

УДК 655.527

Д. М. Медяк¹, Н. Э. Трусевич²¹Белорусский государственный технологический университет²ООО «Альтиора Форте»**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТНЫХ СВОЙСТВ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ КРАСОК**

Разработка и создание защищенной печатной продукции – это сложный процесс, в котором должны быть учтены многие факторы обращения будущего изделия. Защитные элементы наносятся на бумагу специальными красками. Надо учитывать, что в процессе обращения такие элементы подвергаются различным воздействиям и могут утрачивать свою защитную функцию, что может спровоцировать подделку. В данной работе изучается проблема стойкости специальных защитных печатных красок к воздействию света и низких температур. В работе были использованы результаты исследований по износу поверхностей, выполненные ранее на кафедре полиграфических производств. Практическая часть эксперимента была выполнена на производственно-лабораторной базе РУП «Издательство «Белорусский Дом печати». Моделирование износа защитных элементов печатной продукции выполнялось на основе известных механизмов износа. В результате исследования была установлена динамика изменения стойкостных свойств специальных защитных красок с течением времени. Практически все защитные элементы, которые наносятся на документ специальными красками, продемонстрировали слабую устойчивость к неблагоприятным условиям обращения (солнечный свет, низкие температуры) в течение длительного времени.

Ключевые слова: защитные технологии, специальные защитные печатные краски, светостойкость, морозостойкость, износ, моделирование износостойкости.

D. M. Medyak¹, N. E. Trusevich²¹Belarusian State Technological University²LLC “Altiora Forte”**RESEARCH OF SPECIAL PRINT INKS SUSTAINABLE PROPERTIES**

The development and creation of secure printed products is a complex process in which many factors of the future product circulation must be taken into account. Protective elements are applied to paper with special inks. It should be borne in mind that in the process of handling such elements are subjected to various influences and may lose their protective function, which can provoke a fake. In this article we study the problem of special protective printing inks resistance to light and low temperatures. The work used the results of studies on surface wear, previously performed at the Department of Printing Production. The practical part of the experiment was performed at the production and laboratory base of the Republican Unitary Enterprise “Belarusian Printing House”. The modeling of the printed matter protective elements wear was carried out on the basis of the known wear mechanisms. As a result of the study, the dynamics of the change in the resistance properties of special protective paints over time was established. Almost all protective elements that are applied to the document with special paints have shown a low resistance to adverse conditions of circulation (sunlight, low temperatures) for a long time.

Key words: protective technologies, special protective printing inks, light resistance, frost resistance, wear, wear resistance modeling.

Введение. Разработка и создание защищенной печатной продукции – это сложный процесс, в котором должны быть учтены многие факторы. При создании защищенной полиграфической продукции сегодня в основном используется офсетная технология печати, так как она обеспечивает самый качественный результат. Однако для реализации защитной функции вместо традиционных офсетных красок для печати защитных элементов в документах используют специальные краски. При этом следует учитывать, что в процессе обращения защитные элементы изнашиваются и, соответственно,

могут утратить в той или иной мере свою защитную функцию и спровоцировать подделку. Поэтому исследование стойкости специальных защитных красок всегда актуально.

Изнашивание – процесс разрушения и отделения частиц материала от поверхности или накопления в нем остаточной деформации. Процесс изнашивания может выражаться в единицах длины, объема, массы, параметрах физических, химических, энергетических свойств и структуры материала.

Процесс износа неразрывно связан с процессом старения изделия. Старение – это необратимое

изменение свойств материалов и изделий при их хранении и использовании. Старение документов протекает чаще всего как смешанный процесс при одновременном действии нескольких активных факторов: света, тепла, влажности, физических нагрузок, резких изменений условий среды и т. п. Важную роль также играет так называемый «внутренний фактор» – совокупность материалов и веществ, из которых состоит документ [1].

