимноизолированные герметичные полости А и В, разделительной перегородкой для которых является толщина слоя обрабатываемого материала [12,16].

В нижней части корпуса установлена платформа 7, на которой расположены в определенном порядке рабочие ВЧ-электроды 6, подключенные к ВЧ-генератору 17 и создающие радиальное ВЧ-поле, в зоне которого находятся паковки пряжи, насаженные на полые перфорированные стержни плаковкодержателя и которые также являются ВЧ-электродами обратной полярности. Полости А и Б соединены с системой вакуумирования 11 через управляемые запорные элементы 13 и 16 а также с системой подачи нагретого воздуха, состоящей из управляемых запорных элементов 12,14,15, редукторного устройства 18 и нагревателя 10. Из нижней части камеры через клапан 12 отводится отсасываемая при вакуумном отжиме и конденсируемая при сушке влага [13]

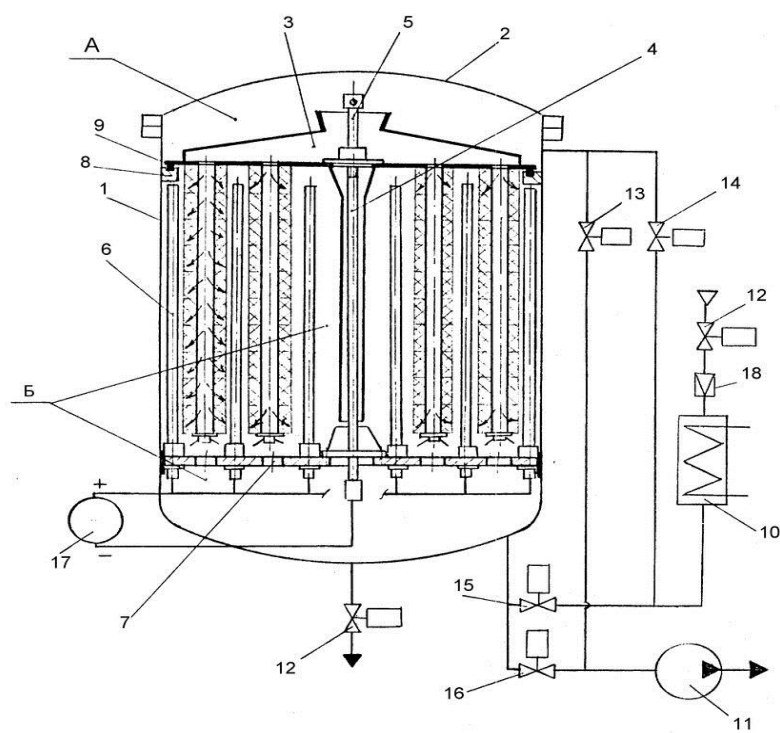


Рис. 4. Устройство для высокочастотной сушки

Достоинством данного способа ВЧ-сушки является повышение эффективности тепло-массообменного процесса, снижение энергоемкости, металлоемкости и повышение качества обработанного материала. Недостатком является неавтоматизированная трудоемкая операция установки бобинодержателя на электроды в автоклаве. Причем этому должно предшествовать предварительное обезвоживание бобин пряжи перед сушкой на вспомогательном оборудовании, которое, кстати сказать, также не автоматизировано.

Проведенные обзорные исследования на тему автоматизации сушки многокомпонентных материалов положительных результатов не дали. Публикаций по данной тематике крайне мало, а имеющиеся поверхностны и рассматриваются только как разработки на перспективу.

Поэтому, проведя анализ в рамках темы настоящей статьи можно сказать, что автоматизация технологических процессов ВЧ-сушки многокомпонентных полимерных и композиционных материалов актуальна для решения ряда народно-хозяйственных задач.

Заключение

В связи с вышеизложенным, целью дальнейших исследований является работа по автоматизации технологического процесса ВЧ-сушки многокомпонентных полимерных и композиционных материалов, что, в свою очередь ставит следующие задачи:

- исследование способов ВЧ и СВЧ-сушки полимерных материалов, ВЧ-СВЧ сушка;
- изучение достоинств и недостатков всех видов сушки;
- формирование теоретических основ процесса ВЧ-сушки и его моделирования;
- организация контроля качества ВЧ-сушки;
- проведение анализа существующего оборудования ВЧ-сушки и его автоматизации;
- разработка АСУ ТП процесса ВЧ-сушки многокомпонентных полимерных и композиционных материалов.

