

УДК 676.038.22

Я. В. Касперович, магистрант (БГТУ);**Н. В. Жолнерович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ
КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БУМАЖНЫХ МАСС
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТАРОУПАКОВОЧНЫХ ВИДОВ БУМАГИ**

Статья посвящена изучению влияния композиционного состава бумажных масс на свойства бумаги из макулатуры. С применением метода математического планирования и решения задачи оптимизации установлено оптимальное содержание проклеивающего вещества и катионного крахмала в композиции бумажной массы, составляющее соответственно 0,109 и 0,5% от а. с. в. Показано, что для достижения требуемых значений разрывной длины 3700 м, поглощения энергии при разрыве 34,2 кДж/м², пухлости 2,39 см³/г и удлинения 1,6 мм степень помола бумажной массы должна составлять 45°ШР.

The paper deals with the study of paper pulp composition influence on properties of paper based on waste paper raw materials. Application of the method of mathematical planning and solution of optimization tasks helped to establish the optimum contents of a sizing agent and cationic starch in the paper pulp composition, comprising 0.109 and 0.5% of a.d.s. respectively. It is shown that the degree of paper pulp beating should be 45°ШР in order to achieve the required values of breaking length 3700 m, energy absorption at break 34.2 kJ/m², bulk 2.39 sm³/g and elongation 1.6 mm.

Введение. Развивающиеся технологии целлюлозно-бумажных производств играют важную роль в снижении удельной ресурсоемкости технологических процессов, улучшении свойств получаемых материалов и особенно в повышении прочностных свойств бумаги и картона.

Можно отметить некоторые известные способы повышения прочностных характеристик бумажной продукции: повышение прочности связей; улучшение формования полотна; применение химических продуктов, имеющих в составе молекулы активные группы с высокой энергией связеобразования; оптимизация размола, поскольку кроме химикатов есть главные компоненты массы: волокно и вода, где волокно не только за счет коллоидных взаимодействий и химических связей, но и за счет механических переплетений создает прочное полотно.

Однако следует упомянуть о том, что производство бумаги и картона немислимо без использования натуральных и синтетических химических продуктов неорганического и органического происхождения, без адаптированной к конкретным условиям химической технологии, решающей задачи повышения производительности бумагоделательных машин и качества продукции, экономии полуфабрикатов и свежей воды, энергоресурсов, задачи экологической безопасности.

Ранее было установлено [1], что изменение композиционного состава бумажной массы приводит к изменению как структурно-механических, так и прочностных свойств изготовленных образцов бумаги. Так, при содержании в композиции проклеивающего вещества для образцов бумаги характерна меньшая пухлость, что, вероятно, связано с использованием крахмала в

композиции бумаги, который обеспечивает ряду с повышением удержания проклеивающего вещества в структуре бумаги удержание связывание мелких волокон, содержание которых возрастает с увеличением степени помола.

Важно отметить, что использование в композиции бумажной массы химикатов для гидрофобизации в сочетании с крахмалом приводит к повышению показателя поглощение энергии при разрыве, характеризующего косвенно изменение количества межволоконных сил связи в бумаге. Одновременно с этим возрастает жесткость исследуемых образцов. Более высокие значения показателя наблюдаются у образцов, содержащих в композиции проклеивающее вещество в сочетании с крахмалом.

Таким образом, на качество изготавливаемой бумажной продукции влияет ряд факторов, оперативное управление и контроль которых позволит получить конкурентноспособную на мировом рынке продукцию с требуемым комплексом структурных и физико-механических свойств.

Основная часть. Целью настоящей работы являлось исследование композиционного состава бумажных масс и оптимизация основных факторов (степени помола бумажной массы и расходов вспомогательных химических веществ) изготовления тароупаковочных видов бумаги из макулатурного сырья с требуемым комплексом структурных и физико-механических свойств.

В качестве исходного волокнистого сырья для изготовления образцов бумаги применяли макулатуру смешанную марок МС-6Б, МС-13В (ГОСТ 10700–97). Проклейку бумажной массы осуществляли эмульсией на основе димеров ал-

килкетена (АКД) («Ультрасайз-200» ТУ 2499-004-70048729-07) в сочетании с катионным крахмалом («Hi-Cat» ТУ 9187-002-96457359-07).

Для определения оптимальных параметров процесса изготовления образцов бумаги использовали математическое планирование эксперимента с реализацией плана Коно [2].

В композиции бумажной массы варьировали расход катионного крахмала (X1), расход проклеивающего вещества (X2) и степень помола бумажной массы (X3).

Выбранные факторы измеряемы с достаточной точностью, управляемы и однозначны, совместимы одни с другими и не связаны между собой линейными корреляционными связями. Условия проведения эксперимента отображены в табл. 1.

