

ры меловального покрытия и обеспечивать высокие показатели качества мелованным видам бумаги и картона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодный обзор рынка лесных товаров, 2015–2016 годы: аналитический отчет / ЕЭК ООН/ФАО. – Нью-Йорк и Женева. – 2016. – 162 с.
2. FAO Yearbook of forest products. Forest products, 2010-2014, 2016 / Food and agriculture organization of the United Nations. – 2016. – 358 p.
3. Мировые лидеры по выпуску мелованной бумаги [Электронный ресурс] //ЛесОнлайн. ру. Режим доступа: <https://www.lesonline.ru>.
4. Российский рынок бумаги для печати. Состояние, тенденции и перспективы развития: отраслевой доклад. – М.: Федеральное агентство по печати и коммуникациям. – 2012. – 114 с.
5. Новости ЦБП [Электронный ресурс]//Российская Ассоциация организаций и предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Режим доступа [tr://www.bumprom.ru/index.php?ids=272&sub_id=19309](http://www.bumprom.ru/index.php?ids=272&sub_id=19309) (дата обращения: 15.01.2015).

УДК 678

Н.В. Хомутильников, нач. отдела технологии бумаги, канд. техн. наук
Е.В. Куркова, зам. нач. отдела, канд. техн. наук
Г.Е. Иванов, ст. науч. сотр., канд. техн. наук
И.О. Говязин, ст. науч. сотр. О.С. Мартьянова, науч. сотр.
Nomutinnikov_N_V@goznak.ru, Kurkova_E_V@goznak.ru
(НИИ – филиал АО «Гознак», г. Москва)

*Деньги существуют более тысячи лет и в ближайшее время
закат наличных денег не предвидится.
Г. Лунтовский*

БУМАГА, УСТОЙЧИВАЯ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ И ИЗНОСУ

Сохранение первоначальных свойств банкнот при обращении в течение длительного времени возможно только при использовании специальной долговечной (грязестойкой) бумаги. Работа специалистов НИИ Гознака посвящена разработке технологии изготовления данной бумаги на действующем бумагоделательном оборудовании АО «Гознак». Получена промышленная партия бумаги, устойчивая к загрязнению. Банкноты, изготовленные на её основе, выпущены в обращение. Варианты технологии изготовления данной бумаги защищены патентами РФ.

Новые банкноты всегда более привлекательны для пользователей. Но это преимущество они быстро теряют в процессе обращения, становятся грязными.

Специальные автоматические счетно-сортировочные машины с программным управлением пересчитывают наличные деньги, разделяя их на «годные к дальнейшему обращению» и «ветхие». В общей структуре дефектов ветхих банкнот определяющим фактором выбраковки является загрязнение (более 90 %). На механические повреждения приходится лишь 9 % случаев [1]. Поэтому высокая прочность бумаги для банкнот не является гарантией их длительного обращения.

Повышение срока службы банкнот связывают с увеличением их долговечности. Говорить о долговечности бумаги можно только в сравнительном плане, например, в Arjo Wiggins предлагают называть долговечной ту бумагу, банкнота из которой меньше изнашивается и загрязняется, оставаясь в обращении дольше, чем банкнота, напечатанная на обычной бумаге [2, 3].

В связи с этим очень важно было понять, как банкноты переходят в категорию «ветхих».

Для ответа на данный вопрос были проведены сравнительные исследования «новых» и «ветхих» банкнот из реального обращения достоинством 10 рублей модификации 2004 г. При этом удалось выяснить, что различаются они по массе, яркости, толщине и физико-механическим характеристикам. Так, масса «ветхих» банкнот больше, чем масса «новых» на 10 - 12 %; толщина увеличилась на 15 %; плотность осталась практически неизменной, а яркость «ветхих» банкнот оказалась на 3 - 4 единицы ниже. После экстракции в растворителе (уайт-спирите) масса «ветхих» банкнот уменьшилась на 2,0 - 2,5 %, что косвенно указало на количество жировых компонентов в «ветхих» банкнотах. Физико-механические характеристики снизились (разрывное усилие); эластичность уменьшилась на порядок (прочность на излом); показатель воздухопроницаемости у «ветхих» банкнот оказался выше, что характерно для бумаги с рыхлой структурой.

Выявленные изменения указывают на значительные структурные изменения в бумаге-основе в процессе износа банкноты в реальном обращении.

Рассматривая ветхую банкноту (рис. 1) на просвет и в отраженном свете, наблюдаем трещины и заломы, которые отсутствуют на банкноте, не побывавшей в обращении. Трещины и заломы загрязнены сильнее общей площади банкноты, являются свидетельством структурных изменений в бумаге и своеобразными центрами загряз-

нения поверхности. Это указывает на важную роль структурной прочности банкноты и её изменение в процессе реального обращения [4].