Решение поставленных задач возможно на основе использования автоматизированной системы научных исследований высокочастотной обработки, представленной в работе [17].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент: РФ № 2075709 / Установка для сушки деталей из древесины, А.П. Арзин, С.Н. Владимиров [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://allpatents.ru/patent/2075709.html>, (дата обращения 18.10.19).
2. Марков А.В., Юленец Ю.П. Механизм массопереноса в высокоинтенсивных процессах сушки при наличии внутренних источников тепла // Теор. основы химической технологии, 2002. – Т.36. – № 3. – С. 268-274.
3. Патент РФ № 2352880 . / Сушилка инфракрасная, С.К. Волончук [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://allpatents.ru/patent/2352880.html>, (дата обращения 21.10.19)
4. Марков А.В., Юленец Ю.П. Механизм массопереноса в высокоинтенсивных процессах сушки при наличии внутренних источников тепла // Теор. основы химической технологии. 2002.
5. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов. М.: Химия, 2001.
6. Архангельский Ю.С. СВЧ-электротермия. Саратов: Саратов. ГТУ, 1998.
7. Челидзе Т.Л., Деревянко А.П., Курьленко О.Д. Электрическая спектроскопия гетерогенных систем. Киев: Наукова думка, 1977.
8. Берлинер М.А. Измерения влажности. М.: Энергия, 1973. 400 с
9. Донской А.В., Рамм Г.С., Вигдорович Ю.Б. Электротермические установки с ламповыми генераторами. Л.: Энергия. 1974. 208 с.
10. Зуев И.А. Научное обеспечение и разработка способа сушки топинамбура при комбинированных гидродинамических режимах: Дисс. канд. техн. наук. – Воронеж, 2006. – 202 с.
11. Патент РФ № 2084565 / Устройство для высокочастотной сушки текстильных материалов в паковках под вакуумом, В.П. Андрусенко, А.С. Благодичный [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://allpatents.ru/patent/2084565.html>, (дата обращения 21.10.19)
12. Марков А.В., Кашмет В.В., Юленец Ю.П. Автоматизированная система управления процессом вакуумной высокочастотной сушки йодистого натрия // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2007. – № 4. – С.15-18.
13. Карлслюу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. – М.: Наука, 2000.
14. Долгополов Н.Н. Электрофизические методы в технологии строительных материалов. – М.: Стройиздат, 2003
15. Патент РФ № 132209 / Устройство диагностики деталей из полиамидных материалов А.Г Ларченко, А.В., Лившиц Н.Г. Филиппенко, С.И. Попов от 05.04.2013 Режим доступа: <http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=74b1366096a3641297fe020d65097cf8> (дата обращения 21.10.19)
16. Филиппенко Н.Г. Математическая модель процесса высокочастотной обработки полимерных материалов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 1 (33)., С. 76-79.
17. Лившиц А.В. Автоматизированная система научных исследований высокочастотной электротермии // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2015. № 4. С. 54-60.

REFERENCES

1. Patent: RF № 2075709 / Ustanovka dlya sushki detalej iz drevesiny, A.P. Arzin, S.N. Vladimirov [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://allpatents.ru/patent/2075709.html>, (data obrashcheniya 18.10.19).
2. Markov A.V., Yulenc Yu.P. Mekhanizm massoprenosa v vysokointensivnyh procesah sushki pri nalichii vnutrennih istochnikov tepla // Teor. osnovy himicheskoy tekhnologii, 2002. – T.36. – № 3. – S. 268-274.

