

Научная статья

УДК 676.017

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-6-195-205

Стабилизация проклейки макулатурного тарного картона в процессе хранения

В.В. Гораздова[✉], канд. техн. наук; ResearcherID: [GWC-4729-2022](https://orcid.org/0000-0003-4732-7791),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4732-7791>

Е.В. Дернова, канд. техн. наук; ResearcherID: [HKE-0047-2023](https://orcid.org/0000-0002-7869-9646),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7869-9646>

Д.А. Дулькин, д-р техн. наук; ResearcherID: [HKD-9977-2023](https://orcid.org/0000-0001-6517-2979),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6517-2979>

ООО «Управляющая компания “Объединенные бумажные фабрики”», Киевское шоссе, 22-й км, пос. Московский, д. 4, стр. 1, блок Б, Москва, Россия, 108811; vgorazdova@ukobf.com[✉], edernova@ukobf.com, ddulkin@ukobf.com

Поступила в редакцию 06.05.24 / Одобрена после рецензирования 01.08.24 / Принята к печати 03.08.24

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию механизма проклейки тарного картона. Как показывает практика, клей АКД (дисперсия алкилкетендимера) на бумагоделательной машине созревает не полностью и окончательная проклейка в бумаге и картоне на накате не достигается. Скорость взаимодействия клея АКД с гидроксильными группами целлюлозы и воды невысока: в зависимости от температуры хранения бумаги процесс может занимать от нескольких часов до нескольких суток. Как правило, через 2 недели производитель имеет окончательный результат проклейки в материале, но чаще готовая продукция не задерживается на складах длительное время, а отправляется к потребителю сразу после изготовления. Для того чтобы прогнозировать ожидаемый уровень гидрофобных свойств тарного картона после полного созревания клея АКД, был использован экспресс-метод определения впитываемости при одностороннем смачивании по Коббу. Данный метод предполагает термическую обработку при температуре 105 ± 2 °С, после чего реакция взаимодействия воска АКД с компонентами бумаги завершается и впитываемость бумаги больше не снижается. Однако в реальных условиях хранения бумаги и картона результаты, полученные экспресс-методом, не всегда соответствуют фактической впитываемости. Это связано с тем, что в реальности бумага и картон созревают иначе, чем при термической обработке. При этом на практике иногда встречаются следующие проблемы с впитываемостью у конечного потребителя: недозревание и перезревание клея АКД, а также реверсия проклейки. Поэтому производителю важно оценить, каким образом происходит созревание клея АКД и как можно оптимизировать и стабилизировать этот процесс при хранении. Проведенное научное исследование направлено на прогнозирование и регулирование совокупности рассматриваемых свойств тарного картона и самой тары, которых они достигнут после отгрузки потребителю вследствие длительного процесса созревания клея, применяемого для проклейки, зависящего от выбора химических вспомогательных веществ и вариантов их дозирования. Обоснована возможность использования экспресс-метода определения поверхностной односторонней впитываемости для прогноза ряда нормируемых физико-механических показателей будущей тары.

Ключевые слова: макулатура, тарный картон, проклейка, клей АКД, химические вспомогательные вещества

Для цитирования: Гораздова В.В., Дернова Е.В., Дулькин Д.А. Стабилизация проклейки макулатурного тарного картона в процессе хранения // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 6. С. 195–205. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-195-205>

Original article

Stabilization of Sizing of Waste Paper Containerboard during Storage

Victoria V. Gorazdova[✉], Candidate of Engineering; ResearcherID: [GWC-4729-2022](https://orcid.org/0000-0003-4732-7791),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4732-7791>

Elena V. Dernova, Candidate of Engineering; ResearcherID: [HKE-0047-2023](https://orcid.org/0000-0002-7869-9646),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7869-9646>

Dmitriy A. Dulkin, Doctor of Engineering; ResearcherID: [HKD-9977-2023](https://orcid.org/0000-0001-6517-2979),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6517-2979>

Consolidated Paper Mills Management Company, LLC, 22nd km of the Kievskoe sh., Moskovsky Settlement, household 4, bldg. 1, block B, Moscow, 108811, Russian Federation; vgorazdova@ukobf.com[✉], edernova@ukobf.com, ddulkin@ukobf.com

Received on May 6, 2024 / Approved after reviewing on August 1, 2024 / Accepted on August 3, 2024

