

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

И.В. Муравьева, Д.И. Благовещенский

Рассмотрены вопросы управления качеством продукции в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001, в котором регламентированы требования к документированной информации на бумажном носителе. Проанализированы показатели качества, характеризующие долговечность бумаги для документированной информации: щелочной резерв, число Каппа (содержание окисляемых веществ) и значение pH. Исследовано пять образцов бумаги длительного хранения: SvetoCopy (производитель InternationalPaper), Комус Документ (производитель Комус), КУМ LuxBusiness (производитель UPM), Снегурочка и IQ Allround (производитель Mondi). Для выбора оптимальных условий определения щелочного резерва использовали планирование и математическое моделирование эксперимента. Исследованные образцы бумаги соответствуют требованиям, установленным в ГОСТ Р ИСО 9706-2000, предъявляемым к бумаге длительного срока использования.

Ключевые слова: управление качеством продукции, документированная информация, бумага для документов, долговечность бумаги, качество, методы испытаний, планирование и математическое моделирование эксперимента, ионометрия, щелочной резерв, число Каппа, водородный показатель (pH).

В сентябре 2018 г. завершается установленный трехлетний переходный период для внедрения утвержденного Росстандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015) [1], предназначенного для управления качеством продукции и услуг в рамках системы менеджмента качества. Управление качеством помогает улучшить результаты деятельности организации. Преемственность большинства требований новой версии ГОСТ Р ИСО 9001 к управлению качеством продукции и услуг, метрологическому обеспечению производства и контролю качества в производстве была показана, аналитически подтверждена и обоснована [2, 3, 4]. Требования п.4.2 «Требования к документации» ГОСТ ISO 9001-2011 теперь изложены в п.7.5 «Документированная информация» ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Следует заметить, что ни одно производство не обходится без документного сопровождения [2]. При создании и актуализации документированной информации организация соответствующим образом обеспечить носитель (например, бумажный и/или электронный). Даже в век развитых информационных технологий, все предприятия имеют нормативные документы на продукцию и документированные результаты своей деятельности как в электронном, так и в печатном виде [2, 3, 4]. Бумажные документы должны находиться под управлением в целях обеспечения их достаточной защиты, например, от потери целостности. Хранение печатных документов необходимо в течение разного периода времени, для этого требуются специализированные архивы, в которых соблюдается необходимые режимы хранения.

ГОСТ 2.501-2013 предусматривает следующие требования: «Подлинники на бумажном носителе должны быть пригодны для многократного снятия копий (отсутствие прорывов, подклейки, протертых мест, нечеткость текста, линий), репрографической обработки и должны соответствовать требованиям» [5]. Таким образом, для документов требуется управлять качеством и контролировать неизменность химического состава и физических свойств, которые могли бы повлиять на качество документа и удобств пользования в течение длительного срока использования.

В целях дальнейшего совершенствования управления качеством в данном исследовании решали задачу контроля показателей, характеризующих долговечность бумаги для документов, а именно щелочной резерв в бумаге, содержание окисляемых веществ в бумаге, выражаемое числом Каппа и значение pH водной вытяжки бумаги установленным нормативным значениям ГОСТ Р ИСО 9706-2000 [6].

Для проведения исследования были выбраны пять марок бумаг для печати различных производителей, наиболее популярных на рынке: SvetoCopy (производитель InternationalPaper), Комус Документ (производитель Комус), KYM LuxBusiness (производитель UPM), Снегурочка и IQ Allround (производитель Mondi). В маркировке всех образцов представлен графический символ (знак) соответствия долговечности. Представленные марки бумаг являются самыми востребованными на рынке по количеству запросов потребителями.

В работе применяли электронные аналитические и прецизионные весы ALC-210d4 фирмы ACCULAB, иономер «Эксперт 001» фирмы «Эконикс» (Москва), а также хлоридсеребряный электрод сравнения марки ЭВЛ-1М3.1 и электрод стеклянный лабораторный ЭСЛ-43-87 для измерения pH [7]. Отбор проб бумаги для документов осуществляли по ГОСТ 32546-2013 [8].

Бумага, предназначенная для длительного срока использования, содержит некоторое количество наполнителя щелочного происхождения, например карбоната кальция, в качестве щелочного резерва, препятствующего воздействию на неё веществ кислотного происхождения из атмосферы воздуха или образующихся в самой бумаге в результате разрушения составляющих веществ в композиции бумаги. Щелочной резерв гарантирует нейтральное значение pH на длительный период.

Щелочной резерв определяли методом нейтрализации с предварительной обработкой пробы бумаги раствором соляной кислоты [9].

