

УДК 620.199

Э.Ф. Фарзалиев¹, Н.Г. Филиппенко¹, Т.Т. Чумбадзе¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Промышленное предприятие ООО «ПОЛИЭМ», испытывающее проблемы с производством, связанные с изготовлением не стойких упаковочных пленок. Имеющиеся проблемы в промышленном предприятии, связанные с повышенным увлажнением исходного сырья для производства упаковочных пленок перевозимых на открытом воздухе продукции, что приводит к производству некачественной пленки.

Тем не менее, не решенная проблема на предприятии вынуждает их производить некачественную продукцию организация контроля уровня влажности, которой представляет определенные сложности. В статье представлено решение организации процесса контроля и управления уровнем влажности в исходном многокомпонентном сырье из полимерных материалов. Была разработана экспериментальная установка насыщения влагой для определения способности каждого из составляющих исходных полимеров, впитывать влагу. С целью автоматизации процесса была разработана автоматизированная система управления и контроля изменения влажности. Были определены и классифицированы компоненты, входящие в состав многокомпонентного сырья по своей гигроскопичности.

Ключевые слова: полимер, сушка, насыщение, влага, гигроскопичность, герметичная камера, хлорид калия.

E. F. Farzaliyev¹, N. G. Filippenko¹, T.T. Chumbadze

¹Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, Russia

INVESTIGATION OF HYGROSCOPICITY OF MULTICOMPONENT POLYMER MATERIALS

Abstract. Industrial enterprise LLC "POLYEM", experiencing production problems associated with the production of non-resistant packaging films. The existing problems in the industrial enterprise associated with the increased moisture content of the raw materials for the production of packaging films of products transported in the open air, which leads to the production of low-quality film.

However, the unsolved problem at the enterprise forces them to produce poor-quality products, the organization of humidity control, which presents certain difficulties. The article presents a solution for organizing the process of monitoring and controlling the humidity level in the initial multicomponent raw materials made of polymer materials. An experimental moisture saturation system was developed to determine the ability of each of the components of the initial polymers to absorb moisture. In order to automate the process, an automated system for controlling and controlling changes in humidity was developed. The components that make up the multicomponent raw materials were identified and classified according to their hygroscopicity.

Keywords: *polymer, drying, saturation, moisture, hygroscopicity, sealed chamber, potassium chloride.*

Актуальность темы: Предприятия полимерной промышленности при изготовлении пленок, в том числе, для упаковки транспортируемых открытым способом сырья и материалов, имеют проблему, заключающуюся в том, что пленка разрушается в течение нескольких суток. Перевозимый груз, упакованный, в такую пленку в процессе транспортировки, теряет свое качество. Общеизвестным фактом, является, то, что переувлажненный исходный (полимерный) материал при производстве пленки негативным образом влияет на ее качество. Анализ процесса контроля увлажнения многокомпонентных материалов показал, что данной входной операции уделяется недостаточно внимания. Проблема заключается еще и в том, что при производстве полимера используются одновременно несколько компонентов, исследованием процесса увлажнения смеси, которых никто не занимался. Отсюда целью исследования стало определение степени гигроскопичности различных материалов, входящих в состав пленки.

Задачами исследования, позволяющие, достичь поставленную цель, являются: разработка и создание экспериментальной установки, разработка автоматизированной системы управления и контроля процесса экспериментального исследования, проведение экспериментальных исследований с целью определения гигроскопичности многокомпонентных полимерных материалов.

Введение

Промышленное предприятие ООО «ПОЛИЭМ», г. Ангарск работает с группой компаний деревообрабатывающей отрасли. Данное предприятие выпускает упаковочные пленки, для транспортировки пиломатериалов поставляемых на экспорт. Последнее десятилетие у предприятия есть проблемы, которые заключаются в том, что выпускаемая упаковочная пленка в процессе транспортировки разрушается. Необходимо отметить, что процесс транспортировки состоит из хранения, самой транспортировки, погрузо-разгрузочных работ, в процессе которых на пленку воздействует окружающая среда (ультрафиолетовые лучи,

влажность и температура воздуха). Разрушение упаковочной пленки приводит к потере качества сырья, что подтверждается рекламациями.

