

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОКЛЕЙКУ БУМАГИ ФЕРМЕНТИРОВАННЫМ КРАХМАЛОМ В КЛЕИЛЬНОМ ПРЕССЕ

In present clause results of researches on influence of distribution of starch are resulted at superficial sizing on properties of a paper. Defined distribution of starch after thickness ( $z$ -direction) and on a surface of a leaf of a paper. During experiment used suspensions of starch of various concentration and viscosity. Viscosity of suspensions changed by modifying starch enzyme. It is shown, that during superficial sizing papers distribution of starch depends on concentration and viscosity of its suspensions. Distribution of starch renders essential influence on its quantity, put at superficial sizing, and also on properties of a paper. Formation of properties of a paper influences, both quantity of starch, and its distribution.

**Введение.** Под поверхностной проклейкой обычно подразумевается покрытие бумаги связующим веществом с целью увеличения сил связи между образующими ее волокнами, повышения прочности бумаги [1]. Поверхностной проклейке подвергается полотно, проклеенное, как правило, в массе, что делает бумажное полотно более прочным и позволяет проходить ему без разрушения через водные растворы клеевой ванны или клеильного пресса [2]. Поверхностная проклейка бумаги заключается в нанесении на нее связующих веществ с целью улучшения качества поверхности, увеличения сил связи между образующими ее волокнами и вследствие этого повышения прочности полотна. Цель поверхностной проклейки состоит в том, чтобы обеспечить сопротивление проникновению жидкостей в бумагу и улучшить поверхностные и физико-механические свойства. В результате поверхностной проклейки можно значительно снизить деформацию бумаги, придать ей прочность и влагостойкость, сделать бумагу эластичной и устойчивой к истиранию. При этом полностью устраняются такие дефекты бумаги, как пылимость и выщипывание волокон с поверхности листа. Поверхностная обработка бумаги обеспечивает значительную экономию целлюлозных волокон за счет увеличения содержания наполнителя в композиции бумажной массы при одновременном уменьшении пылимости бумаги [3].

Поверхностной проклейкой нужно управлять, чтобы знать, что бумажное полотно поглощает желательное количество добавок полимера однородно на поверхности и в толще бумаги.

Поверхностная проклейка – это один из наиболее управляемых процессов при производстве бумаги, поскольку возможно регулировать степень проникновения и распределения между взаимопроникающими сетками проклеивающей композиции и волокон поверхностного слоя бумаги [4].

Распределение крахмала играет важную роль в свойствах поверхности бумаги и позволяет понимать важность изменения параметров проклейки – вязкости и концентрации растворов крахмала.

**Основная часть.** Цель исследования заключалась в том, чтобы оценить распределение крахмала при изменении его концентрации и вязкости в процессе поверхностной проклейки бумаги. При этом определяли проникновение в  $z$ -направлении (по толщине бумаги) и заполнение поверхности бумаги крахмалом.

Для снижения вязкости суспензий крахмала до нужной величины использовали обработку ферментным препаратом, представляющим собой  $\alpha$ -амилазу. В лабораторных условиях полученные модифицированные крахмалы наносили на поверхность бумаги основы без поверхностной проклейки, изготовленной в производственных условиях. В результате получали образцы бумаги массой  $1 \text{ м}^2 80_{-2}^{+3}$  г. Толщина образцов бумаги составила 100 мкм.

В ходе эксперимента варьировали концентрацию и вязкость суспензий крахмалов, наносимых на поверхность бумаги. Варианты составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Варианты составов для поверхностной проклейки бумаги

№ варианта	Концентрация ферментированного крахмала, %	Время истечения по ВЗ-4, с
1	2,2	12
2	2,3	14,5
3	2,2	16
4	3,7	12
5	3,9	14
6	4,2	16
7	5,8	13
8	5,6	15
9	5,8	17

Испытания образцов бумаги с поверхностной проклейкой проводили в соответствии с ГОСТ 12605–97, ГОСТ 13525.14–77, ГОСТ 13525.1–79, ГОСТ 13525.2–80, ГОСТ 13525.2–80, ГОСТ 13525.3–97, ГОСТ 30115–95. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

## Физико-механические показатели бумаги

Показатель	№ образца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Привес, кг/т	17,8	17,4	15,2	30,7	26,5	24,5	26,1	22,3	20,9
Усилие при разрыве, Н в машинном направлении	55	60	55	79	75	60	72	72	64
	27	40	28	41	27	40	42	39	36
Впитываемость при одностороннем смачивании (Кобб 30), г/м <sup>2</sup>	16	17	18	17	18	20	18	20	22
Сопротивление излому, ч. д. п.	48/44	36/29	40/32	172/160	152/147	48/44	202/181	127/109	58/41
Сопротивление раздиранию, мН	480	440	440	700	480	480	640	540	520
Гладкость, с	33	38	35	35	43	47	46	52	58
Степень проклейки, мм	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Воздухопроницаемость, мл	420	400	460	320	420	300	350	390	260

Как видно из табл. 2, увеличение концентрации крахмала от 2 до 4% приводит к росту показателей усилия при разрыве, сопротивления излому, сопротивления раздиранию, воздухопроницаемости. Дальнейшее увеличение концентрации от 4 до 6% приводит к уменьшению этих показателей. Впитываемость при одностороннем смачивании с увеличением концентрации крахмала возрастает. Гладкость бумаги увеличивается с ростом концентрации.

