

УДК 676.046

**В. Л. Флейшер, Н. А. Герман, Я. В. Боркина**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И КАНИФОЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БУМАГИ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

В настоящее время для получения широкого ассортимента бумаги применяется большое количество видов сырья и вспомогательных химических веществ, позволяющих получить бумагу с рядом ценных свойств. В то же время актуальной задачей современного производства остается обеспечение высокого качества бумаги.

В данной работе проведены исследования по влиянию на качество бумаги синтетических волокон и связующего на основе канифоли. Синтетические волокна, состоящие из полиэтилентерефталата и полипропилена, добавляли к натуральному волокнистому сырью (целлюлоза сульфатная беленая из лиственных пород древесины) в количестве от 10 до 20 мас. %. Количество канифольной композиции варьировали от 0,25 до 0,50% от а. с. в.

Определены физико-механические свойства образцов бумаги: поверхностная впитываемость при одностороннем смачивании, разрушающее усилие в сухом и влажном состояниях; рассчитаны такие показатели, как разрывная длина и влагопрочность. Установлено, что присутствие в композиции бумаги синтетических волокон неоднозначно влияет на ее свойства: впитываемость снижается на 48,7%, влагопрочность увеличивается на 9,0%, зафиксировано незначительное снижение показателя разрывной длины, которое увеличивается за счет добавления в такую бумагу разработанной канифольной композиции в количестве 0,25% от а. с. в. В результате этого достигается увеличение разрывной длины в 2,0 раза, а влагопрочности – в 5,8 раз, при этом наблюдается дополнительное снижение впитываемости при одностороннем смачивании в 1,6 раза.

**Ключевые слова:** бумага, синтетические волокна, канифольная композиция, впитываемость при одностороннем смачивании, разрывная длина, влагопрочность.

**V. L. Fleisher, N. A. German, Ya. V. Borkina**  
Belarusian State Technological University

### **THE USE OF SYNTHETIC FIBERS AND ROSIN COMPOSITION TO OBTAIN PAPER WITH IMPROVED PROPERTIES**

Currently, to obtain a wide range of paper, a large number of types of raw materials and auxiliary chemicals are used to produce paper with a number of valuable properties. At the same time, ensuring the high quality of paper remains an urgent task of modern production.

This study conducted on the impact on the quality of paper synthetic fibers and a rosin-based binder. Synthetic fibers consisting of polyethylene terephthalate and polypropylene were added to natural fibrous raw materials (bleached sulfate pulp) in an amount of 10 to 20 mass. %. The amount of rosin composition ranged from 0.25 to 0.50% of a. d. f.

The physicochemical properties of paper samples were determined: surface absorption with unilateral wetting, destructive force in dry and wet conditions; Indicators such as breaking length and moisture resistance are calculated. It was established that the presence of synthetic fibers in the paper composition has an ambiguous effect on its properties: absorbency decreases by 48.7%, moisture resistance increases by 9.0%, a slight decrease in the breaking length is recorded, which increases due to the addition of developed rosin composition in such paper in an amount of 0.25% of a. d. f. As a result of this, a 2.0-fold increase in the breaking length is achieved, and a 5.8-fold increase in water resistance, with an additional 1.6-fold decrease in absorbency with unilateral wetting.

**Key words:** paper, synthetic fibers, rosin composition, absorption with unilateral wetting, breaking length, moisture resistance.

**Введение.** Особенностью современного производства бумаги и картона является многокомпонентность применяемых систем и использование широкого спектра вспомогательных синтетических материалов, что требует разработки

новых технологических решений по эффективному их применению с целью получения бумаги и картона с требуемым комплексом свойств.

Ускоренное развитие науки и техники требует создание новых видов бумаги, обладающих

рядом ценных свойств. К таким свойствам относятся: стойкость в агрессивных средах, термостойкость, высокая механическая прочность, низкая степень деформации, биостойкость и т. д. Все перечисленные свойства бумаги могут быть достигнуты в результате применения различных синтетических волокон для ее изготовления. Такая бумага необходима для многих целей, в особенности для современной ракетной и авиационной техники, атомной, электротехнической, химической и полиграфической промышленности [1, 2].