Различия в материалах, структуре и технологии изготовления защищенной полиграфической продукции обуславливают отличия в скорости и сочетаниях механических, физических, химических процессов, приводящих к их износу. Поэтому математическая модель износа должна быть универсальной, чтобы описывать эти процессы с требуемой точностью. Если для характеристики поверхности структуры защитных элементов использовать оптическую плотность, то можно предположить, что она будет каким-либо образом изменяться в процессе использования защищенной печатной продукции. Поэтому в данной работе предлагается в качестве математической модели использовать функцию жизненного цикла и метод моделирования процесса износа, разработанный на кафедре полиграфических производств БГТУ и изложенный в работах [2–4].

Основная часть. В данной работе практическая часть эксперимента по исследованию светостойкости и морозостойкости специальных печатных красок была выполнена в производственной лаборатории РУП «Издательство «Белорусский Дом печати».

Светостойкость – это способность краски при длительном действии света не изменять своих цветовых свойств, она зависит главным образом от химической природы пигмента [5]. Светостойкость краски имеет большое значение при изготовлении полиграфической продукции, рассчитанной на длительный срок службы, или продукции, подвергающейся длительному воздействию света.

Энергия светового излучения инициирует изменение молекулярной структуры красящего вещества, что ведет к постепенной потере им красящих свойств. Это проявляется в уменьшении насыщенности цвета пигмента или красителя и в изменении их цветового тона [6].

Разные красящие вещества характеризуются различной светостойкостью. Для измерения светостойкости используются эталонные шкалы. В настоящее время используется шкала Blue Wool Scale (BWS), стандартизованная в Европе и Северной Америке. Она включает восемь эталонных полей с плашками, нанесенными синими красящими веществами на шерстяную

ткань. Для эталона подобраны красящие вещества со стабильной светостойкостью, независящей от влажности, и материал, не содержащий таких изменяющих светостойкость химических веществ, как отбеливатели. Минимальной светостойкости соответствует первое поле шкалы, максимальной – восьмое. Каждое последующее поле имеет вдвое большую светостойкость, чем предыдущее. Допускаются и промежуточные оценки.

Стандартами предусмотрены два метода тестирования светостойкости: при естественном и при искусственном освещении. В обоих случаях образец экспонируется вместе с тестовой шкалой BWS.

Тестирование при естественном освещении осуществляется на специальном штативе через стекло. На практике этот метод используется редко, поскольку спектр естественного излучения непостоянен и зависит от времени года, а также от погодных условий. Кроме того, тест приходится прерывать в темное время суток, что значительно увеличивает продолжительность испытаний.

Тестирование при искусственном освещении предполагает применение специальной установки, оснащенной ксеноновой лампой высокого давления (цветовая температура от 5500 до 6500 К), спектр излучения которой очень близок к спектру дневного света. Образец и тестовая шкала помещаются в специальный держатель, причем их средние участки закрываются непрозрачной пластиной. Благодаря этому 2/3 образца экспонируются, а 1/3 – нет. Экспонирование осуществляется циклами с периодическим затемнением образца, что обеспечивается вращением держателя [7].

Для того чтобы не допустить чрезмерного нагрева образца, используется ИК-фильтр. Освещение через оконное стекло имитируется помещением лампы в стеклянный цилиндр, который выполняет роль УФ-фильтра, пропускающего УФ-излучение с длиной волны до 310 нм. Во время экспонирования в испытательной камере должна поддерживаться постоянная влажность. Для регулировки влажности используются водораспылители. Как показывает практика, результаты испытаний в описанной установке хорошо коррелируют с результатами, полученными в условиях дневного освещения.

Время экспонирования определяется величиной контраста экспонированной и неэкспонированной частей образца. Когда этот контраст равен контрасту четвертого поля серой шкалы ISO 105B02, левая треть образца и тестовой шкалы закрываются еще одной непрозрачной пластиной. После этого экспонирование продолжается до тех пор, пока контраст экспонированной и неэкспонированной частей образца не будет равен контрасту

третьего поля серой шкалы ISO 105B02. Для предотвращения ошибок, вызванных фотохромным эффектом (обратимое изменение цвета), образец после экспонирования в течение 24 ч выдерживается в темноте. Затем выполняется оценка светостойкости образца путем сравнения его с контрольной шкалой. Оценка производится в следующих условиях:

- 1) освещенность образца не менее 600 люкс;
- 2) свет от источника падает на образец приблизительно под углом 45°;
- 3) наблюдение производится приблизительно по нормали к плоскости образца.