В процессе работы было установлено, что на результаты определения щелочного резерва оказывают влияние масса пробы и объем вводимой соляной кислоты. Для изучения этой зависимости и определения условий кислотного разложения пробы проведено факторное планирование эксперимента с варьированием массы навески образца и объема кислоты для разложения [10]. Уровни и интервалы варьирования значимых факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Уровни и интервалы варьирования	Z_1 (объем кислоты, см ³)	Z_2 (масса навески, г)
Основной уровень варьирования ($X_i = 0$)	20	0,3
Интервал варьирования Δx_i	5	0,1
Верхний уровень $z_{\max}$ ($X_i = +1$)	25	0,4
Нижний уровень $z_{\min}$ ($X_i = -1$)	15	0,2

Оба фактора варьировали на трех уровнях, так как предполагалось по экспериментальным результатам построить модель в виде полинома второго порядка:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2. \quad (1)$$

В соответствии с планом второго порядка были выполнены серии опытов по 9 (девять) определений щелочного резерва в пробе. В табл. 2 приведены матрицы планирования условий эксперимента в кодированной и физической системах координат, а также – и полученные результаты определений. Выходной характеристикой является щелочной резерв (моль/кг).

Таблица 2

Матрица планирования условий разложения пробы для определения щелочного резерва

Номер опыта	Кодированные значения факторов		Физические значения факторов		Значение щелочного резерва, моль/кг, Y
	Объем кислоты, X_1	Масса пробы, X_2	Объем кислоты, см ³ , Z_1	Масса пробы, г, Z_2	
1	-1	-1	15	0,2	2,99
2	0	-1	20	0,2	3,11
3	1	-1	25	0,2	3,05
4	-1	0	15	0,3	3,66
5	0	0	20	0,3	4,01
6	1	0	25	0,3	3,79
7	-1	1	15	0,4	3,83
8	0	1	20	0,4	3,97
9	1	1	25	0,4	3,90

Поскольку модели, построенные в кодированной и физической системах координат, являются тождественными и описывают с одинаковой точностью одну и ту же поверхность отклика, воспользовались физической системой координат. Методом наименьших квадратов построены полиномиальные модели 2-го порядка вида уравнения (1).

Модель зависимости выходной величины от выбранных физических факторов Z_1 и Z_2 имеет вид

$$Y = -10 + 0,419 \cdot z_1 + 56,487 \cdot z_2 - 0,016 \cdot z_1^2 - 81,867 \cdot z_2^2 + 0,05 \cdot z_1 \cdot z_2, \quad (2)$$

Проверку адекватности моделей экспериментальным данным проводили по критерию Фишера

$$F = \frac{s_{ocm}^2}{s_y^2} \quad (3)$$

где $s_{ocm}^2 = \sum_{i=1}^N (y_{iэ} - y_{ip})^2 / (N - k)$ – остаточная дисперсия, которая характеризует расхождение экспериментальных значений и рассчитанных значений выходной величины (моль/кг), равна 0,0019; s_y^2 – дисперсия, которая характеризует случайную погрешность эксперимента (S_r), рассчитанная по полученным метрологическим характеристикам, для пробы 1 равна 0,0017; k – число коэффициентов модели ($k = 6$); N – число экспериментальных точек ($N = 9$).

Полученное значение критерия Фишера составило 1,14, что меньше квантиля распределения $F(0,95; 4; 9) = 3,6$. Следовательно, модель адекватна экспериментальным данным табл. 2.

Проверку статистической значимости оценок коэффициентов моделей проводили по критерию Стьюдента

$$t_{b_i} = b_i / s_{b_i}, \quad (4)$$

где s_{b_i} – случайная ошибка коэффициента b_i .

Все оценки коэффициентов модели оказались статистически значимы. Модель адекватна экспериментальным данным, что подтверждается высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 99,7\%$, то есть более 99% вариаций отклика описываются моделью.

На рис. 1 и 2 дана графическая интерпретация полученных моделей в виде объемной поверхности и проекции линий равных значений отклика (щелочной резерв) на двумерную область $X_1 - X_2$.