При проведении литературно-патентного обзора было выяснено, что оборудования для исследования насыщения влагой многокомпонентных полимерных материалов в России не производится, поэтому следующей задачей исследования было создание экспериментальной установки для проведения работ по изучению гигроскопичности многокомпонентных полимерных материалов[1].

Экспериментальная установка для насыщения влагой

Разработанная в рамках настоящего исследования экспериментальная установка представленная, на схеме рисунка 1. В основу экспериментальной установки (замкнутая камера-резонатора) была взята СВЧ печь. Необходимо отметить, что данное оборудование ранее использовалась, в качестве установки для проведения экспериментов по сушке полимерных материалов в СВЧ-поле и имело в своем составе уже ряд датчиков и устройств. С целью герметизации уплотнительный материал с нанесенным клеевым слоем позволил надежно закрыть все технологические окна и отверстия. Для контроля относительной влажности в экспериментальной установке был установлен датчик влажности модели DHT 11. Чувствительный элемент датчика через технологическое отверстие был помещен в камеру сушки, что позволило в онлайн режиме производить надежные измерения влажности. Для контроля, хранения и визуализации получаемых данных датчик DHT 11 был подключен через контроллер Atmega 328 к персональному компьютеру, позволяющему накапливать и визуализировать результаты измерений. Учитывая то, что процесс насыщения влагой достаточно сложен и продолжителен (продолжительность может достигать нескольких часов), разработанная система автоматизированного контроля процесса увлажнения позволило значительно облегчить процесс проведение экспериментальных исследований [2-3].