Увеличение вязкости крахмала приводит к уменьшению усилия при разрыве, сопротивления излому, сопротивления раздиранию. Воздухопроницаемость сначала увеличивается, а потом падает. Гладкость бумаги растет с увеличением вязкости. Показатель впитываемости при одностороннем смачивании возрастает с увеличением вязкости.

Такое изменение показателей (изменение воздухопроницаемости, увеличение гладкости, резкое падение сопротивления изгибу и увеличение впитываемости при одностороннем смачивании) невозможно объяснить только количеством нанесенного на поверхность бумаги крахмала, поэтому нами была предпринята попытка оценить распределение крахмала при изменении его концентрации и вязкости в процессе поверхностной проклейки бумаги. С этой целью определяли проникнове-

ние крахмала в  $z$ -направлении (по толщине бумаги) и заполнение поверхности бумаги крахмалом.

Для определения распределения крахмала в бумаге был использован метод сканирующей электронной микроскопии. При этом была реализована способность крахмала к избирательному образованию с йодом окрашенного комплексного соединения. Для оценки распределения крахмала в  $z$ -направлении образцы бумаги размером 10×30 мм погружали в раствор йода (1 г/л J<sub>2</sub> + 10 г/л KJ) на 10 мин, затем в дистиллированную воду также на 10 мин, чтобы удалить несвязанный йод из бумаги. После высыхания образцы погружали в расплавленный парафин и после его полного застывания делали срез. Поперечные срезы бумаги, подвергнутой поверхностной проклейке, были сканированы при помощи электронного микроскопа с использованием возможности элементного анализа. В результате были получены бинарные изображения, элементы которых образованы пикселями, соответствующими элементу I. Обработка изображений проводилась с использованием функции «Гистограмма» программы PhotoShop. Определяли долю пикселей на изображении, соответствующих элементу I, а следовательно, и крахмалу (рис. 1). При этом выполнялся анализ для пяти уровней сечения – 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 мкм.

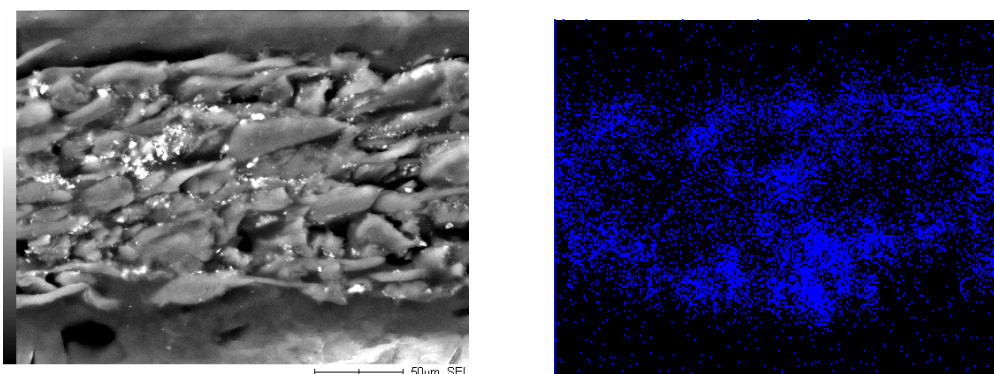
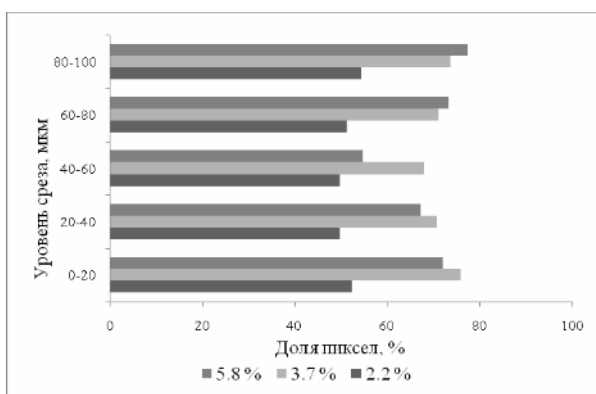
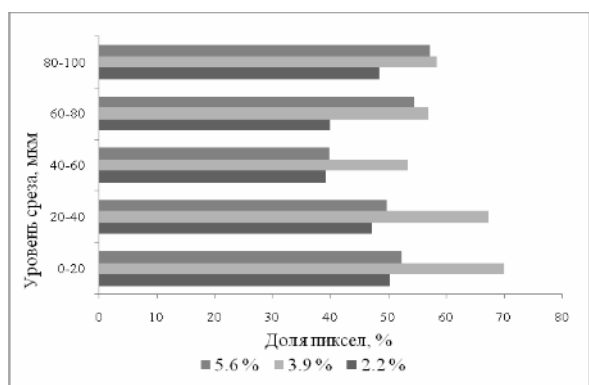