В настоящее время ведутся разработки новых инструментальных методов, основанных на спектроденситометрических измерениях и оценке светостойкости по показателю цветового различия ΔE . Основной проблемой, препятствующей внедрению таких методов, является достаточно высокий процент расхождения результатов инструментальной и экспертной оценок тестовых образцов.

Светостойкость печатных красок определяется светостойкостью входящих в их состав красящих веществ – пигментов. Она не может быть увеличена путем изменения связующего, добавок или путем нанесения на красочный слой прозрачного лака. Светостойкость красящего вещества зависит от его химической природы, толщины красочного слоя и условий окружающей среды.

Чем больше толщина красочного слоя, тем больше красящего вещества он содержит и тем выше его светостойкость. При сравнении светостойкости печатных оттисков следует учитывать и степень пигментации краски, так как тонкий слой высокопигментированной краски может содержать больше красящего вещества, чем толстый слой низкопигментированной краски [7].

При смешивании двух красок с разными пигментами их светостойкость не может быть определена как средневзвешенное значение. При изготовлении смесевых красок необходимо учитывать, что краски различных цветов имеют разную светостойкость, поэтому светостойкость составной краски будет соответствовать наименьшему значению для смешиваемых красок. Также необходимо учитывать, что высокая влажность может значительно уменьшать светостойкость даже стойких пигментов. Изменения цвета красочного слоя также могут происходить в результате воздействия химических веществ, содержащихся в воздухе (диоксид серы, пары кислот и т. п.), в запечатываемом материале или в наносимых на красочный слой лаках и адгезивах. Кроме того, некоторые адгезивы обладают свойством накапливать влагу. Также следует учитывать, что используемые в офсетной и высокой

печати для отделки отпечатков масляные лаки склонны к пожелтению под воздействием света, что также приводит к изменению колориметрических характеристик оттисков. На светостойкость пигментов, претерпевающих фотохимические превращения, влияет и тип пленкообразующего вещества [7].

В условиях РУП «Издательство «Белорусский Дом печати» был проведен эксперимент с оттисками, запечатанными специальными красками. Оттиски подвергались воздействию солнечного света в течение 1, 2, 3, 4, 5 и 6 месяцев. Далее с помощью денситометра измерялась оптическая плотность графических элементов в различных зонах спектра. В белом свете – показатель V , в зоне спектра Cyan – C , в зоне спектра Magenta – M , в зоне спектра Yellow – Y . Полученные данные обрабатывались на кафедре полиграфических производств БГТУ, по результатам рассчитывалась теоретическая кривая светостойкости специальных красок.

На рис. 1 представлена зависимость светостойкости от времени наблюдения.

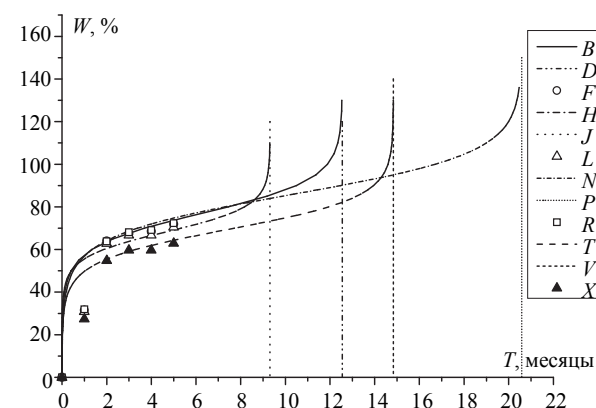


Рис. 1. Зависимость светостойкости от времени наблюдения:

- для показателя V : B – теоретическая зависимость; D – асимптота; F – экспериментальные данные;
- для C : H – теоретическая зависимость; J – асимптота; L – экспериментальные данные;
- для M : N – теоретическая зависимость; P – асимптота; R – экспериментальные данные;
- для Y : T – теоретическая зависимость; V – асимптота; X – экспериментальные данные

Результаты обработки экспериментальных данных и найденные значения параметров функции светостойкости от времени наблюдения приведены ниже.