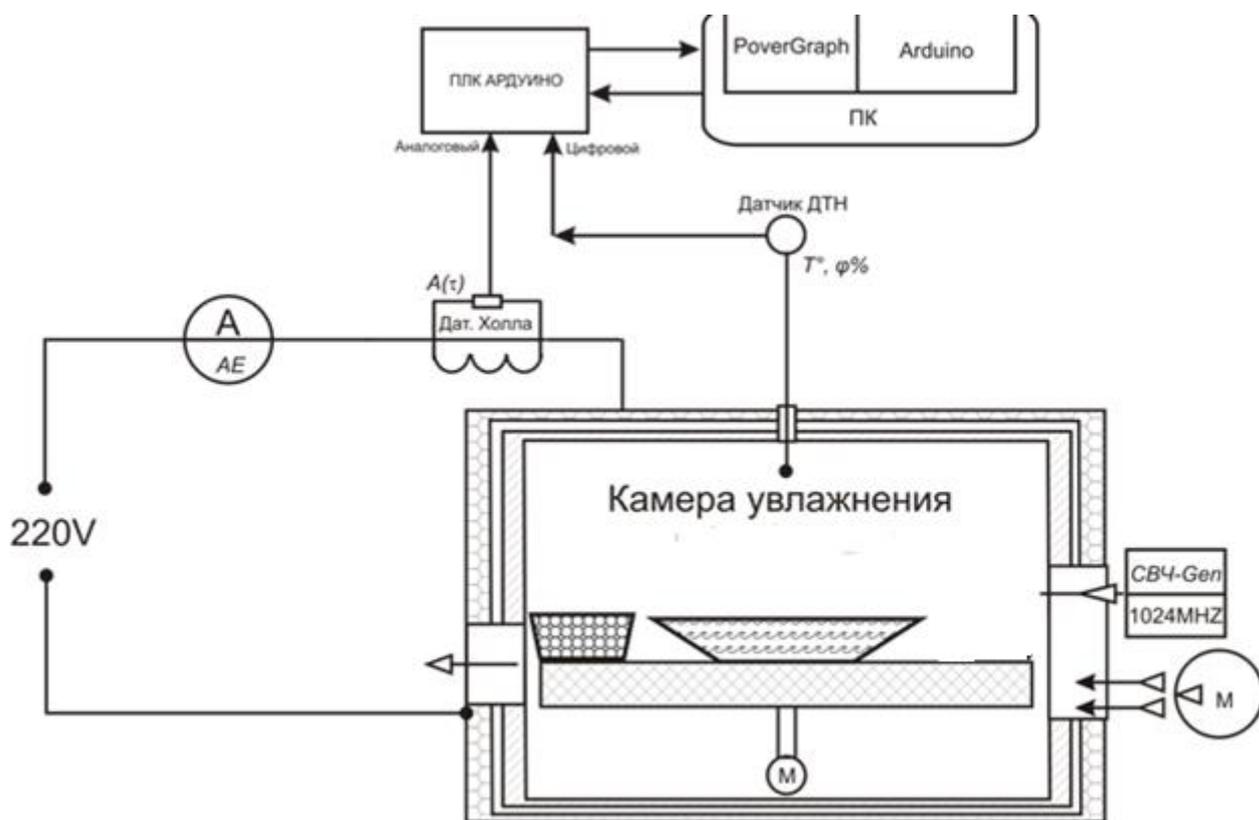


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

Алгоритм проведения экспериментальных исследований осуществлялся следующим образом. Многокомпонентный полимер помещается в увлажняющую камеру с насыщенным раствором солей KCl. Уровень влажности датчиком ДТН 11 контролировался непрерывно в реальном режиме времени. Передача данных осуществлялась через плату с контролером на персональный компьютер [4].

В камере выдерживались образцы исходных полимеров с общим объемом 420 мм^3 . Каждые 20 секунд производилось взвешивание на аналитических весах обладающих точностью измерения $0,0001 \text{ г}$.

Эксперимент проводился до тех пор, пока значение массы не стабилизировалось, что и означало полное насыщение полимера влагой. Полученные данные изменение массы полимеров в процентном соотношении, полученные в ходе эксперимента представлены на рис. 2 [5-7].

Сравнительный анализ полученных данных гигроскопичности полимеров, показал, что продолжительность процесса измерения массы достигает 40 секунд. За данный промежуток времени полимер на воздухе терял массу, то есть высыхал, и измерения не давали, достоверные результаты. Для нивелировки данной погрешности была спланирована и проведена серия экспериментов, в ходе которой после насыщения влагой полимер размещался на

весах, и отслеживалось изменение его массы на воздухе (рис. 3). Нивелировка погрешности осуществляется по формуле:

$$P = m_1 + m_2,$$

где: P- масса увлажненного полимера, m_1 - (г) масса полимера без учета погрешности, m_2 - (г) потеря массы увлажненного полимера за период операции измерения (40 с) [8-10].