Введение в композицию бумаги синтетических волокон при условии частичной замены растительных (целлюлозных) волокон дает возможность придать материалу новые технические свойства, не достижимые при использовании только растительных волокон. Видом этих волокон, содержанием их в бумажной массе, типом связующего и его количеством обусловлены физико-механические свойства, которые приобретает бумага [3]. Одним из качеств бумаги, содержащей синтетические волокна, является ее влажпрочность, которая может достигать до 100%. В соответствии с прочностью волокон наибольшей прочностью обладает бумага, изготовленная из полиамидных волокон, наименьшей – из полиакрилонитрильных. Промежуточное положение занимает бумага из полиэфирных волокон.

В рамках настоящих исследований для получения образцов бумаги использовали целлюлозу сульфатную беленую из лиственных пород древесины и синтетические волокна, являющиеся вторичным продуктом от производства химических волокон. Их композиционный состав представлен такими высокомолекулярными соединениями, как полиэтилентерефталат и полипропилен в количестве 88 и 12% соответственно. Способ получения синтетических волокон – смешение полиэтилентерефталата и полипропилена в расплаве.

Полиэтилентерефталат относится к группе полиэфирных волокон, бумага из которых прочная, незначительно деформируется при увлажнении, устойчива к действию тепла и кислот. Пониженная деформация при смачивании важна при изготовлении таких бумаг, как печатные, калька, обояная, рисовальные, картографические, фотографические и др.

В то же время полипропиленовые волокна благодаря высоким диэлектрическим свойствам и низкой гигроскопичности используются при изготовлении электроизоляционных видов бумаги.

Следует отметить, что технология получения бумаги с применением данного вида синтетических волокон принципиально не отличается от производства обычной бумаги.

Однако производство бумаги с использованием синтетических волокон связано с рядом затруднений, которые вызваны применением длинных и по своей природе гидрофобных синтетических волокон, не обладающих межволоконными связями. Поэтому качество бумаги в большой степени зависит от условий формования и свойств связующего материала. Известно, что наибольшую прочность и стойкость придают бумаге полимерные связующие на органических растворителях. Но рассчитывать на широкое использование этих связующих нельзя, так как они в большинстве своем токсичны и их применение повышает стоимость бумаги. Поэтому необходима разработка полимерных связующих в виде водных дисперсий, например на основе канифоли, которые по свойствам не уступали бы связующим на органических растворителях.

Цель работы – разработка технологии изготовления бумаги с улучшенными свойствами путем включения в волокнистую массу синтетических волокон и канифольной композиции без модификации действующего оборудования.

**Основная часть.** Для оценки влияния на физико-механические свойства бумаги синтетических волокон, а также полученного связующего были изготовлены лабораторные образцы бумаги: «Образец 1» – из 100% натуральных растительных волокон (контрольный образец), «Образец 2» – из растительных волокон и синтетических волокон (без введения связующего), «Образец 3» – из растительных и синтетических волокон с добавлением связующего на основе канифоли.

В качестве натурального волокнистого сырья использовали целлюлозу сульфатную беленую из лиственных пород древесины (ГОСТ 28172–89), которую подвергали роспуску (дезигретатор марки БМ-3) и размолу (лабораторный ролл) до степени помола 35°ШР.

Синтетические волокна, имеющие гидрофобную природу, не размалывали в воде, а измельчали до длины 6–13 мм. Содержание волокон в композиции бумаги варьировали от 10 до 20%.

Исходным сырьем для получения канифольной композиции служили канифоль живичная высшего сорта (ГОСТ 19113–84), малеиновый ангидрид (ГОСТ 11153–75), диэтилентриамин (98%; Acros Organics), адипиновая кислота (ГОСТ 10558–80), гидроксид натрия (ТУ ВУ 100122846.004–2013).

Блок-схема получения канифольной композиции представлена на рис. 1 и включает несколько основных стадий: получение малеинизированной канифоли; поликонденсация адипиновой кислоты с диэтилентриамином; взаимодействие полимера с малеинизированной канифолью; частичная нейтрализация полученного продукта гидроксидом натрия. Полученная

композиция представляла собой вещество коричневого цвета, вязкой консистенции, хорошо растворимое в воде. Содержание сухих веществ и свободных смоляных кислот в полученном продукте составляло 26,84 и 36,65% соответственно, кислотное число – 10,53 мг КОН/г.