Зависимость светостойкости от времени наблюдения компонента V описывается функцией

$$W(t) = \frac{1}{12,547 \cdot 0,01} \ln \left[\frac{(12,547 - 0,8 \cdot 10^{-3}) t}{0,8 \cdot 10^{-3} \cdot (12,547 - t)} \right];$$

для компонента С

$$W(t) = \frac{1}{9,312 \cdot 0,018} \ln \left[\frac{(9,312 - 0,1 \cdot 10^{-3})t}{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot (9,312 - t)} \right];$$

для компонента М

$$W(t) = \frac{1}{20,585 \cdot 0,005} \ln \left[\frac{(20,585 - 0,003)t}{0,003 \cdot (20,585 - t)} \right];$$

для компонента Y

$$W(t) = \frac{1}{14,838 \cdot 0,009} \ln \left[\frac{(14,838 - 0,14 \cdot 10^{-2})t}{0,14 \cdot 10^{-2} \cdot (14,838 - t)} \right].$$

Анализируя рис. 1, можно отметить, что под воздействием солнечного света происходит изменение оптических характеристик оттиска, но в каждой зоне спектра изменения носят индивидуальный характер. Это означает, что специальные защитные краски с течением времени под действием света будут изменять свой цвет, а не только выцветать.

Так, согласно асимптотам рис. 1, можно сделать вывод, что наиболее интенсивно теряет оптическую плотность голубая составляющая, затем черная и желтая, наиболее устойчивой является пурпурная составляющая. Изменение оптической плотности в 2 раза для голубой составляющей произойдет через 9 месяцев при постоянном воздействии света, для черной – через год, для желтой – через 1,5 года, для пурпурной – через 2 года. Из этого следует, что защитные элементы, отпечатанные специальными красками, постепенно будут становиться красноватого цвета, что затруднит их идентификацию и контроль и в целом сделает документ плохо узнаваемым по цвету.

Оценка светостойкости дает лишь приближительную информацию о времени выцветания печатного оттиска. Данные могут служить ориентиром при определении долговечности цветовых характеристик печатных оттисков. При использовании этих данных необходимо учитывать следующие аспекты:

1) содержание УФ-излучения в дневном свете варьируется в гораздо большей степени, чем содержание видимого излучения. При этом УФ-излучение сильнее обесцвечивает красящие вещества, чем видимый свет;

2) зимой выцветание происходит в 2–3 раза медленнее, чем летом;

3) в условиях высокой влажности скорость выцветания увеличивается.

Таким образом, на практике установлены следующие факторы, которые оказывают существенное влияние на светостойкость специальных красок [8]:

1) освещение (его природа и сила): чем больше в спектре облучающего света УФ-лучей

и чем он интенсивнее, тем ниже светостойкость;

2) концентрация пигмента: с ее уменьшением (при разбелении или разбавлении краски) светостойкость оттиска снижается;

3) химическая природа пигмента;

4) смешивание с лаком – светостойкость снижается;

5) толщина слоя краски: более толстый слой имеет большую светостойкость;

6) дизайн печатаемого изображения: плашки более светостойки, чем растровые картинки или линии;

7) растровая печать – светостойкость снижается;

8) свойства пленки или гофрокартона, главным образом рН. Картон может содержать вещества, вступающие в фотохимическую реакцию с пигментом. Впитывающие бумаги дают более тусклый оттиск, а снижение блеска ведет к снижению светостойкости;

9) относительная влажность воздуха: чем она выше, тем быстрее разрушается красочная пленка.

На цвет красок оказывает воздействие не только свет, изменение свойств красок под действием низких температур описывается такой параметром, как морозостойкость.

Морозостойкость – это способность материалов выдерживать многократное число циклов попеременного замораживания (при температурах от -15 до -20°C) и оттаивания (при 15 – 20°C) без видимых признаков разрушения. На практике необходимо оценивать морозостойкость применительно к конкретным условиям эксплуатации изделия. По стандарту краски считаются морозостойкими, если выдерживают пять циклов замораживания [9].