Данные насыщения полимеров влагой и график сушки на воздухе

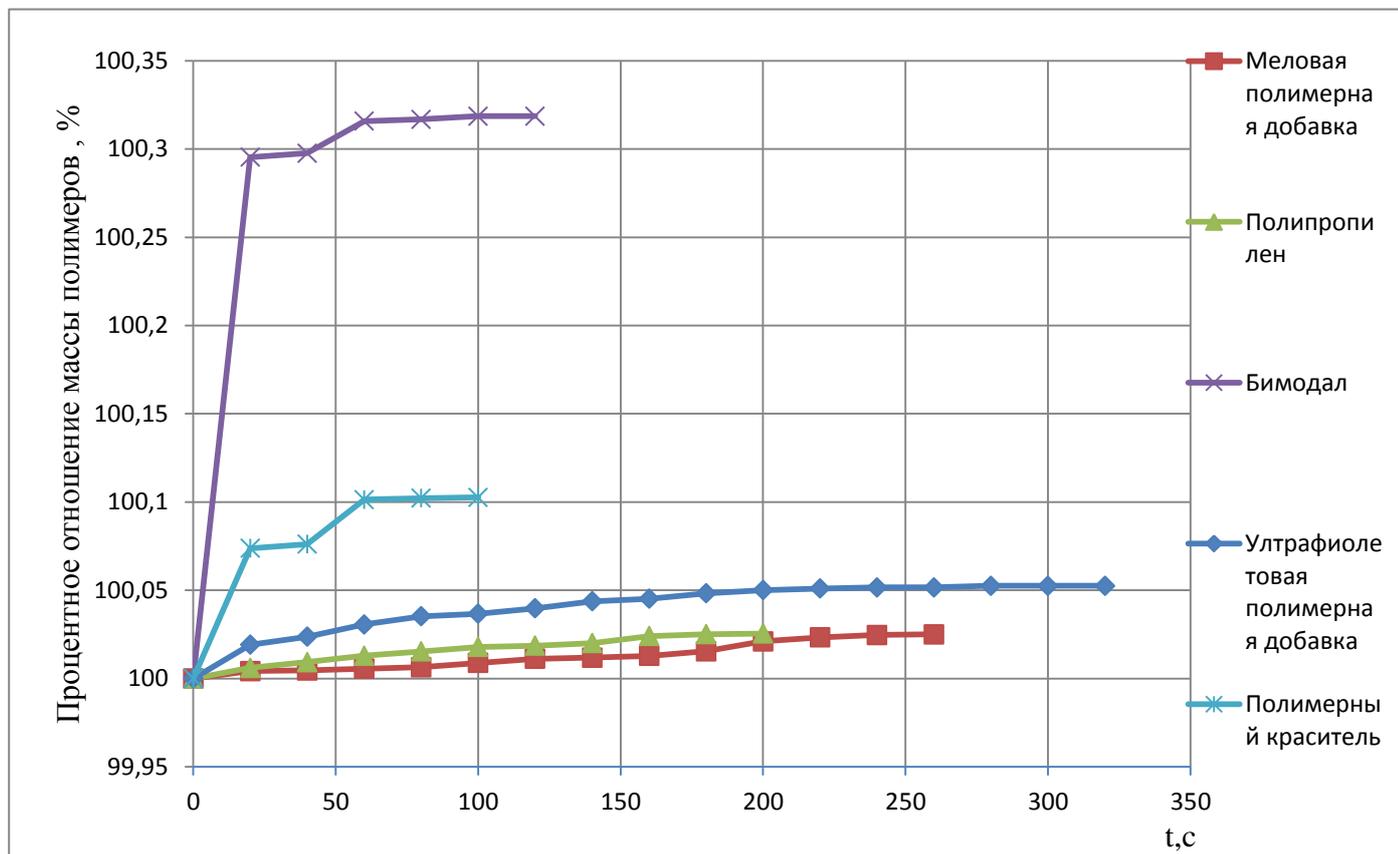


Рис. 2 – Диаграмма изменения массы увлажненных полимеров в процентах

Число экспериментов проводилось в соответствии со сложившимися методиками исследований, разработанной на кафедре АПП ИрГУПС [11-12]. Из рис. 2 видно, что бимодал набрал более всего влаги за 140 секунд, затем полимерный краситель за 100 секунд, ультрафиолетовая полимерная добавка набрала влагу за 320 секунд. Полипропилен и меловая полимерная добавка набрали одинаковое количество влаги. Время, затраченное на впитывание ими влаги составляет 200 и 260 секунд соответственно [13-15].

Таким образом впервые удалось экспериментально определить последовательность наполнения влагой многокомпонентной смеси полимерных материалов в процессе подгото-

вительной операции при производстве изделий из них.