Канифольную композицию вводили в бумажную массу в виде 0,1%-ного водного раствора в количестве 0,25 и 0,5% от а. с. в., в качестве коагулянта (электролита) использовали сульфат алюминия в виде 5%-ного раствора с  $\text{pH} = 3,2$ .

Из приготовленных волокнистых масс на листооливном аппарате Rapid-Ketten (фирма ErnstHaage, Германия) получены образцы бумаги массой 60–70 г/м<sup>2</sup>. Процесс проводили при нейтральных значениях  $\text{pH}$  среды (6,5–7,2), так как это способствует улучшению физико-механических свойств бумаги, уменьшению коррозии оборудования, увеличению долговечности бумаги [4].

Физико-механические свойства полученных образцов бумаги оценивали следующими показателями: поверхностной впитываемостью при одностороннем смачивании (продолжительность испытания составляла 30 с, ГОСТ 12605–97), разрушающим усилием в сухом и влажном состояниях (ГОСТ 13525.1–79). На основании полученных результатов рассчитаны значения показателей разрывной длины (ГОСТ 13525.7–67 [5]) и влагопрочности (ГОСТ 13525.7–68 [6]).

Установлено, что наличие синтетических волокон в композиции бумаги уменьшает ее впитываемость (рис. 2) по сравнению с впитываемостью чистой целлюлозы, что можно объяснить высокой кристалличностью, упорядоченностью строения и плотной структурой полиэфирных волокон. В частности, полиэтилентерефталат сорбирует влагу только концевыми группами макромолекул [7]. Добавление в состав бумаги канифольной композиции позволяет снизить ее впитываемость в 1,6 раза.