**Рисунок 1 – Купонное поле ветхой банкноты:
«а» – в отраженном свете; «б» – на просвет**

Таким образом, для снижения количества ветхих банкнот в обращении необходимо использовать специальную долговечную бумагу. Ведущие мировые производители основы для банкнот считают, что говорить о долговечности можно только в сравнительном плане, и долговечной называют ту бумагу, банкнота из которой дольше находится в обращении [2, 3].

Если условно рассматривать бумагу, как капиллярно-пористую систему с множеством переплетенных между собой растительных волокон, процесс впитывания жидкости на ней можно описать с точки зрения законов капиллярного впитывания. При условии хорошего смачивания, жидкость самопроизвольно впитывается в поры и капилляры бумажного полотна. Впитывание можно охарактеризовать перепадом давления по капилляру, которое выражается уравнением [5, 6]:

$$P = \frac{2\sigma}{r} \cos\theta, \quad (1)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м; r – радиус капилляров; θ – угол смачивания жидкостью поверхности, град.

Из формулы (1) следует, что давление (P) растет с уменьшением радиуса капилляров (r) и краевого угла смачивания (θ); эффективность впитывания при этом возрастает. Однако, при уменьшении радиуса капилляров одновременно увеличивается вязкое сопротивление впитыванию, что проявляется в увеличении времени впитывания.

Исходя из вышесказанного, процесс загрязнения бумаги модельной грязевой смесью можно объяснить следующим образом. Ус-

ловно принимаем, что грязевая смесь представляет собой дисперсную систему, где частицы твердой фазы, стремясь к уменьшению энергии, агрегируют по правилу Гиббса в частицы более крупного размера. Агрегация частиц (слипание) способствует расслоению дисперсной системы и снижению её устойчивости. Грязевая смесь попадает на бумагу и при условии хорошего смачивания, жидкая составляющая грязевой смеси постепенно впитывается в бумагу. Концентрация дисперсной фазы возрастает, жидкая составляющая поглощается бумагой, агрегатная устойчивость дисперсной фазы снижается, а твердые частицы образуют на поверхности бумаги слой грязи.

Если поры бумажного полотна открыты (бумага стандартная), жидкая составляющая грязевой смеси самопроизвольно впитывается в бумагу. При этом удельная концентрация грязевых частиц возрастает, они агрегируют в более крупные частицы по правилу Гиббса и остаются на поверхности бумаги в виде грязевого слоя. Если же пористая структура бумаги закрыта (бумага с барьерными свойствами – грязестойкая), жидкая составляющая грязевой смеси не впитывается, дисперсия грязевых частиц остается стабильной и грязевой слой на поверхности бумаги не формируется.

Таким образом, понизить загрязнение поверхности бумаги можно двумя путями. Первый – экранировать поверхности бумаги/банкноты покрытиями из современных дисперсий полимеров. По данной схеме работают бумажники Louissental, Arjo Wiggins, Orell Fussli Security Printing и др. [2, 3, 7]. Практическими решениями в данном направлении является экранирование поверхности бумаги специальными полимерами с барьерными свойствами при сохранении печатных свойств.

Уменьшение радиуса пор возможно путем увеличения степени помола массы и получения при этом более развитой поверхности волокон и фибрилл. Формирование структуры бумаги в этом случае происходит за счет сил межфибрилярного взаимодействия. Данное направление реализуется фирмой «Crane» (США), которая успешно осуществила свои разработки в долговечной бумаге «Marathon™» [3]. По версии фирмы «Crane» увеличивать долговечность бумаги следует путем особого режима подготовки бумаги к отливу (повышая градус помола). Однако, увеличение степени помола не позволяет получить отдельные базовые элементы защиты с воспроизводимым качеством.

Определенная сложность в создании адаптированной технологии грязестойкой бумаги для банкнот заключалась в том, что модернизация оборудования в действующем технологическом потоке не предусматривалась, а используемые тиражные пропиточные составы,

а также их модификации по различным вариантам технологии не позволяли поднять уровень грязестойкости до требуемого на рынке.

На первом этапе работы использование современных дисперсий полимеров стало возможным после проведения антиадгезионной обработки пропиточного узла БДМ, что позволило получить промышленные партии грязестойкой и износостойкой бумаги для банкнот с устойчивостью к загрязнению на уровне 3 баллов серой шкалы (против 1,5 баллов для тиражной бумаги). При этом печатные свойства бумаги были сохранены [8].