Abstract. This article is devoted to the study of the mechanism of containerboard sizing. As practice shows, AKD glue (alkyl ketenedimer dispersion) does not fully mature on a paper-making machine and the final sizing in paper and cardboard on the reel is not achieved. The rate of interaction of AKD glue with the hydroxyl groups of cellulose and water is low and, depending on the paper storage temperature, the process can take from several hours to several days. As a rule, after 2 weeks the manufacturer has the final result of sizing in the material, but more often the finished products do not remain in warehouses for a long time, but are sent to the consumer immediately after manufacture. In order to predict the expected level of hydrophobic properties of containerboard after the complete maturation of AKD glue, an express method has been used to determine the absorbency with one-sided wetting according to the Cobb method. This method involves heat treatment at a temperature of 105 ± 2 °C, after which the reaction of the AKD wax with the paper components is completed, and the absorbency of the paper no longer decreases. However, in real conditions of paper and cardboard storage, unfortunately, the results obtained by the express method do not always correspond to the actual absorbency. This is due to the fact that in reality paper and cardboard mature differently than during heat treatment. At the same time, in practice, the following problems with the absorbency are sometimes encountered by the end consumer: under- and over-maturation of AKD glue, as well as reversal of sizing. Therefore, it is important for the manufacturer to evaluate how the maturation of AKD glue occurs and how this process can be optimized and stabilized during storage. The conducted scientific research is aimed at predicting and regulation of the set of considered properties of containerboard and the container itself, which they will achieve after shipment to the consumer due to the long maturation process of the glue used for sizing, depending on the choice of chemical auxiliaries and their dosing options. The possibility of using an express method for determining the surface one-sided absorbency to predict a number of normalized physical and mechanical parameters of future containers is substantiated.

Keywords: waste paper, containerboard, sizing, AKD glue, chemical auxiliaries



For citation: Gorazdova V.V., Dernova E.V., Dulkan D.A. Stabilization of Sizing of Waste Paper Containerboard during Storage. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2024, no. 6, pp. 195–205. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-195-205>

Введение

В широком смысле под упаковочными материалами подразумевают бумажные коробки или коробки из гофрированного картона. Особенно важную роль в логистике и складировании при хранении играют гофроящики. Они отвечают за загрузку, защиту и эстетику помещаемого в них товара. Благодаря доступности, небольшой массе, относительно хорошей структурной прочности, низкой стоимости и возможности вторичной переработки гофроящики пользуются большой популярностью и широко используются во всем мире.

Известно, что материал гофрированных коробок изготовлен из бумаги, что обуславливает некоторые недостатки данной продукции. Помимо неспособности сопротивляться прокалыванию острыми предметами, есть еще один недостаток, заключающийся в плохой влагостойкости. В сезон дождей, если поместить обычный необработанный гофрокартон во влажную среду, через несколько дней можно обнаружить, что материал стал мягким и деформировался с потерей внешнего вида и грузоподъемности [9, 15, 20]. Чтобы упаковка могла противостоять возможной влажной среде во время хранения и транспортирования, на этапе производства такой продукции необходимо использовать материалы с низким водопоглощением. В противном случае продукция тарного картона не сможет выполнить свои функции, что приведет к экономическим потерям для потребителей [10–14].

Кроме того, способность тарного картона к водопоглощению оказывает большое влияние на его пригодность для нанесения печати. Известно, что низкое или полное отсутствие впитывающих свойств будет вызывать стекание краски с поверхности бумаги и, напротив, при неограниченном впитывании краска может проходить на обратную сторону бумаги [2, 3, 18, 19, 21]. Таким образом, как высокая, так и низкая впитывающая способность делают бумагу непригодной для печати.

Для придания бумаге необходимого уровня гидрофобности в технологический цикл производства включают проклейку в массу. Под проклейкой понимают способность бумаги сопротивляться смачиванию разнообразными жидкостями (водой, чернилами, кислотами, щелочами, молоком, маслом и др.), отличающимися по физико-химическим характеристикам и химическим свойствам, впитывать их [1]. Основная задача проклейки заключается в снижении впитывающей способности, обусловленной капиллярным строением волокна бумаги и гидрофильным характером волокнистой массы, с учетом требований, предъявляемых к качеству конечного продукта [5, 7, 17]. Показателем достигнутого уровня снижения впитывающей способности бумаги является степень проклейки, которая устанавливается с помощью различных методов испытаний и выражается соответствующими величинами. Процесс проклейки призван обеспечивать для каждого конкретного вида бумаги и картона определенную впитывающую способность, оцениваемую заранее на этапе исследований и разработок или до формаль-

ного массового производства. Так появился экспресс-метод Кобба, его результаты считаются относительно точными.