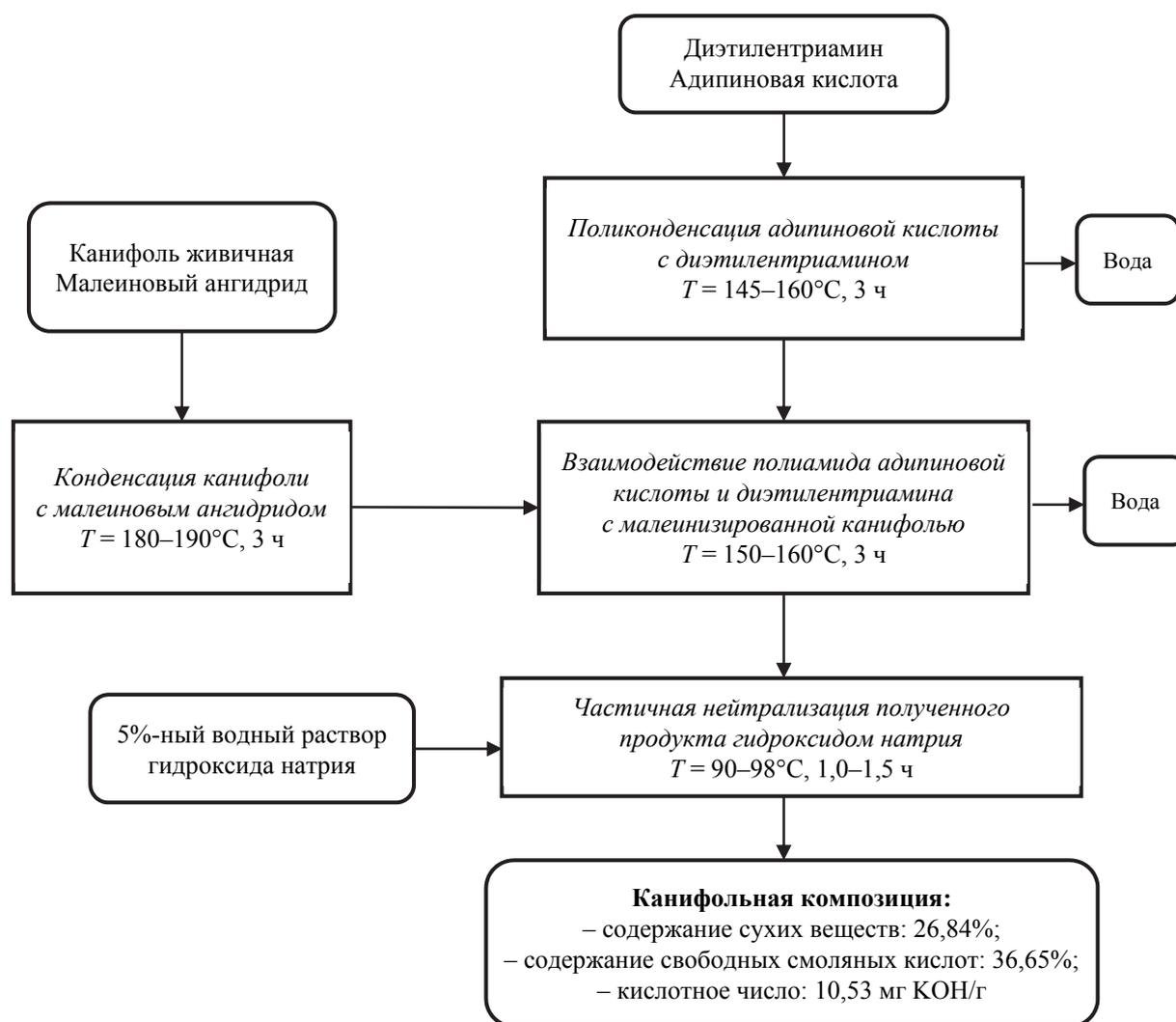


Рис. 1. Блок-схема получения канифольной композиции

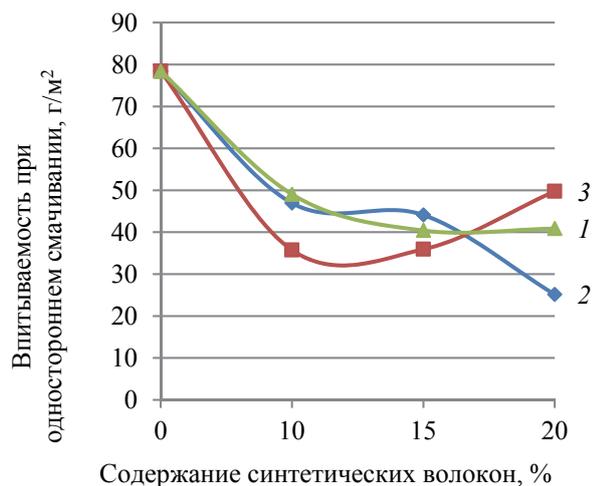


Рис. 2. Впитываемость при одностороннем смачивании бумаги в зависимости от содержания синтетических волокон и расхода канифольной композиции: 1 – без канифольной композиции; 2 – с расходом канифольной композиции 0,25% от а. с. в.; 3 – с расходом канифольной композиции 0,50% от а. с. в.

На рис. 3 представлена зависимость влагопрочности образцов бумаги от содержания в ней синтетических волокон, которая показывает, что применение канифольной композиции в количестве 0,25% от а. с. в. значительно улучшает влагопрочность такой бумаги, причем она растет с увеличением содержания в композиции бумаги синтетических волокон.

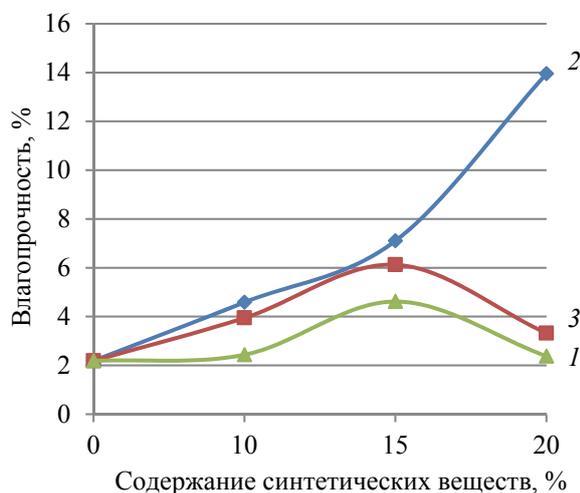


Рис. 3. Влагопрочность бумаги в зависимости от содержания синтетических веществ и расхода канифольной композиции: 1 – без канифольной композиции; 2 – с расходом канифольной композиции 0,25% от а. с. в.; 3 – с расходом канифольной композиции 0,50% от а. с. в.