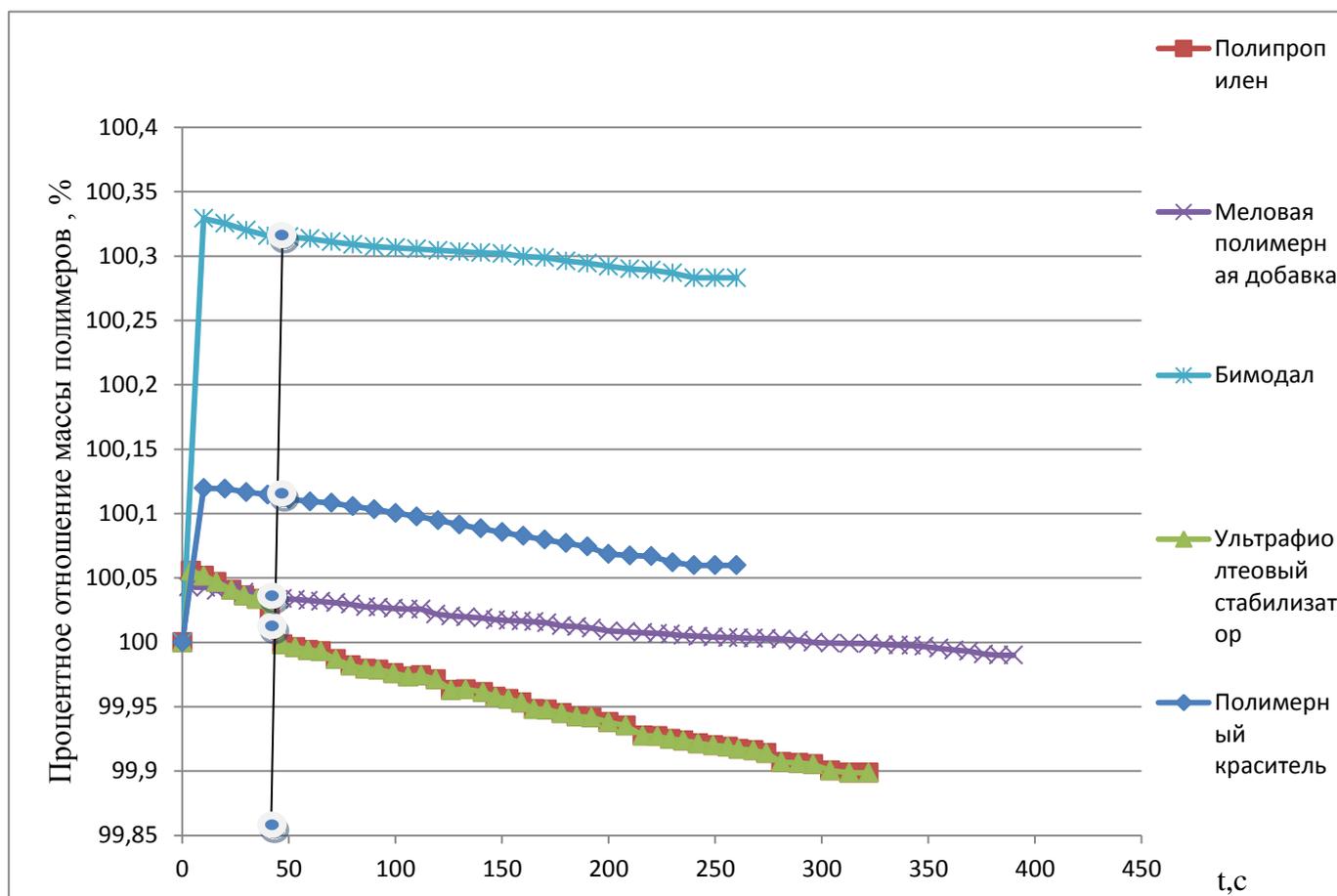


Рис. 3 – Экспериментальные данные изменения массы полимера при сушки на воздухе

Заключение

По результатам проведенного исследования разработанная экспериментальная установка для насыщения влагой многокомпонентных полимеров используемых для производства пленок для упаковки пиломатериалов позволила определить гигроскопичность и время насыщения влагой каждого полимерного компонента.

По результатам, проведенным в рамках настоящего исследования работ можно сделать вывод, что исследуемые полимеры воспринимают влагу как в различном объеме, так и за различный промежуток времени. Таким образом, их условно можно разделить по следующим показателям:

- бимодал за 140 (с) набрал 100,32 % влаги;
- полимерный краситель за 100 (с) набрал 100,1 % влаги;
- ультрафиолетовая полимерная добавка за 320 (с) набрал 100,05 % влаги;
- полипропилен за 200 (с) набрал 100,02 % влаги;
- меловая полимерная добавка за 260 (с) набрала 100,02 % влаги.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для промышленного использования предприятием ООО «ПОЛИЭМ» для организации процесса управления сушкой много-

компонентных полимерных материалов основанном на предварительном контроле обводнения (влажности) поставляемого в производство многокомпонентного полимерного сырья.