Метод Кобба – это испытание, которое определяет массу воды, поглощенной поверхностью бумаги, картона или гофрированного картона за определенный период времени. Его цель – оценить водопоглощающую способность материала. Чем меньше значение Кобба, тем меньше испытываемый материал впитывает воду – см. [6, 8, 16], а также ИТС 1–2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона». Применение метода Кобба имеет большое положительное значение при выборе упаковочных материалов и проверке соответствия готовой картонной тары требованиям влагостойкости.

Целью настоящего исследования является стабилизация технологических и эксплуатационных свойств тарного картона в процессе хранения посредством регулирования поверхностной односторонней впитываемости и эффективности системы удержания мелкого волокна в результате проклейки.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали пробы бумажной массы и модельные образцы готовой продукции флютинга и картона-лайнера.

Концентрацию макулатурной волокнистой суспензии оценивали в соответствии с ГОСТ Р 50068–92 (ИСО 4119–78) «Полуфабрикаты волокнистые. Ускоренный метод определения концентрации массы».

Степень помола массы определяли на аппарате Шоппер–Риглера в соответствии с ГОСТ 14363.4–89 «Целлюлоза. Метод подготовки проб к физико-механическим испытаниям».

Электрокинетические свойства бумажной массы устанавливали по методикам производителя Müttek. Вследствие выраженного гетерогенного характера среды электрокинетические свойства бумажной массы зачастую нельзя выразить только одним параметром, поэтому используют несколько характеристик. Наиболее распространенными являются электрокинетический потенциал (ζ -потенциал), образующийся при контакте растительных волокон с полярными жидкостями, а также катионная потребность (КП) как мера присутствия интерферирующих веществ в волокнистом полуфабрикате [4].

Для оценки гидрофобных свойств определяли поверхностную впитываемость воды при одностороннем смачивании по методу Кобба в соответствии с ГОСТ 12605–97 (ИСО 535–91) «Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба)». Установление впитываемости при одностороннем смачивании флютинга проводили по методу Кобб₃₀, картона-лайнера – Кобб₆₀. Контроль осуществляли в день изготовления лабораторных образцов, спустя 3, 7, 10 и 14 дней.

Качество лабораторных образцов флютинга и картона-лайнера оценивали по следующим физико-механическим показателям: сопротивлению сжатию на коротком расстоянии – в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9895–2013 «Бумага и картон. Определение сопротивления сжатию. Метод испытания на коротком

расстоянии между зажимами»; сопротивлению плоскостному сжатию гофрированного образца – в соответствии с ГОСТ Р ИСО 3035–2013 «Картон гофрированный. Метод определения сопротивления плоскостному сжатию»; прочности при растяжении – в соответствии с ГОСТ ИСО 1924-1–96 «Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью»; сопротивлению продавливанию – в соответствии с ГОСТ Р ИСО 2759–2017 «Картон. Метод определения сопротивления продавливанию».

Результаты исследования и их обсуждение

На 1-м этапе эксперимента установили влияние точки подачи клея АКД (дисперсия алкилкетендимера) на степень проклейки тарного картона и ее стабильность в процессе хранения. Для этого рассматривали 3 варианта дозирования химических вспомогательных веществ (ХВВ): 1) клей АКД – крахмал; 2) крахмал – клей АКД; 3) крахмал – клей АКД – крахмал (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели качества бумажной массы после проклейки
в зависимости от варианта дозирования ХВВ**
**The quality indicators of paper pulp after sizing depending on the dosing option
of chemical auxiliaries**

Вариант дозирования ХВВ	ζ-потенциал, мВ	КП, мг-экв./л
Без химикатов	-7,5	260
<i>Бумажная масса для изготовления флютинга</i>		
1	-5,8	160
2	-4,6	140
3	-5,6	120
<i>Бумажная масса для изготовления картона-лайнера</i>		
1	-5,3	140
2	-4,4	140
3	-5,7	90

Содержание ХВВ в композиции картона-лайнера выше, чем в композиции флютинга.