Видно, что влагопрочность бумаги, изготовленной с использованием синтетических волокон, увеличивается до определенного значения, а затем начинает снижаться, что можно объяснить

значительным ослаблением межволоконной связи в бумаге.

При увеличении содержания в композиции бумаги синтетических волокон разрывная длина (рис. 4) уменьшается, что объясняется отсутствием фибриллирования синтетических волокон. Однако добавление в состав бумаги канифольной композиции в количестве 0,25% от а. с. в. позволяет увеличить ее практически в 2,0 раза.

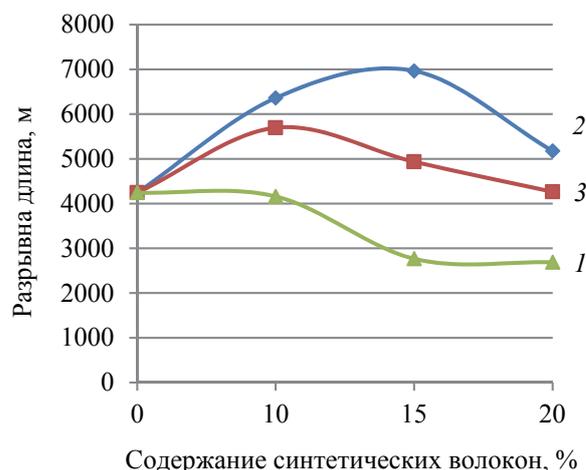


Рис. 4. Разрывная длина бумаги в зависимости от содержания синтетических волокон и расхода канифольной композиции: 1 – без канифольной композиции; 2 – с расходом канифольной композиции 0,25% от а. с. в.; 3 – с расходом канифольной композиции 0,50% от а. с. в.

Таким образом, введение в бумажную массу синтетических волокон неоднозначно влияет на ее физико-механические свойства. Добавление в такую бумагу разработанной канифольной композиции в целом позволяет улучшить эти показатели. Известно, что возможно использование синтетических волокон для изготовления обоевой бумаги (ГОСТ 6749–2005). В таблице представлены результаты физико-механических испытаний полученных образцов бумаги в сравнении с бумагой-основой для обоев марки Н 1.

Из таблицы видно, что «Образец 3» не уступает по показателям качества бумаге для обоев марки Н 1: поверхностная впитываемость при одностороннем смачивании соответствует требованиям ГОСТ 6749–2005; разрушающее усилие в сухом состоянии увеличилось в 1,3 раза, во влажном состоянии – в 1,4 раза. При этом такие важные прочностные характеристики бумаги, как разрывная длина и влагопрочность, превысили свои значения в 1,2 и 6,3 раза соответственно по сравнению с бумагой, полученной из 100% целлюлозы сульфатной белевой из лиственных пород древесины («Образец 1»). Следует отметить, что обеспечение таких высоких показателей качества достигается за счет введения в состав бумаги канифольной композиции.

## Гидрофобность и прочность бумаги

Показатели качества	Бумага-основа для обоев марки Н 1 (ГОСТ 6749–2005)	Состав бумаги		
		Образец 1: целлюлоза сульфатная беленая из листовых пород древесины (100%)*	Образец 2: целлюлоза (80%) + синтетические волокна (20%)	Образец 3: целлюлоза (80%) + синтетические волокна (20%) + канифольная композиция (0,25% от а. с. в.)
Поверхностная впитываемость при одностороннем смачивании, г/м <sup>2</sup>	18,0–25,0	78,0	40,0	25,0
Разрушающее усилие в сухом состоянии, Н, не менее	50,0	40,0	27,0	64,5
Разрушающее усилие во влажном состоянии, Н, не менее	6,5	1,0	0,5	9,0
Разрывная длина, м	Не нормируется	4250,0	2700,0	5175,0
Влагопрочность, %	Не нормируется	2,2	2,4	14,0

\* Допускается изготавливать бумагу марки Н 1 не только из целлюлозы сульфатной беленой из хвойных пород, но и с применением других волокнистых полуфабрикатов при условии соответствия бумаги требованиям стандарта ГОСТ 6749–2005.