Таблица 1

Условия проведения эксперимента

Факторы варьирования	Уровни варьирования		
	1	2	3
X1	0,5	0,6	0,7
X2	0,08	0,10	0,12
X3	35	40	45

В качестве критериев оптимизации были выбраны следующие показатели, комплексно характеризующие качество изготавливаемой бумажной продукции: пухлость, см³/г (Y1); удлинение, мм (Y2); разрывная длина, км (Y3); поглощение энергии при разрыве, Дж/м² (TEA)

(Y4); впитываемость при одностороннем смачивании, г/м² (ВПИТ) (Y5). Дополнительно были определены модуль Юнга, ГПа (Y6), и жесткость при разрыве, кН/м (Y7).

Результаты испытаний изготовленных образцов бумаги представлены в табл. 2.

На основании полученных экспериментальных данных с использованием пакета MS Excel были рассчитаны коэффициенты полиномиальных уравнений второго порядка, описывающих изменение показателей Y1–Y5 в зависимости от факторов процесса X1–X3. Адекватность полученных математических моделей оценивалась по критерию Фишера [2]. Для анализа полученных результатов были построены трехмерные диаграммы, представляющие собой графические зависимости показателей качества (пухлости, разрывной длины, поглощения энергии при разрыве) изготовленных образцов бумаги от расходов проклеивающего вещества и катионного крахмала при фиксированных значениях степени помола бумажной массы (35, 40 и 45°ШР), представленные на рис. 1–3.

Как видно из рис. 1, максимум значений пухлости образцов бумаги (2,40–2,70 см³/г) наблюдается при расходах катионного крахмала и проклеивающего вещества 0,1 и 0,6% от а. с. в. соответственно во всем диапазоне варьирования степени помола бумажной массы. Однако наибольшими значениями пухлости обладают образцы бумаги, изготовленные из бумажной массы со степенью помола 35°ШР.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов бумаги

Номер опыта	Y1, см ³ /г	Y2, мм	Y3, км	Y4, Дж/м	Y5, г/м ²	Y6, ГПа	Y7, кН/м
1	2,677	1,17	2,44	14,78	57,68	1,548	305,0
2	2,402	1,47	3,80	29,66	67,35	2,242	410,0
3	2,374	1,26	2,84	18,53	73,39	1,893	344,4
4	2,541	1,54	2,92	23,95	70,40	1,740	325,6
5	2,492	1,54	3,55	28,93	67,06	2,075	382,4
6	2,689	1,22	2,46	15,49	73,92	1,511	298,4
7	2,686	1,15	2,35	13,90	58,27	1,454	289,9
8	2,551	1,45	2,79	21,60	30,30	1,782	326,1
9	2,406	1,61	3,69	31,63	42,81	2,226	393,8
10	2,697	1,25	2,53	16,70	50,15	1,565	307,2
11	2,654	1,22	2,45	15,27	28,63	1,456	288,0
12	2,381	1,66	3,55	31,55	45,95	2,097	368,5
13	2,583	1,35	2,86	20,46	35,53	1,787	339,4
14	2,421	1,44	3,12	23,86	48,35	1,995	361,2
15	2,165	1,64	3,92	34,27	28,89	2,507	409,9
16	2,439	1,36	2,81	19,95	26,74	1,837	332,4
17	2,634	1,32	2,39	17,22	26,87	1,466	290,3
18	2,635	1,20	2,57	16,12	23,90	1,621	327,6
19	2,541	1,35	2,88	20,26	34,58	1,783	339,7
20	2,421	1,57	3,63	30,33	26,74	2,168	394,1
21	2,251	1,53	3,67	29,85	57,23	2,279	398,1