Снижение катионной потребности при использовании химических добавок в композиции макулатурной массы объясняется нейтрализацией части анионных загрязнений, присутствующих в массе, катионным крахмалом.

Рекомендуемый диапазон ζ-потенциала макулатурной массы находится в пределах -6,0...-9,0 мВ. Из данных табл. 1 видно, что 2-й вариант не соответствует рекомендуемому диапазону.

Для оценки гидрофобных свойств тарного картона (рис. 1) были изготовлены лабораторные образцы с массой 1 м² 125 г. Степень помола составила 35 °ШР. Экспресс-метод определения впитываемости заключается в выдерживании образцов в сушильном шкафу в течение 10 мин при температуре 105±2 °С с целью созревания клея АКД, а затем помещении образцов в эксикатор.

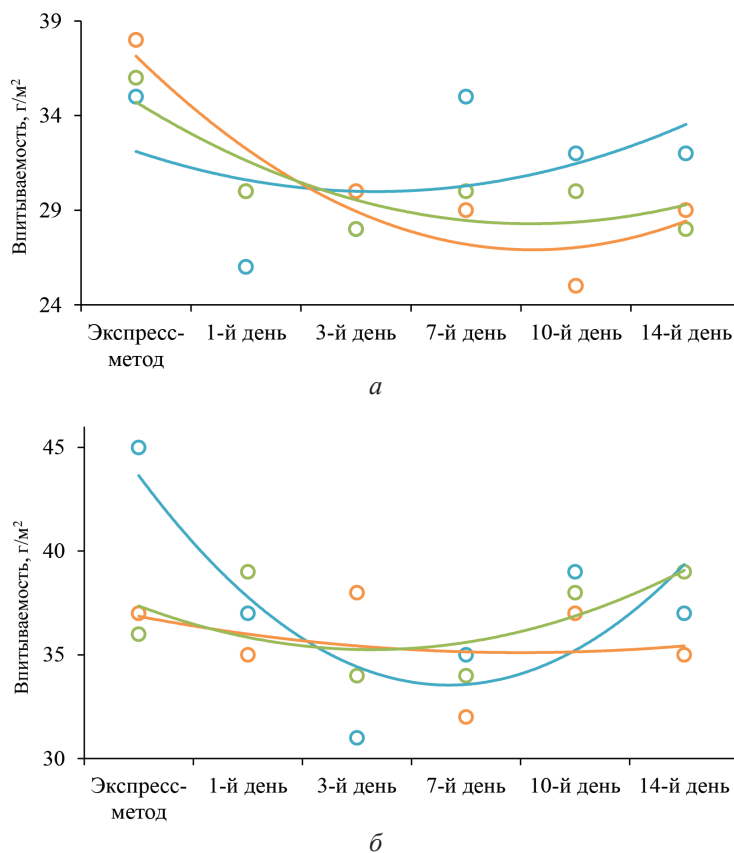


Рис. 1. Впитываемость при одностороннем смачивании образцов флютинга (а) и картона-лайнера (б) в процессе хранения в зависимости от варианта дозирования ХВВ: \square – 1; \square – 2; \square – 3
 Fig. 1. The absorbency during one-sided wetting of fluting (a) and linerboard (b) samples during storage depending on the dosing option of chemical auxiliaries: \square – 1; \square – 2; \square – 3

Показано, что по всем вариантам дозирования ХВВ существенного изменения характеристик проклеенных образцов флютинга и картона-лайнера в течение 14 дней не произошло – отклонения в пределах $0 \dots 14$ г/м². В связи с этим рассмотрим показатели с точки зрения стабильности проклейки. В табл. 2 представлены коэффициенты вариации по всем испытаниям. Для получения коэффициента вариации были взяты средние показатели впитываемости по каждому периоду испытаний (до 14 дней с момента изготовления).

Наиболее стабильную проклейку тарного картона дает 3-й вариант дозирования ХВВ, в котором предусмотрена 2-ступенчатая схема подача крахмала – по-видимому, 2-я часть крахмала играет роль стабилизатора проклейки.