**Заключение.** Синтетические волокна, являющиеся вторичным продуктом производства химических волокон, которые не находят значительного практического применения и не подлежат реализации, целесообразно использовать в композиции бумаги (допускающей использование подоб-

ного типа волокон) в количестве до 20% без потери свойств с целью обеспечения ресурсосбережения и снижения ее себестоимости. Обеспечение высокого качества такой бумаги возможно с помощью добавления в ее состав разработанной канифольной композиции в количестве 0,25% от а. с. в.

## Литература

1. Гутман Б. Б., Янченко Л. Н., Гуревич Л. И. Бумага из синтетических волокон. М.: Лесная промышленность, 1971. 184 с.
2. Использование синтетических волокон для изготовления специальных видов бумаги / О. С. Мартыанова [и др.] // Лесной вестник. 2018. Т. 22, № 5. С. 113–120.
3. Черная Н. В., Жолнерович Н. В., Чубис П. А. Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2014. 137 с.
4. Фляте Д. М. Свойства бумаги. 2-е изд., испр. и доп. М.: Лесная промышленность, 1976. 648 с.
5. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении: ГОСТ 13525.1–79. Введ. 01.07.1980. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 5 с.
6. Бумага и картон. Методы определения влагопрочности: ГОСТ 13525.7–68. Введ. 01.01.1970. М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1970. 5 с.
7. Осовская И. И. Комплексное использование древесины: природные и химические волокна: учеб. пособие. СПб.: СПбГТУРП, 2015. 96 с.

## References

1. Gutman B. B., Yanchenko L. N., Gurevich L. I. *Bumaga iz sinteticheskikh volokon* [Synthetic fiber paper]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 184 p.
2. Mart'yanova O. S., Khommutinnikov N. V., Kurkova E. V., Ivanov G. E., Govjazin I. O., Kononov G. N. The use of synthetic fibers for the manufacture of special types of paper. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2018, vol. 22, no. 5, pp. 113–120. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-113-120 (In Russian).
3. Chernaya N. V., Zholnerovich N. V., Chubis P. A. *Sinteticheskie materialy v bumazhnykh i kartonnykh proizvodstvakh: ucheb.-metod. posobie* [Synthetic materials in paper and cardboard production: educational and methodical manual]. Minsk, BSTU Publ., 2014. 137 p.
4. Fljate D. M. *Svoystva bumagi* [Properties of paper]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 648 p.
5. GOST 13525.1–79. Semi-finished products fibrous, paper and cardboard. Methods for determining tensile strength and elongation. Moscow, USSR State Committee on standards, 1988. 5 p. (In Russian).

6. GOST 13525.7–68. Paper and cardboard. Methods for determining moisture strength. Moscow, Committee of standards, measures and measuring devices at the Council of Ministers of the USSR, 1970. 5 p. (In Russian)

7. Osovskaya I. I. *Kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny: prirodnye i khimicheskie volokna: uchebnoe posobie* [Integrated use of wood: natural and chemical fibers: tutorial]. St. Petersburg, SPbSTUPP Publ., 2015. 96 p.

#### Информация об авторах

**Флейшер Вячеслав Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь) E-mail: v\_fleisher@list.ru

**Герман Наталия Александровна** – кандидат технических наук, ассистент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь) E-mail: natalka\_wow@mail.ru

**Боркина Яна Валерьевна** – аспирант кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: yanaborkina@mail.ru

#### Information about the authors

**Fleisher Vyacheslav Leonidovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Chemical Wood Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v\_fleisher@list.ru

**German Nataliya Aleksandrovna** – PhD (Engineering), assistant lecturer, the Department of Chemical Wood Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natalka\_wow@mail.ru

**Borkina Yana Valer'evna** – PhD student, the Department of Chemical Wood Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yanaborkina@mail.ru

Поступила 11.11.2019