Направленные изменения капиллярно-пористой структуры грязестойкой бумаги промышленной партии (п. 224) были зафиксированы в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. С помощью способа порометрии [9] были проведены сравнительные испытания образцов бумаги, устойчивой к загрязнению (п. 224) и бумаги тиражной (п. 357). Полученные результаты показаны на рис. 2.

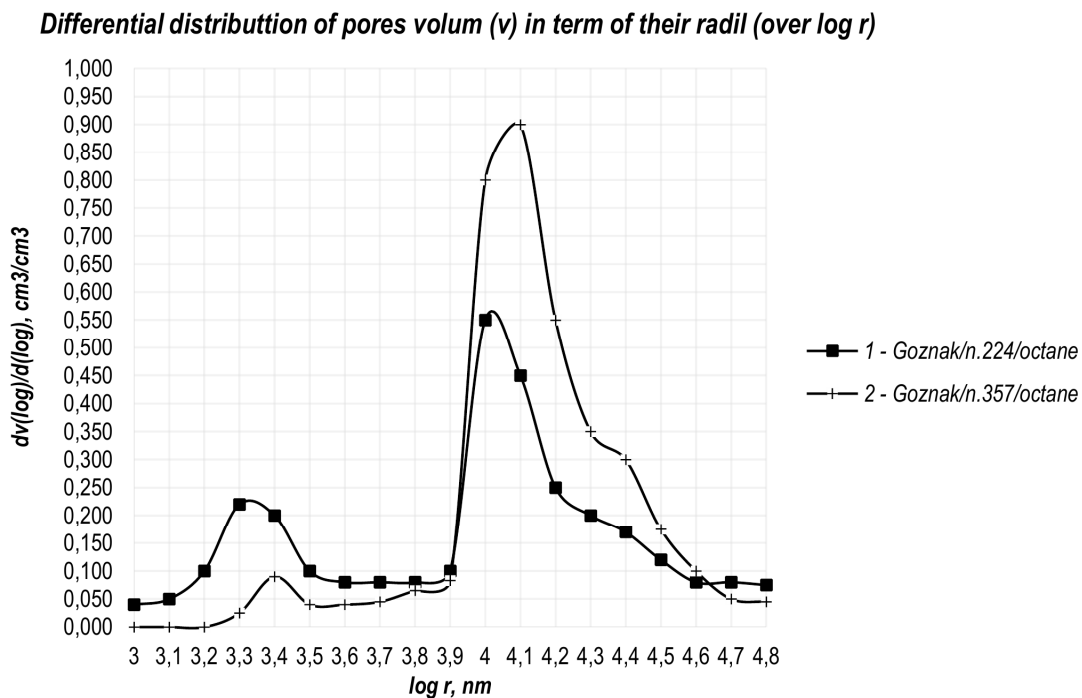


Рисунок 2 – Дифференциальное распределение объема пор относительно их радиуса для грязестойкой (партия 224 – «1») и тиражной бумаги (партия 357 – «2») для банкнот

Ход кривых (рис. 2) доказывает разницу в характеристике пористой структуры бумаги партий 224 (кривая 1) и 357 (кривая 2). Следует отметить значительное снижение объема крупных и средних пор при одновременном увеличении количества мелких пор для образца

бумаги, устойчивой к загрязнению (рис. 2, кривая 1, партия 224). Очевидно, что оптимальные печатные свойства бумаги грязестойкой (партия 224) сохраняются за счет увеличения количества мелких и средних пор.

Испытания на изменение впитывающих свойств, проведенные на приборе «Emtec», для бумаги грязестойкой и бумаги тиражной показаны на рис. 3 [4, 10].