На 2-м этапе эксперимента установили влияние системы удержания мелкого волокна на степень проклейки тарного картона и ее стабильность в процессе хранения (табл. 3). Для этого рассматривали 2 образца бумажной

массы: холостой (без использования ХВВ для удержания мелкого волокна); с удерживающими агентами (с использованием фиксирующего агента и флокулянта). При дозировании традиционных ХВВ для тарного картона использовали 2-ступенчатую схему подачи (3-й вариант), которая была определена как наиболее эффективная в ходе 1-го этапа эксперимента.

Таблица 2

Коэффициент вариации средней впитываемости образцов флютинга и картона-лайнера в зависимости от варианта дозирования ХВВ, %

The coefficient of variation of the average absorbency of fluting and linerboard samples depending on the dosing option of chemical auxiliaries, %

Вариант дозирования ХВВ	Флютинг	Картон-лайнер
1	5,6	7,0
2	6,2	7,7
3	3,9	6,3

Таблица 3

Показатели качества бумажной массы с использованием и без использования ХВВ

The quality indicators of paper pulp with and without the use of chemical auxiliaries

Образец	ζ -потенциал, мВ	КП, мг-экв./л	Коэффициент удержания, %
Без химикатов	-9,5	220	90
<i>Бумажная масса для изготовления флютинга</i>			
Холостой	-6,5	210	93
С удерживающими агентами	-7,1	170	97
<i>Бумажная масса для изготовления картона-лайнера</i>			
Холостой	-5,8	200	94
С удерживающими агентами	-6,6	160	96

За счет содержания в регистровой воде остаточных химикатов катионная потребность макулатурной массы снизилась на 20 %, а удержание волокна осталось практически без изменений. После введения удерживающих агентов катионная потребность уменьшилась на 23...25 %, удержание волокна повысилось в среднем на 7 %.

Динамика созревания клея АКД для лабораторных образцов флютинга и картона-лайнера представлена на рис. 2.

В табл. 4 сведены данные коэффициентов вариации средних значений впитываемости при одностороннем смачивании.

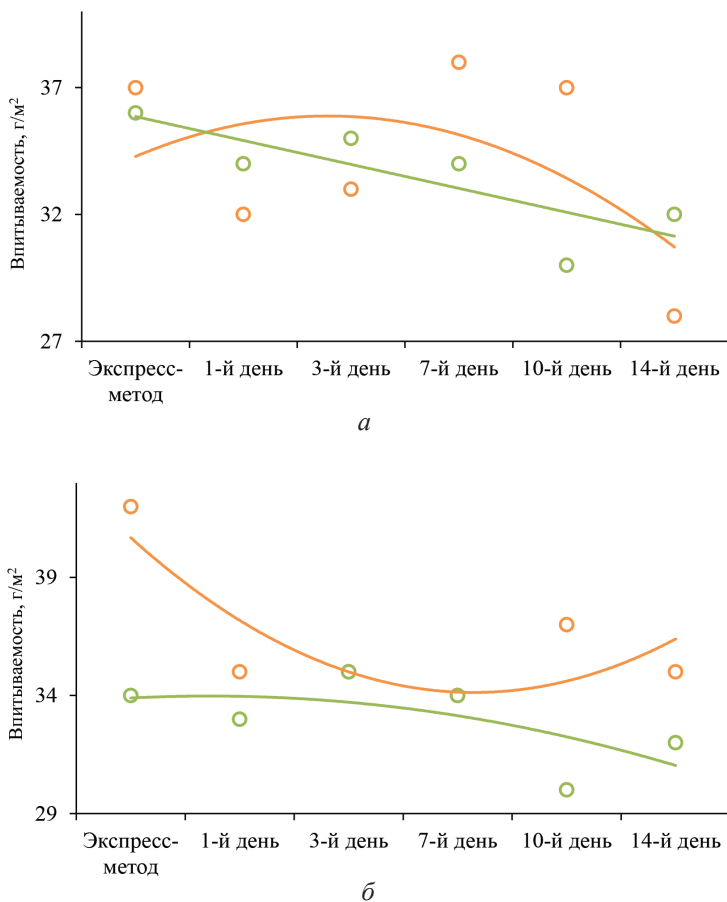


Рис. 2. Впитываемость при одностороннем смачивании образцов флютинга (а) и картона-лайнера (б) в процессе хранения: ○ – холостой образец; ○ – образец с удерживающими агентами
 Fig. 2. The absorbency during one-sided wetting of fluting (a) and linerboard (b) samples during storage: ○ – blank sample; ○ – sample with retention agents