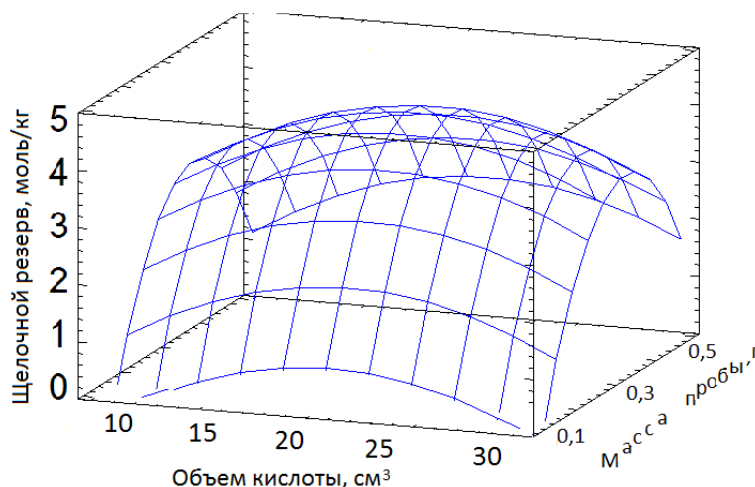
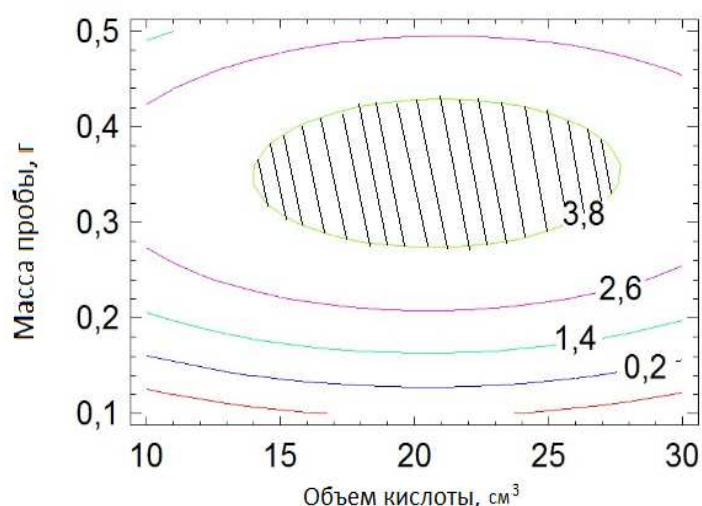


Рис. 1. Графическая интерпретация модели в трехмерной области



**Рис. 2. Графическая интерпретация модели в плоскости.
Оптимальная область заштрихована**

Как видно из рис. 2, оптимальные результаты получены при массе пробы от 0,30 до 0,40 г и объеме реагента от 15 до 25 см³. Таким образом, пробы разных образцов можно испытывать в одинаковых условиях по массе пробы и необходимому объему кислоты. Дальнейшие исследования проводили с пробой массой 0,35 г и добавлением 20 см³ раствора соляной кислоты по ГОСТ Р ИСО 10716 [9].

Результаты определения щелочного резерва представлены в табл. 3.

Таблица 3
Результаты определения щелочного резерва (n=10, P = 0,95)

Название образца	Щелочной резерв, моль/кг	
	Определено	Требования ГОСТ Р ИСО 9706
Снегурочка	3,75 ± 0,02	Не менее 0,4
SvetoCopy	4,33 ± 0,06	
Комус Документ	3,87 ± 0,03	
IQ Allround	3,94 ± 0,04	
KYM LuxBusiness	4,64 ± 0,07	

Из данных табл. 3 следует, что образцы исследуемых марок бумаг для документов соответствуют допустимым значениям щелочного резерва, установленного для бумаги длительного срока использования по ГОСТ Р ИСО 9706-2000 [6].

Число Каппа (содержание окисляемых веществ) – число, косвенно характеризующее содержание остаточного лигнина в волокнистом полуфабрикате. Лигнин – это вещество, характеризующее одревесневшие стенки растительных клеток. Сложное полимерное соединение, содержащееся в клетках сосудистых растений и некоторых водорослях. Лигнин, содер-

жащийся в волокнистых материалах, оказывает на прочность бумаги неблагоприятное влияние, так повышает ломкость волокон, способствует уменьшению набухания волокон, что снижает их пластичность. Сильно лигнифицированные волокна заметно укорачиваются даже при слабых размалывающих воздействиях. Вместе с тем лигнин является одной из главных причин пожелтения и старения бумаги. Число Каппа определяли методом основанном на окислении лигнина марганцовокислым калием и последующем йодометрическом определении его расхода по ГОСТ 10070-74 [11].

Исследуемые образцы являются мелованной бумагой, содержащей крахмал, из-за этого конечную точку титрования определить трудно, поэтому вычисление числа Каппа проводится не количественно, а качественно по изменению окраски реакционной смеси от темно-коричневого до обесцвеченного. Результаты определения числа Каппа имеют значение менее 3, что соответствует требованиям стандарта (менее 5).

Водородный показатель (рН) характеризует активную кислотность (щелочность) бумаги. Значение рН является важным показателем, который характеризует прочностные характеристики и долговечность бумаги. В бумаге с течением времени происходят окислительные процессы, которые неблагоприятным образом влияют на ее свойства, повышая кислотность. Кислота образуется в результате адсорбции газов из воздуха (оксидов серы, азота и др.), является продуктами химических превращений целлюлозы и жизнедеятельности микроорганизмов.