Библиографический список

1. Кулезнев В.Н., Ушакова О.Б. Структура и механические свойства полимеров. М.: МИТХТ, 2006. 86 с.
2. Ларченко А.Г. Автоматизированное выявление дефектов в изделиях из полиамидных материалов методом высокочастотного излучения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 1 (41). С. 160-165.
3. Ларченко А.Г. Автоматизированное устройство диагностирования полимерных изделий сложной конфигурации методом высокочастотного излучения // Контроль. Диагностика. 2016. № 2. С. 61-65.
4. Буторин Д. Автоматизированная система контроля диэлектрических потерь в полимерах // МАТЕС Web of Conferences 2018. С. 02003.
5. Филиппенко Н.Г., Буторин Д.В., Лившиц А.В. Определение фазовых и релаксационных переходов в полимерных материалах // Автоматизация. Современные технологии. 2017. – Т. 71. – № 4. – С. 171-175.
6. Филиппенко Н.Г., Буторин Д.В., Лившиц А.В., Попов М.С., Гозбенко В.Е. Автоматизация измерения температуры полимерного материала при высокочастотном электротермическом нагреве // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. – № 1 (53). – С. 96-103.
7. Архиреев В.П. Старение и стабилизация полимеров. Казань: КГТУ, 2002. 88 с.
8. Буторин Д.В., Филиппенко Н.Г., Филатова С.Н., Лившиц А.В., Каргапольцев С.К. Разработка методики определения структурных превращений в полимерных материалах // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. № 4 (48). С. 80-86.
9. Шастин В. И., Каргапольцев С. К., Гозбенко В. Е., Лившиц А. В., Филиппенко Н. Г. Результаты комплексных исследований микроструктурных и физико-механических свойств инженерных материалов с использованием инновационного метода// Международный журнал прикладных инженерных исследований. 2017. Т. 12. № 24. С. 15269-15272.
10. Александров А.А. Прогнозирование остаточных напряжений возникающих при термообработке алюминиевых сплавов // Инженерный вестник Дона. – 2015 – № 4 (38). – с. 128.
11. Александров А.А., Лившиц А.В., Рудых А.В. Расчет термических остаточных напряжений в заготовках из алюминиевых сплавов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016 - № 1(49). – с. 52-56.

12. Лившиц А. В., Филиппенко Н. Г., Хоменко А. П., Каргапольцев С. К., Горбенко В. Е., Дамбаев З. Г. Математическое моделирование процессов высокочастотного нагрева термопластов и повышение качества сварных полимерных изделий // Журнал тепло и массообмена. 2017. Том 14. № 2. с. 219-226.

13. Александров А.А. Прогнозирование динамики охлаждения заготовок из алюминиевых сплавов при термообработке // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014 - №1(41). – с. 140-145.

14. Круглов С.П. Адаптивная система управления с двухэтапным идентификатором и неявной эталонной моделью. Патент РФ на изобретение № 2231819 С2; Заявл. 13.02.02.; Приоритет 13.02.02.; Опубл. 27.06.04, Бюл. № 18.

15. Круглов С.П. Адаптивная автоматизация пилотирования самолетом на больших углах атаки на основе упрощенных условий адаптируемости. – Иркутск: Иркутский филиал Московского государственного университета гражданской авиации, 2012. – 248 с.

REFERENCES

1. Larchenko A. G. Automated device for diagnosing polymer products of complex configuration by the method of high-frequency radiation. *Diagnostics*. 2016. No. 2. pp. 61-65.

2. Larchenko A. G. Automated detection of defects in products made of polyamide materials by high-frequency radiation // *Modern technologies. System analysis. Modeling*. 2014. No. 1 (41). pp. 160-165.