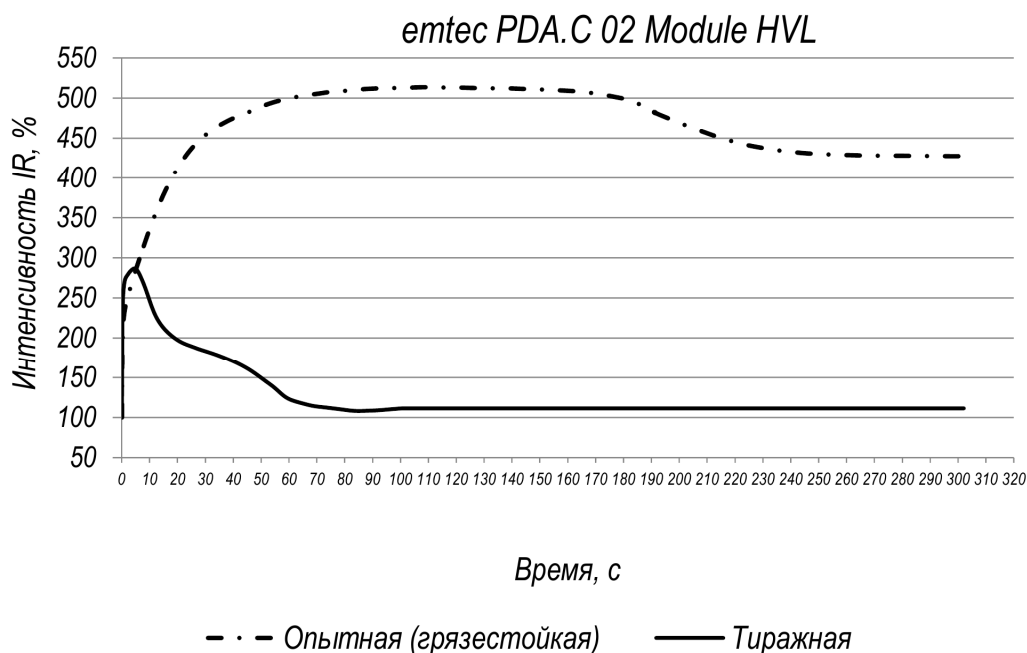


Рисунок 3 – Кинетические кривые впитывания масла бумаги-основы для банкнот после модельного износа

Взаиморасположение кривых впитывания масла свидетельствует, что для тиражной бумаги количество впитанного масла практически в два раза больше, чем для бумаги грязестойкой (с барьерными свойствами). При этом насыщение маслом (жиростойкость) тиражной бумаги происходит за две секунды, а насыщение грязестойкой бумаги в *два раза меньшим* количеством масла – в течение пяти минут. Данные испытания можно условно считать своеобразным тестом на длительность обращения банкнот. Показанные на рис. 3 данные свидетельствуют, что использование бумаги с барьерными свойствами позволяет значительно увеличить срок службы банкнот.

Полученная в результате реализации данных исследований бумага зарегистрирована под торговой маркой РФ – «Stoic Paper», защищена патентами и применяется в качестве основы для изготовления банкнот достоинством «200 рублей» [11-13].

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://blinov.whotrades.com/blog/43382445720> «Объем наличных денег в обращении»
2. Ионов В.М. Применение за рубежом специальных покрытий для продления срока службы банкнот. Обзор, 2002г.
3. Крейн Т., Фирма "Crane & Co, Inc", США. Дебаты по поводу долговечности все еще жаркие. Соображения по поводу достижения баланса между долговечностью и защитой. Перевод Объединения Гознак №220 - 2002, Москва.
4. Хомутильников Н.В., Куркова Е.В., Говязин И.О., Иванов Г.Е., Мартыанова О.С. Грязестойкая бумага для банкнот. // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2016. № 9. – С. 50-54.
5. Чечунов С.С. Капиллярность бумаги и ее роль в печатном процессе. Сборник трудов ЦНИИБ, Москва, 1969 г., вып. 4, с. 120-123
6. Казаровицкий Л.А. Бумага и краска в процессе печатания, М.: «Книга», 1965. – 367с., с.26
7. Пат. WO 2004/072378 (A1) D 21 H 21/40, (Giesecke & Devrient) (Германия).
8. ГОСТ ISO 105-Ф03-2014 г. Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски. Часть А03. Серая шкала для оценки степени закрашивания.
9. Исследование пористой структуры и гидрофильно-гидрофобных свойств газодиффузионных слоев электродов топливных элементов с протонопроводящей мембраной / Ю. М. Вольфович [и др.] // Электрохимия. - 2008. - Т. 44, N 3. - С. 300-308.
10. Иванов Г.Е. Куркова Е.В. Архипов К.С. Исследование впитываемости бумаги по ЕМТЕК HVLC02. Сборник II Международной научно-технической конференции, посвященной памяти профессора В.И. Комарова «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов». – Архангельск, САФУ, 2013, стр. 76 - 80.
11. Пат. РФ 2318943 С1 D 21 H 27/16; D 21 H 27/28; D 21 H 21/02. Способ изготовления бумаги, устойчивой к загрязнению от 12.07.2006. Опубликовано:10.03.2008 Бюл. №7
12. Пат. РФ 2418124 С1 D 21 H 19/24; В 42D 15/00. Способ изготовления бумаги, устойчивой к загрязнению и бумага, устойчивая к загрязнению от 08.09.2009. Опубликовано: 10.05.2011 Бюл. №13
13. Пат. РФ 2509834 D 21 H 19/00. Способ изготовления бумаги, устойчивой к влаге и загрязнению и бумага, устойчивая к влаге и загрязнению от 01.03.2013. Опубликовано: 20.03.2014 Бюл. №8.