Значение рН водной вытяжки при холодном экстрагировании проводили методом ионометрии по ГОСТ 12523-77 [7, 12]. Результаты рН в пробах бумаг для документов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения значений рН в исследуемых образцах (n=10, P=0,95)

№	Название образца	Водородный показатель, единиц рН	
		Определено	Требования ГОСТ Р ИСО 9706
1	Снегурочка	9,55 ± 0,05	7,5...10,0
2	SvetoCopy	9,75 ± 0,05	
3	Комус Документ	9,65 ± 0,05	
4	IQAllround	9,82 ± 0,05	
5	KYMLuxBusiness	9,93 ± 0,05	

Согласно ГОСТ Р ИСО 9706 значение рН водной вытяжки бумаги при холодном экстрагировании должно быть в пределах 7,5...10,0 единиц рН. Все образцы исследуемых марок бумаг для документов соответствуют нормативным требованиям стандарта.

Таким образом, в целях дальнейшего совершенствования управления качеством решена задача контроля показателей, характеризующих долговечность бумаги для документов. Проведенный анализ образцов бумаги Снегурочка, SvetoCopy, Комус Документ, IQAllround, KYMLuxBusiness свидетельствуют о соответствии требованиям долговечности, установленным в ГОСТ Р ИСО 9706-2000, предъявляемым к бумаге длительного срока использования.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартиформ, 2015, 24 с.
2. Хунузиди Е.И., Нуждин Г.А. Управление качеством на инструментальном предприятии: справочник // Инженерный журнал с приложением. 2016. №11. С. 40 – 44.
3. Анисимова М.А., Благовещенский Д.И., Нуждин Г.А. Метрологическое обеспечение производства оборудования неразрушающего контроля// Контроль. Диагностика. 2017. №7. С. 50 – 55.
4. Нуждин Г.А., Самошкин Ю.А., Введенский В.Ю. Контроль качества и рисков в производстве оборудования неразрушающего контроля// Контроль. Диагностика. 2016. №11. С. 50 – 54.
5. ГОСТ 2.501-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила учета и хранения. М.: Стандартиформ, 2014.
6. ГОСТ Р ИСО 9706-2000 Информация документная. Бумага для документов. Требования к долговечности и методам испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
7. Муравьева И.В., Благовещенский Д.И. Метрологическое обеспечение определения водородного показателя // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 12. С.37–41.
8. ГОСТ 32546-2013 (ISO 186:2002) Бумага и картон. Отбор проб для определения среднего качества. М.: Стандартиформ, 2014.
9. ГОСТ Р ИСО 10716-2000 Бумага и картон. Метод определения щелочного резерва. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2000.
10. Контроль содержания хлора в пылеобразных отходах при производстве ферроникеля / Г.И.Бибешко, И.В.Муравьева, Т.А.Чемлева, В.А.Филичкина//Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. № 2. С. 21-25.
11. ГОСТ 10070–74. Целлюлоза и полуцеллюлоза. Метод определения числа Каппа. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2000.
12. ГОСТ 12523–77. Целлюлоза, бумага и картон. Метод определения величины рН водной вытяжки. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1999.

Муравьева Ирина Валентиновна, канд. техн. наук, доцент, iravm@bk.ru, Россия, Москва, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»),

Благовещенский Дмитрий Иванович, канд. техн. наук, доцент, iravm@bk.ru, Россия, Тула, Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Тульской области (ФБУ «Тульский ЦСМ»)

PRODUCT QUALITY MANAGEMENT

I.V. Murav'eva, D.I. Blagoveshchenskiy

Product quality management questions according to GOST R ISO 9001 are considered. Requirements to documentary information on paper are regulated in this standard. The quality indicators characterizing durability of paper for documentary information are analysed: an alkaline reserve, number the Kappa (content of the oxidized substances) and value pH. Five samples of paper of long storage are investigated: Svetocopy (International Paper producer), Komus Document (Komus producer), KYM Lux Business (UPM producer), Snow Maiden and IQ Allround (Mondi producer). For the optimum conditions choice of an alkaline reserve definition used an experiment planning and mathematical modeling. The studied paper samples conform to the requirements established in GOST R ISO 9706-2000, shown to long term of use paper.

Key words: product quality management, documentary information, paper for documents, durability of paper, quality, test methods, an experiment planning and mathematical modeling, an ionometriya, an alkaline reserve, number the Kappa, a hydrogen indicator (pH).

Murav'eva Irina Valentinovna, candidate of technical sciences, docent, iravm@bk.ru, Russia, Moscow, Federal State Autonomous Educational Institution of the Higher Education "National University of Science and Technology "MISIS",

Blagoveshchenskiy Dmitriy Ivanovich, candidate of technical sciences, docent, iravm@bk.ru, Russia, Tula, Federal Budgetary Institution "The State Regional Center of Standardization, Metrology and Tests in Tula Region"