Таблица 4

Коэффициенты вариации средней впитываемости образцов флютинга и картона-лайнера с использованием и без использования удерживающих агентов, %
The coefficients of variation of the average absorbency of fluting and linerboard samples with and without the use of retention agents, %

Образец	Флютинг	Картон-лайнер
Холостой	10,7	7,8
С удерживающими агентами	5,9	3,5

В целом можно отметить, что после введения в бумажную массу ХВВ для удержания мелкого волокна впитываемость при одностороннем смачива-

нии стала значительно стабильнее. Коэффициент вариации средних значений как для флютинга, так и для картона-лайнера снизился почти в 2 раза.

Выводы

1. Показано, что оптимальными условиями введения ХВВ в бумажную массу является 2-ступенчатая схема подачи крахмала: крахмал – клей АКД – крахмал. Бумажная масса, подготовленная при таком способе дозирования ХВВ, имеет оптимальные электрокинетические показатели, а образцы – стабильность проклейки по Коббу.

2. При использовании удерживающих агентов (фиксирующего агента и флокулянта) процесс созревания клея АКД значительно стабильнее. Это объясняется тем, что большая часть клея фиксируется преимущественно на мелком волокне.

3. Применение удерживающих агентов и 2-ступенчатая схема подачи крахмала (крахмал – клей АКД – крахмал) дополнительно обеспечивают стабильность показателей качества картона, что подтверждается снижением колебаний средних значений почти в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Акулов Б.В., Ермаков С.Г. Производство бумаги и картона. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2010. 432 с.

Akulov B.V., Ermakov S.G. *Paper and Cardboard Production*. Perm, Perm State Technical University Publ., 2010. 432 p. (In Russ.).

2. Артемьева А.О., Гораздова В.В., Дернова Е.В., Дулькин Д.А. Стабилизация проклейки тарного картона // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. им. проф. В.И. Комарова. Архангельск: САФУ, 2023. С. 83–89.

Artemeva A.O., Gorazdova V.V., Dernova E.V., Dulkin D.A. Stabilization of Container Board Sizing. *The Issues in Mechanics of Pulp-and-Paper Materials: Proceedings of the 7th International Scientific and Technical Conference in Memory of Professor V.I. Komarov*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2023, pp. 83–89. (In Russ.).

3. Блинушова О.И., Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н. Развитие теории механизма проклейки тест-лайнера димерами алкилкетена // Химия растит. сырья. 2008. № 1. С. 131–138.

Blinushova O.I., Dulkin D.A., Koverninskij I.N. Development of the Theory of the Mechanism of Sizing the Test-Liner with Alkyl Ketene Dimers. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2008, no. 1, pp. 131–138. (In Russ.).

4. Дернова Е.В., Гораздова В.В., Гурьев А.В., Дулькин Д.А., Дернов А.И., Окулова Е.О. Практикум по технологии бумаги и картона. Ч. I. Анализ полуфабрикатов, химикатов и бумажной массы. Архангельск: САФУ, 2022. 88 с.

Dernova E.V., Gorazdova V.V., Gur'jev A.V., Dulkin D.A., Dernov A.I., Okulova E.O. *Practical Course on Paper and Cardboard Technology. Part I. Analysis of Semi-Finished Products, Chemicals and Paper Pulp*. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University Publ., 2022. 88 p. (In Russ.).

5. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2007. 1118 с.

Dulkin D.A., Spiridonov V.A., Komarov V.I. *Current Status and Prospects for the Use of Recycled Fiber from Waste Paper in the Global and Domestic Paper Industry*. Arkhangelsk, Arkhangelsk State Technical University Publ., 2007. 1118 p. (In Russ.).

6. Кейзер П.М., Симонова Е.И. Технология бумаги и картона. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. 92 с.

Kejser P.M., Simonova E.I. *Paper and Cardboard Technology*. St. Petersburg, Higher School of Technology and Energy of Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2023. 92 p. (In Russ.).

7. Хованский В.В., Дубовый В.К., Кейзер П.М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. СПб.: СПбГТУРП, 2013. Ч. 2. 70 с.

Khovanskij V.V., Dubovyj V.K., Kejzer P.M. *Application of Chemical Auxiliaries in the Production of Paper and Cardboard*. St. Petersburg, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers, 2013, part 2. 70 p. (In Russ.).