В основном морозостойкость исследуется и нормируется в отношении лакокрасочных материалов для наружных работ и красок для печати на упаковках с замороженными продуктами (например, мороженое, пельмени и т. п.). Так, согласно ГОСТ Р 51760–2001 «Тара потребительская полимерная», полимерная тара должна сохранять окраску после выдержки в климатической камере в течение 2 ч при температуре $-25 \pm 2^\circ\text{C}$ [10].

Практическая часть эксперимента по морозостойкости заключалась в выдержке оттисков, запечатанных специальными красками, в морозильной камере в течение 1, 2, 3, 4, 5 и 6 месяцев. Далее с помощью денситометра измерялись оптические плотности графических элементов в различных зонах спектра. По полученным значениям определялись параметры функции износа, выполнялось построение теоретических кривых износа. На рис. 2 представлена зависимость морозостойкости специальных печатных красок от времени наблюдения.

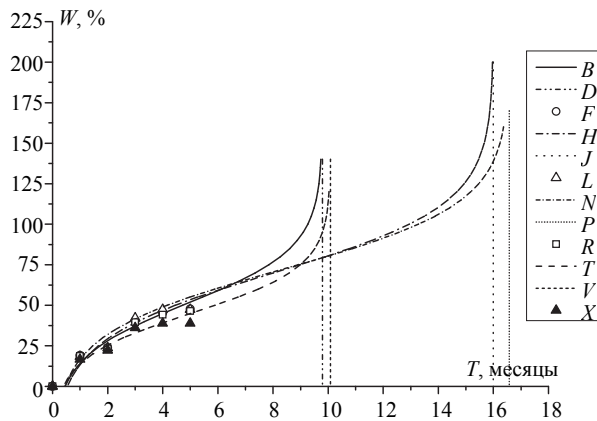


Рис. 2. Зависимость морозостойкости от времени наблюдения:

для показателя V: B – теоретическая зависимость; D – асимптота; F – экспериментальные данные; для C: H – теоретическая зависимость; J – асимптота; L – экспериментальные данные; для M: N – теоретическая зависимость; P – асимптота; R – экспериментальные данные; для Y: T – теоретическая зависимость; V – асимптота; X – экспериментальные данные

Результаты обработки экспериментальных данных и найденные значения параметров функции морозостойкости от времени наблюдения компонента V описываются функцией

$$W(t) = \frac{1}{9,793 \cdot 0,006} \ln \left[\frac{(9,793 - 0,46)t}{0,46 \cdot (9,793 - t)} \right];$$

для компонента C

$$W(t) = \frac{1}{15,997 \cdot 0,003} \ln \left[\frac{(15,997 - 0,54)t}{0,54 \cdot (15,997 - t)} \right];$$

для компонента M

$$W(t) = \frac{1}{16,574 \cdot 0,003} \ln \left[\frac{(16,574 - 0,45)t}{0,45 \cdot (16,574 - t)} \right];$$

для компонента Y

$$W(t) = \frac{1}{10,084 \cdot 0,007} \ln \left[\frac{(10,084 - 0,4)t}{0,4 \cdot (10,084 - t)} \right].$$

Анализ рис. 2 показывает, что под действием низких температур изменения оптической плотности в разных зонах спектра носят различный характер. Наименьшая устойчивость наблюдается для желтой и черной составляющей специальных защитных красок, большую устойчивость имеют голубая и пурпурная составляющие. Изменение оптической плотности в два раза произойдет для желтой и черной составляющих через 10 месяцев, для голубой и пурпурной – через 1,5 года. Следовательно, в результате длительных температурных воздействий специальные краски на оттиске будут приобретать синий оттенок, что будет искажать восприятие защитных элементов и затруднять контроль подлинности документа.

Заключение. В результате экспериментальных исследований была установлена динамика изменения стойкостных свойств специальных защитных красок с течением времени. Практически все защитные элементы, которые наносятся на документ специальными красками, продемонстрировали слабую устойчивость к неблагоприятным условиям обращения (солнечный свет, низкие температуры) в течение длительного времени.