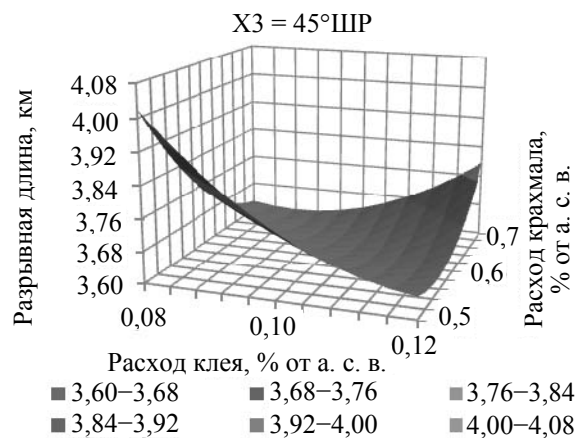
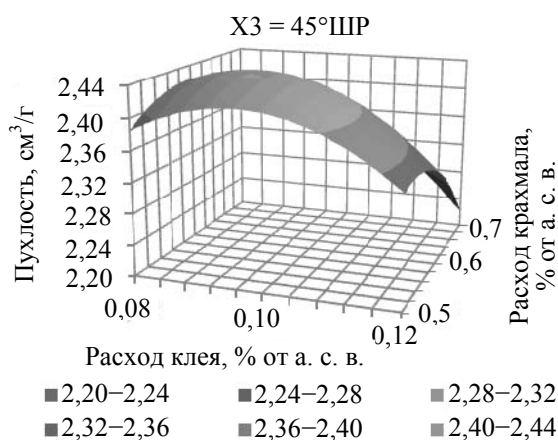
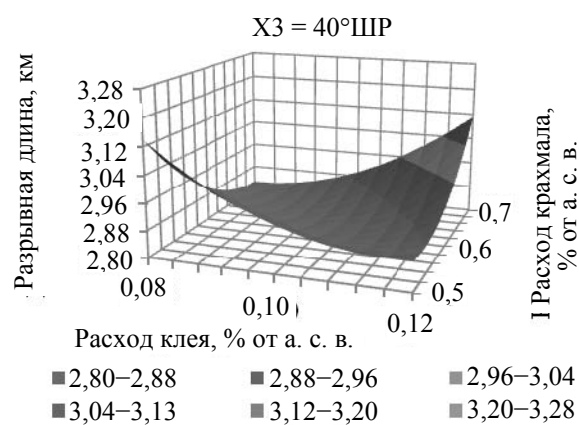
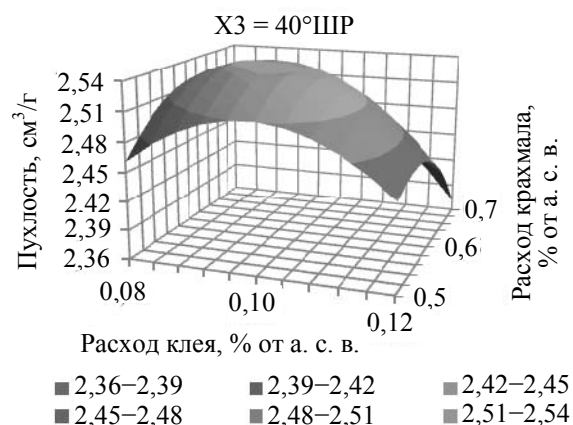
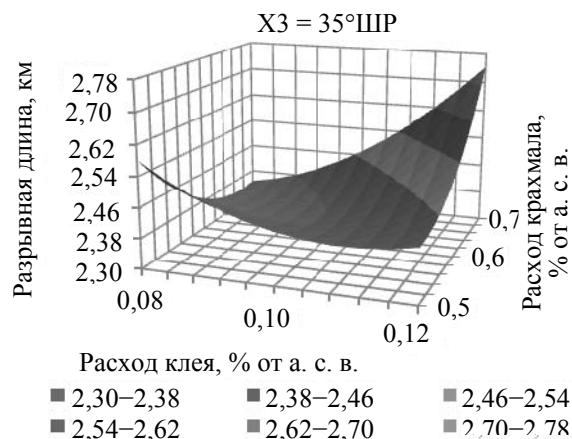
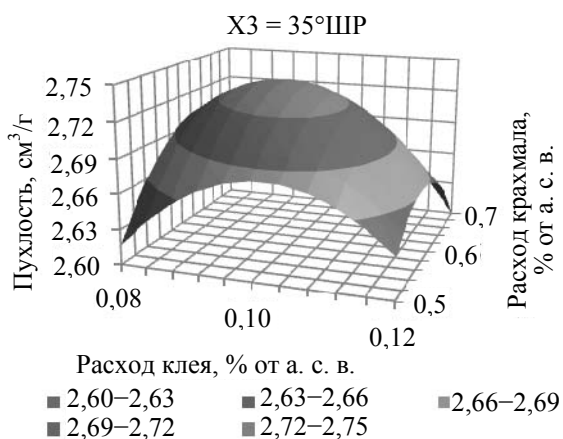


Рис. 1. Зависимость пухлости образцов бумаги от расхода проклеивающего вещества и катионного крахмала при фиксированных значениях степени помола бумажной массы (35; 40; 45°ШР)

Сравнительно высокие значения пухлости образцов бумаги при степени помола массы 35°ШР связаны с наличием большего количества длиноволокнистой фракции и менее плотной их упаковки в структуре бумажного листа [1].

Существенное повышение разрывной длины наблюдается при увеличении степени помола бумажной массы из макулатуры от 35 до 45°ШР (рис. 2). Это обусловлено большим фибриллированием волокон, достигаемым в процессе размо-

Рис. 2. Зависимость разрывной длины образцов бумаги от расхода проклеивающего вещества и катионного крахмала при фиксированных значениях степени помола бумажной массы (35; 40; 45°ШР)

ла. Причем увеличение расхода катионного крахмал с одновременным снижением расхода проклеивающего вещества способствует повышению прочности изготовленных образцов бумаги.