8. Черная Н.В., Флейшер В.Л., Шишаков Е.П., Андрюхова М.В., Мисюров О.А. Изучение стабильности гидрофобности и прочности опытно-промышленных партий бумаги и картона // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения В.М. Резникова. Минск: Белорус. гос. технол. ун-т. 2018. С. 160–166.

Chernaya N.V., Flejsher V.L., Shishakov E.P., Andryukhova M.V., Misyurov O.A. Study of Stability, Hydrophobicity and Strength of Pilot-Industrial Batches of Paper and Cardboard. *Chemistry and Chemical Technology for Processing Plant Raw Materials: Proceedings of the Reports of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of V.M. Reznikov*. Minsk, Belarusian State Technological University, 2018, pp. 160–166. (In Russ.).

9. Al-Sabagh A.M., Nasser N.M., El-Hamid T.M.A. Investigation of Kinetic and Rheological Properties for the Demulsification Process. *Egyptian Journal of Petroleum*, 2013, vol. 22, iss. 1, pp. 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2012.11.013>

10. Brungardt C.L., Cast J.C. Alkenil-Substituted Sizing Agents for Precision Converting Grades of Fine Paper. *TAPPI Papermakers Conference Proceedings*. USA, Philadelphia PA, 1996, pp. 297–308.

11. Chen Q., Ni Y., He Z. Substitution of High-Yield-Pulp for Hardwood Bleached Kraft Pulp in Paper Production and Its Effect on Alkenyl Succinic Anhydride Sizing. *BioResources*, 2012, vol. 7, iss. 2, pp. 1462–1473. <https://doi.org/10.15376/biores.7.2.1462-1473>

12. Crouse B., Wimer D. Alkaline Sizing: an Overview. *TAPPI Neutral / Alkaline Short Course*, 1990, pp. 5–39.

13. Derkach S.R. Rheology of Emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2009, vol. 151, iss. 1–2, pp. 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.07.001>

14. Eklund E., Lindstrom T. Water Penetration and Internal Sizing. *Paper Chemistry: An Introduction*. Finland, Grankulla, DT Paper Science Publications, 1991, chapt. 7, pp. 192–222.

15. Esser A., Blum R., Kuhn J., Leduc M. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Störstoffbekämpfung mit Polyvinylaminen. *Wochenblatt für Papierfabrikation*, 2004, no. 10, pp. 535–539. (In Germ.).

16. Feng G.L., Liu Y.Z., Jiao W.Z., Na-Na Y.U., Wang D.Z. Preparation and Property of Paraffin Wax Emulsion. *China Surfactant Detergent & Cosmetics*, 2011, iss. 06, pp. 31–34. <https://doi.org/10.13218/j.cnki.csd.2011.06.011>

17. Hensema E.R., Welch M.J., Broekhuisen G.J., Bates R. Sizing and Ink Jet Printing of European Multi Purpose Office Paper. *TAPPI Papermakers Conference Proceedings*, 1997.

18. Huang L., Chen C., Gao S., Cui L., Wang S., Song X., Chen F., Liu J., Yu S. Preparation and Characterization of a High Performance Emulsion Using a Polymeric Emulsifier and AKD. *BioResources*, 2018, vol. 13, iss. 2, pp. 4046–4057. <https://doi.org/10.15376/biores.13.2.4046-4057>
19. Mattson R., Sterte J., Ödberg L. Colloidal Stability of Alkyl Ketene Dimer (AKD) Dispersions. Influence of Shear, Electrolyte Concentration, Poly-electrolytes and Surfactants. *The Science of Papermaking: Transactions of the XIIth Fundamental Research Symposium*. Oxford, 2001, pp. 393–413. <https://doi.org/10.15376/frc.2001.1.393>
20. Meixner M. New Internal Sizing Technology for Precision Converted Alkaline Finer Paper. *World Pulp&Paper Technology*, 1996/97.
21. Yu L., Garnier G. Mechanism of Internal Sizing with Alkyl Ketene Dimers: the Role of Vapour Deposition. *The Fundamentals of Papermaking Materials: Transactions of the XIth Fundamental Research Symposium*. Cambridge, 1997, pp. 1021–1046. <https://doi.org/10.15376/frc.1997.2.1021>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interests: The authors declare that there is no conflict of interests