3. Kuleznev V. N., Ushakova O. B. *Structure and mechanical properties of polymers*. Moscow: МИТХТ, 2006. 86 p.

4. Butorin D. Automated control system to monitor dielectric losses in polymers // *MATEC Web of Conferences* 2018. p. 02003.

5. Filippenko N. G., Butorin D. V., Livshits A.V. Determination of phase and relaxation transitions in polymer materials // *Automation. Modern technologies*. 2017. - Т. 71. - No. 4. - S. 171-175.

6. Filippenko N. G., Butorin D. V., Livshits A.V., Popov M. S., Gozbenko V. E. Automation of temperature measurement of polymer material at high-frequency electrothermal heating. *System analysis. Modeling*. 2017. – № 1 (53). – Pp. 96-103.

7. Arkhireev V. P. *Aging and stabilization of polymers*. Kazan: KSTU, 2002. 88 p.

8. Butorin D. V., Filippenko N. G., Filatova S. N., Livshits A.V., Kargapoltsev S. K. Development of methods for determining structural transformations in polymer materials. *System analysis. Modeling*. 2015. No. 4 (48). pp. 80-86.

9. Shastin V.I., Kargapol'tsev S.K., Gozbenko V.E., Livshits A.V., Filippenko N.G. Results of the complex studies of microstructural, physical and mechanical properties of engineering materials using innovative method s// International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. no. 24. pp. 15269-15272.
10. Alexandrov A. A. Forecasting of residual stresses arising during heat treatment of aluminum alloys // Engineering Bulletin of the Don. – 2015 – № 4 (38). – p. 128.
11. Alexandrov A. A., Livshits A.V., Rudykh A.V. Calculation of thermal residual stresses in billets made of aluminum alloys. System analysis. Modeling. – 2016 - № 1(49). – S. 52-56.
12. Livshits V. A., Filippenko N. G., Homenko A. P., Kargapol'tsev S. K., Gozbenko V. E., Z. Dambaev G. Mathematical modelling of the processes of the high-frequency heating of thermoplastics and quality improvement of welded polymeric items // JP Journal of Heat and Mass Transfer. 2017. T. 14. No. 2. P. 219-226.
13. Alexandrov A. A. Forecasting the dynamics of cooling of billets from aluminum alloys during heat treatment // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2014 - №1(41). – p. 140-145.
14. Kruglov S. P. Adaptive control system with a two-stage identifier and an implicit reference model. Patent of the Russian Federation for invention No. 2231819 C2; Application No. 13.02.02.; Priority No. 13.02.02.; Publ. 27.06.04, Byul. No. 18.
15. Kruglov S. P. Adaptive automation of aircraft piloting at high angles of attack based on simplified adaptability conditions. - Irkutsk: Irkutsk Branch of the Moscow State University of Civil Aviation, 2012. - 248 p.

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.

Филиппенко Николай Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ifpi@mail.ru.

Чумбадзе Тамара Темуриевна – студент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tamriko98@yandex.ru.

Authors

Farzaliev Emil Fizuli-ogly-post-graduate student of the Department "automation of production processes", Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: pro.porp2014@yandex.ru.

Filippenko Nikolay Grigoryevich -candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "automation of production processes", Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: ifpi@mail.ru.

Chumbadze Tamara Temurievna - student of the Department "Automation of Production Processes", Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, e-mail: tamriko98@yandex.ru.

Для цитирования

Фарзалиев Э.Ф. Исследование гигроскопичности многокомпонентных полимерных материалов [Электронный ресурс] / Э.Ф. Фарзалиев, Н.Г. Филиппенко, Т.Т Чумбадзе // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — № . 1 — Режим доступа: <https://mnv.irgups.ru/toma/111-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 07.06.2021).

For citation

Farzaliev E. F. Research on hygroscopicity of multicomponent polymer materials [Electronic resource] / E. F. Farzaliev, N. G. Filippenko, T.T Chumbadze // Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no.1 . [Accessed 07.06.21]