Рис 1. Электронная микрофотография и сканограмма поперечного среза бумаги

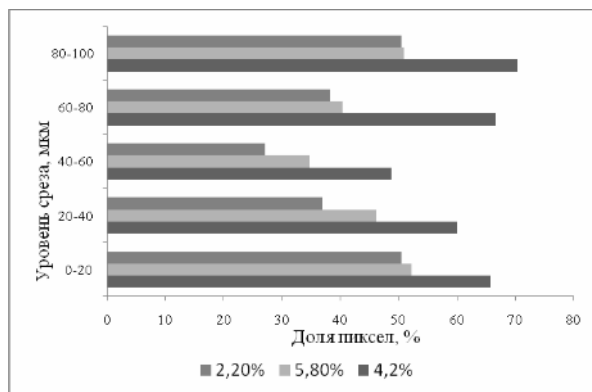
Зависимость распределения крахмала в  $z$ -направлении от концентрации крахмала при различной вязкости представлена на рис. 2.



*a*



*б*



*в*

Рис. 2. Распределение крахмала в  $z$ -направлении в зависимости от концентрации при различном времени истечения по ВЗ-4: *a* – 12–13 с; *б* – 14–15 с; *в* – 16–17 с

Как видно из рис. 2, при небольшом времени истечения (12–13 с) увеличение концентрации крахмала до 4% приводит к повышению его содержания в бумаге. Дальнейшее увеличение концентрации до 6% ведет к некоторому снижению привеса за счет более неравномерного распределения крахмала в  $z$ -направлении (на уровне среза 40–60 мкм его содержание значительно ниже). С ростом концентрации наблюдается увеличение неравномерности распределения крахмала в  $z$ -направлении. Так, при концентрации 2% разница в содержании крахмала между уровнями среза 80–100 (0–20) и 40–60 мкм составляет 2,58–4,71%, а при концентрации 6% – 17,31–22,55%. Увеличение времени истечения крахмала по ВЗ-4 до 16–17 с заметно снижает содержание крахмала на всех уровнях среза бумаги. При всех концентрациях крахмал распределен неравномерно – его содержание уменьшается по мере увеличения глубины проникновения. Максимальное содержание крахмала наблюдается при его концентрации 4%. Это можно объяснить тем, что при этой концентрации крахмала наносится больше (по сравнению с 2,3%), и молекулы крахмала не закрывают поры бумаги, что возможно для крахмала более высокой концентрации.

Для определения заполнения поверхности бумаги крахмалом образцы бумаги формата А<sub>4</sub> обрабатывали описанным выше способом. Поверхность бумаги, подвергнутая поверхностной проклейке и обработанная йодом, была сканирована и обработана с использованием программы Photoshop. На каждом изображении определяли долю пикселей, т. е. заполнение площади поверхности образца крахмалом, которое характеризует образование пленки на поверхности бумаги.

Зависимость пленкообразующей способности крахмала от концентрации и вязкости крахмала представлена в табл. 3.

Как видно из таблицы, рост концентрации и вязкости крахмала приводит к увеличению заполнения площади поверхности образца крахмалом. Исключение составляет 2%-ный крахмал. При увеличении вязкости до 16 с площадь заполнения поверхности уменьшается.

Таблица 3

**Зависимость пленкообразующей способности крахмала от концентрации и вязкости его суспензий**

Показатель	Время истечения суспензии крахмала, с, при концентрации								
	2%			4%			6%		
	12	14,5	16	12	14	16	13	15	17
Заполнение площади поверхности образца крахмалом, %	9,28	14,36	9,12	23,67	65,97	94,73	78,41	96,84	97,13

Анализируя данные по свойствам бумаги и данным табл. 3, можно сказать, что сопротивление излому падает с увеличением площади заполнения поверхности бумаги крахмалом. Это можно объяснить образованием жесткой хрупкой пленки на поверхности бумаги.

Впитываемость при одностороннем смачивании повышается с увеличением площади заполнения бумаги крахмалом, что можно объяснить хорошей впитывающей способностью крахмального покрытия.

На показатель воздухопроницаемости оказывает влияние как количество нанесенного крахмала, так и степень его покрытия поверхности бумаги. Этот показатель падает с увеличением привеса и площади заполнения бумаги крахмалом. Гладкость бумаги увеличивается с увеличением площади заполнения бумаги крахмалом.

**Заключение.** Можно сделать вывод, что в формировании свойств бумаги с поверхностной проклейкой оказывает влияние не только количество нанесенного на ее поверхность крахмала, но и его распределение, которое можно регулировать вязкостью и концентрацией крахмальных суспензий, используемых для обработки бумаги.

#### Литература

1. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 695 с.
2. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 680 с.
3. Лосев, П. П. Обработка бумаги и картона в клеильном прессе / П. П. Лосев. – М.: Бумага и целлюлоза, 1960. – 36 с.
4. Starch penetration into paper in a size press / M. Shirazi [et al.] // J. Dispers. Sci. and Technol. – 2004. – № 4. – P. 457–468.