Как видно из рис. 3, наибольшие значения поглощения энергии при разрыве образцов наблюдаются при наименьшем расходе проклеивающего вещества и наибольшем расходе катионного крахмала в композиции бумажной массы при ее степени помола 45°ШР.

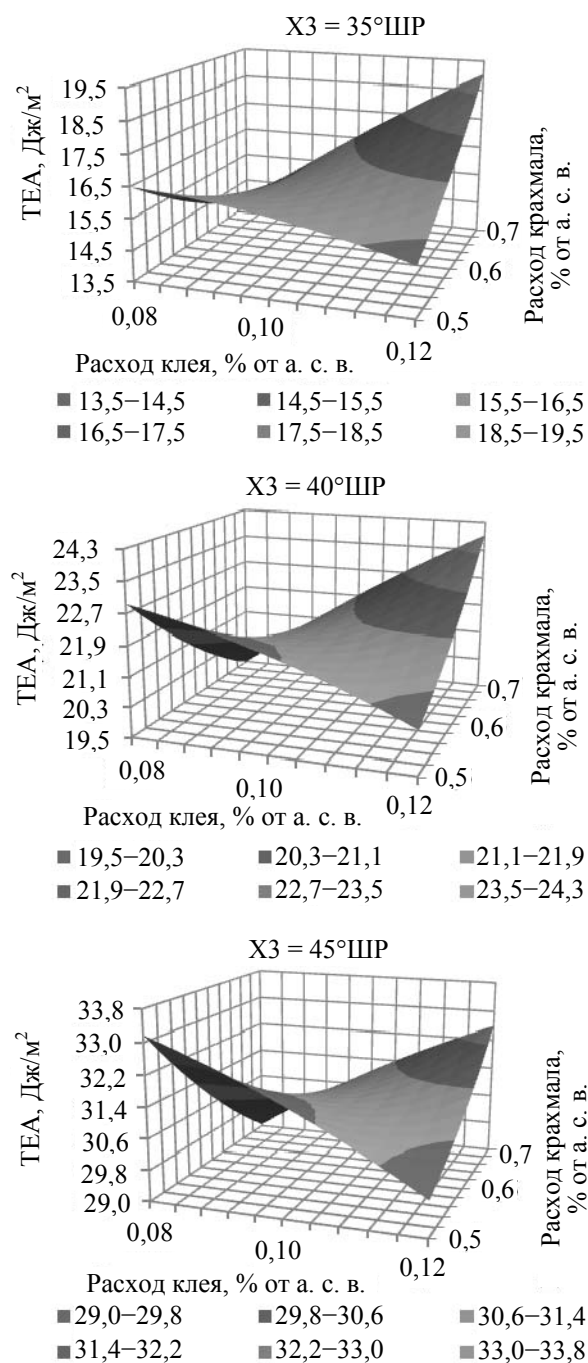


Рис. 3. Зависимость поглощения энергии при разрыве изготовленных образцов бумаги от расхода проклеивающего вещества и катионного крахмала при фиксированных значениях степени помола бумажной массы (35, 40, 45°ШР)

При данной степени помола бумажной массы увеличение расхода проклеивающего вещества с одновременным увеличением расхода катионного крахмала способствует повышению удлинения образцов бумаги. Однако следует отметить, что, учитывая гидрофильность катионного крахмала, наилучшая впитываемость при одностороннем смачивании наблюдается в области меньших расходов катионного крахмала.

Математической обработкой полученных экспериментальных данных путем расчета обобщенного критерия оптимизации были определены оптимальные расходные и режимные параметры составления композиции бумажной массы для изготовления тароупаковочных видов бумаги.

Заключение. Установлено оптимальное содержание катионного крахмала (0,5% от а. с. в.) и проклеивающего вещества на основе АКД (0,109% от а. с. в.) в композиции бумажной массы со степенью помола 45°ШР. При этом расчетное значение разрывной длины составит 3700 м, поглощения энергии при разрыве 34,2 кДж/м², пухлости 2,39 г/м², удлинения 1,6 мм.

Таким образом, полученные результаты позволяют научно обосновать и расширить представления о формировании структурно-механических свойств бумаги в процессе ее производства и могут найти применение при выборе технологических параметров, оборудования и исходного сырья с целью управления качеством продукции.

Литература

1. Касперович, Я. В. Особенности использования макулатурного сырья в композиции тароупаковочных видов бумаги / Я. В. Касперович, Н. В. Жолнерович // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы конф., Минск, 22–23 нояб. 2012 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2012. – С. 198–202.

2. Пен, Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства / Р. З. Пен. – Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1982. – 192 с.

Поступила 05.03.2013