Литература

1. Привалов В. Ф. Обеспечение сохранности архивных документов на бумажной основе / Росархив. ВНИИДАД. М., 2003. 112 с.
2. Кулак М. И., Сидельник О. В. Прогнозирование тиражестойкости печатных форм // Труды БГТУ. 2012. № 9: Издательское дело и полиграфия. С. 18–22.
3. Кулак М. И., Медяк Д. М., Барковский Е. В. Моделирование износа офсетного полотна // Техника и технологии: инновации и качество: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Барановичи, 24–25 окт. 2013 г. / Баранович. гос. ун-т. Барановичи, 2013. С. 104–108.
4. Барковский Е. В., Медяк Д. М., Кулак М. И. Характерные особенности износа офсетных печатных форм // Труды БГТУ. 2015. № 9: Издательское дело и полиграфия. С. 3–6.
5. Гудкова Т. И., Загаринская Л. А. Полиграфические материалы. М.: Книга, 1982. 224 с.
6. Гудилин Д. Светостойкость печатных красок // КомпьюАрт. 2006. № 9. С. 19–21.
7. Беленький Е. Ф., Рискин И. В. Химия и технология пигментов. 4-е изд., перераб. и доп. Львов: Химия, 1974. 656 с.
8. Светостойкость печатных красок флексографской печати, а равно и других полиграфических красок // ПолиФлекс. URL: <http://www.p-flex.ru/inks/lightfastness/> (дата обращения: 25.03.2017).
9. Морозостойкость // ЛКМ Портал. URL: <https://www.lkmportal.com/enc/morozostoykost/> (дата обращения: 27.03.2017).
10. Тара потребительская полимерная. Общие технические условия: ГОСТ Р 51760-2001. Введ. 01.01.2002. М.: Изд-во стандартов, 2001. 21 с.

References

1. Privalov V. F. *Obespecheniye sokhrannosti arkhivnykh dokumentov na bumazhnoy osnove* [Securing paper-based archival documents]. Moscow, 2003. 112 p.
2. Kulak M. I., Sidel'nik O. V. Prediction of print run printability. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 9: Publishing and Printing, pp. 18–22 (In Russian).
3. Kulak M. I., Medyak D. M., Barkovskiy E. V. Offset web wear modeling. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Tekhnika i tekhnologii: innovatsii i kachestvo"* [Materials of the International scientific and technical conference "Engineering and technology: innovation and quality"]. Baranovichi, 2013, pp. 104–108 (In Russian).
4. Barkovskiy E. V., Medyak D. M., Kulak M. I. Characteristic features of offset printing wear. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 9: Publishing and Printing, pp. 3–6 (In Russian).
5. Gudkova T. I., Zagarinskaya L. A. *Poligraficheskiye materialy* [Printing Materials]. Moscow, Kniga Publ., 1982. 224 p.
6. Gudilin D. Lightfastness of printing inks. *Komp'yutArt* [Komp'yutArt], 2006, no. 9, pp. 19–21 (In Russian).
7. Belenky E. F., Riskin I. V. *Khimiya i tekhnologiya pigmentov* [Chemistry and technology of pigments]. L'vov, Khimiya Publ., 1974. 656 p.
8. *Svetostoykost' pechatnykh krasok fleksografskoy pechati, a ravno i drugikh poligraficheskikh krasok* [Lightfastness of printing inks, flexographic printing, as well as other printing inks]. Available at: <http://www.p-flex.ru/inks/lightfastness> (accessed 25.03.2017).
9. *Morozostoykost'* [Frost resistance]. Available at: <https://www.lkmportal.com/enc/morozostoykost>. (accessed 27.03.2017).
10. GOST R 51760-2001. Consumer polymer packaging. General specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2001. 21 p. (In Russian).

Информация об авторах

Медяк Диана Михайловна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: medyak@belstu.by

Труевич Надежда Эдуардовна – кандидат технических наук, доцент, инженер-технолог, ООО «Альтиора Форте» (220072, г. Минск, ул. Сурганова, 11, Республика Беларусь). E-mail: trusevich@altiora.by

Information about the authors

Medyak Diana Mikhaylovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medyak@belstu.by

Trusevich Nadezhda Eduardovna – PhD (Economics), Associate Professor, Process Engineer. LLC "Altiora Forte" (11, Surganova str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trusevich@altiora.by

Поступила 14.01.2020