3. Patent RF № 2352880 . / Sushilka infrakrasnaya, S.K. Volonchuk [Elektronnyj re-surs] Rezhim dostupa: <http://allpatents.ru/patent/2352880.html>, (data obrashcheniya 21.10.19)
4. Markov A.V., Yulenc Yu.P. Mekhanizm massoperenosa v vysokointensivnyh processah sushki pri nalichii vnutrennih istochnikov tepla // Teor. osnovy himicheskoy tekhnologii. 2002.
5. Volkov C.C. Svarka i skleivanie polimernyh materialov. M.: Himiya, 2001.
6. Arhangel'skij Yu.S. SVCh-elektrotermiya. Saratov: Saratov. GTU, 1998.
7. Chelidze T.L., Derevyanko A.P., Kurylenko O.D. Elektricheskaya spektroskopiya geterogennyh sistem. Kiev: Naukova dumka, 1977.
8. Berliner M.A. Izmereniya vlazhnosti. M.: Energiya, 1973. 400 s
9. Donskoj A.V., Ramm G.S., Vigdorovich Yu.B. Elektrotermicheskie ustanovki s lampovymi generatorami. L.: Energiya. 1974. 208 s.
10. Zuev I.A. Nauchnoe obespechenie i razrabotka sposoba sushki topinambura pri kombinirovannyh gidrodinamicheskikh rezhimakh: Diss. kand. tekhn. nauk. – Voronezh, 2006. – 202 s.
11. Patent RF № 2084565 / Ustrojstvo dlya vysokochastotnoj sushki tekstil'nyh materialov v pakovkah pod vakuumom, V.P. Andrusenko, A.S. Blagochinnyj [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://allpatents.ru/patent/2084565.html>, (data obrashcheniya 21.10.19)
12. Markov A.V., Kashmet V.V., Yulenc Yu.P. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya processom vakuumnoj vysokochastotnoj sushki jodistogo natriya // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika, 2007. – № 4. – S.15-18.
13. Karlslou G., Eger D. Teploprovodnost' tverdyh tel. – M.: Nauka, 2000.
14. Dolgopolov N.N. Elektrofizicheskie metody v tekhnologii stroitel'nyh materialov. – M.: Strojizdat, 2003
15. Patent RF № 132209 / Ustrojstvo diagnostiki detalej iz poliamidnyh materialov A.G Larchenko, A.V., Livshic N.G. Filippenko, S.I. Popov ot 05.04.2013 Rezhim dostupa: <http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=74b1366096a3641297fe020d65097cf8> (data obrashcheniya 21.10.19)
16. Filippenko N.G. Matematicheskaya model' processa vysokochastotnoj obrabotki polimernyh materialov // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. 2012. № 1 (33)., S. 76-79.
17. Livshits A.V. Avtomatizirovannaya sistema nauchnyh issledovanij vysokochastotnoj elektrotermii [Automated system of scientific research of high-frequency electrothermia]. Problems of mechanical engineering and automation. 2015. No. 4. Pp. 54-60.

Информация об авторах

Фарзалиев Эмиль Физули-оглы - аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru

Ларченко Анастасия Геннадьевна к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: larchenkoa@inbox.ru

Грамаков Демид Сергеевич- аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru

Баканин Денис Викторович - аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, инженер- конструктор, АО «Иркутский релейный завод», г. Иркутск, e-mail: denis.bakan@mail.ru

Autors

Emil Fizuli-Ogli Farzaliev – Ph.D. student, the Subdepartment of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru

Larchenko Anastasiya Gennad'evna– Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: larchenkoa@inbox.ru

Demid Sergeevich Gramakov – Ph.D. student, the Subdepartment of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru

Denis Viktorovich Bakanin – Ph.D. student, the Subdepartment of Automation of Production Processes, Irkutsk State Transport University, Design Engineer, Irkutsk Relay Plant JSC, Irkutsk, e-mail: denis.bakan@mail.ru

Для цитирования

Фарзалиев Э.Ф. Автоматизация технологических процессов ВЧ- сушки многокомпонентных полимерных и композиционных материалов [Электронный ресурс] / Э.Ф. Фарзалиев, А.Г. Ларченко, Д.С. Грамаков, Д.В. Баканин // Молодая наука сибиря: электрон. науч. журн. — 2019 — №3 (5). — Режим доступа:<http://mnv.irgups.ru/toma/35-2019>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 28.10.2019)

For citation

Farzaliev E.F., Larchenko A.G., Gramakov D.S., Bakanin D.V. *Automation of technological processes of RF-drying of multicomponent polymer and composite materials*. Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2019, no.3 (5). (Accessed 28.10.19)