



УДК 676.15(031+032)

ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ВИДОВ БУМАГИ

© Н. С. Астратов, к.т.н., доцент, С. Г. Бондаренко, к.т.н.,
доцент, О. М. Мовчанюк, к.т.н., доцент, Т. Д. Филипчак,
НТУУ «КПИ», Киев, Украина

**Приведені результати порівняльних досліджень
властивостей фільтрацій сульфатної біленої целюлози
з хвойної деревини і сульфатної біленої целюлози з суміші
листяних порід деревини у виробництві паперу.**

**Given are the results of comparative studies of filtrations proper-
ties of the sulfate bleached cellulose pulp are resulted from
coniferous wood and sulfate bleached cellulose pulp from mix-
ture of leafy breeds of wood in the production of paper.**

Постановка проблемы

Для производства бумаги различных сортов в качестве исходного материала обычно используется какое-либо древесное волокно. Свойства готовой бумаги зависят от породы используемой древесины, способа обработки щепы, типа добавляемых химикатов, а также типа оборудования, на котором делается бумага.

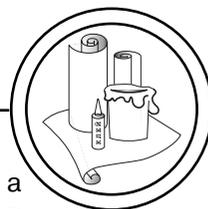
Высококачественная бумага делается из хвойных пород древесины, лиственных пород, а также смеси волокон хвойных и лиственных пород, с добавлением наполнителей и различных химических добавок [1].

Распространенная технология производства высококачественных бумаг и картонов требует неперемennого присутствия в сырьевой смеси хвойной целлюлозы, обладающей более длинными и прочными волокнами и придающей необходимые

качества готовой продукции. Но этот фактор не относится к числу неизменных. Так в 1990-е годы в мире преобладали мощности по производству хвойной целлюлозы. В настоящее время выпуск лиственной и хвойной целлюлозы сбалансирован. Внедрение современных технологий в производство бумаг позволит и далее смещать баланс в пользу лиственной целлюлозы как более экономичного сырья. Да и возрастающий дефицит полуфабрикатов из хвойной древесины также ориентирует производителей бумаги на преимущественное использование лиственных пород древесины.

При производстве бумаги и картона большое значение имеют как ограничение (степень белизны) и прочностные свойства волокнистой массы, так и скорость ее обезвоживания при отливе бумаги и картона [2]. Последний показатель характеризуется сте-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



пенью помола массы, которая зависит от композиционного состава картонно-бумажной продукции.

Учитывая, что целлюлоза из древесины лиственных пород отличается от целлюлозы из древесины хвойных пород химическим составом, морфологическим строением и физическими свойствами, использование ее при производстве бумаги вызывает необходимость изменения технологического процесса с учетом бумагообразующих свойств, которые по отношению к процессу отлива характеризуются показателем обезвоживания. В связи с этим необходимо проведение сравнительных исследований по фильтрации суспензий белой целлюлозы из хвойной и лиственной древесины для подбора режимов размола и отлива таким образом, чтобы это не привело к снижению качества получаемой бумаги (картона) и производительности бумаго- и картоноделательных машин.

Цель работы

Исследование процесса фильтрации суспензий сульфатной белой целлюлозы из хвойной древесины, сульфатной белой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины и суспензий, состоящих из композиционной смеси указанных целлюлоз, определение фильтрационных свойств суспензий и их сравнительный анализ. Полученные данные позволят оценить режимы размола и отлива при использовании целлюлозы из лиственной древесины и композиционных смесей хвойной и лиственных цел-

люлоз в производстве бумаги, а также будут использованы в расчетах процесса формования.

Результаты проведенных исследований

При проведении исследований использовали сульфатную белую целлюлозу из хвойной древесины и целлюлозу из смеси лиственных пород древесины, а также композицию из смесей хвойной и лиственных целлюлоз. Размол полуфабрикатов проводили в дисковой мельнице при концентрации массы 3,5 % для хвойной сульфатной белой целлюлозы и 4 % — для сульфатной белой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины. Удельную нагрузку на кромки ножей выбирали исходя из условий получения фибрилирующего размола.

Фильтрацию суспензий проводили на устройстве [2, 3], позволяющем исследовать процесс фильтрации во времени при непрерывном образовании волокнистого слоя на сетке и постоянном давлении фильтрации. В качестве переменных факторов при фильтрации полученных суспензий рассматривали: концентрацию волокнистой суспензии, давление, степень помола массы и композиционный состав волокнистой суспензии.

При исследовании фильтрационных свойств волокнистых суспензий было использовано модифицированное уравнение [2]:

$$W = K_{\text{в}} \frac{\Delta P}{g_{\text{а.с.}}},$$



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця 1

Характеристики неразмолотої целюлози та її фільтраційні властивості при різних тисках фільтрації

| Целюлоза | Длина волокна, мм | Содержание гемицеллюлоз, % | Давление фильтрации, Па | | |
|---|-------------------|----------------------------|---|------|------|
| | | | 1000 | 3000 | 5000 |
| | | | Скорость фильтрации, м/с·10 ⁻² | | |
| Сульфатная белая из хвойной древесины | 2,4 | 6,1 | 0,53 | 0,88 | 1,12 |
| Смешанная сульфатная хвойная и лиственная в соотношении 60/40 | 1,25 | 9,7 | 0,49 | 0,78 | 1,02 |
| Сульфатная белая из смеси лиственных пород древесины | 0,8 | 16,5 | 0,37 | 0,63 | 0,78 |

где — W — скорость фильтрации; ΔP — перепад давлений при фильтрации; K_b — коэффициент фильтрации; $g_{\text{в.с.}}$ — масса слоя площадью 1 м².

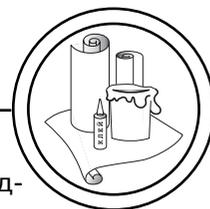
Характеристики исследуемых полуфабрикатов в неразмолотом состоянии и их фильтрационные свойства при различных давлениях фильтрации приведены в табл. 1. Из данных, представленных в табл. 1, следует, что скорости фильтрации суспензий, состоящих из сульфатной белой целлюлозы из хвойной древесины и сульфатной белой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины, довольно существенно отличаются. Их отличие выражается соотношением 1:0,69, в котором за единицу принята скорость фильтрации сульфатной белой целлюлозы из хвойной древесины. Причем, приведенное соотношение справедливо для каждого дав-

ления фильтрации в интервале от 1000 до 5000 Па.

Экспериментальным исследованиям подвергалась и композиционная смесь, содержащая сульфатную белую целлюлозу из хвойной древесины и целлюлозу из смеси лиственных пород древесины в соотношении 60/40. Композиционная смесь с таким соотношением компонентов в настоящее время довольно широко применяется при производстве бумаги, и это соотношение считают наиболее приемлемым для обеспечения качественных показателей бумаги. Как видно из данных, представленных в табл. 1, добавка целлюлозы из смеси лиственных пород к хвойной целлюлозе также приводит к снижению скорости ее фильтрации.

По нашему мнению, снижение скорости фильтрации суспензии сульфатной белой целлюлозы из смеси листвен-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



ных пород древесины объясняется тем, что более тонкие и короткие волокна либриформа образуют слой, в котором количество волокон в единице массы значительно больше, чем волокон хвойной целлюлозы, поэтому проницаемость слоя меньше. Кроме того, высокое содержание гемицеллюлоз, способствующих набуханию и водоудерживанию, также снижает обезвоживание целлюлозы из смеси лиственных пород древесины.

Совершенно по-другому ведет себя целлюлоза после размола. Размол целлюлозы производили на размалывающем комплексе ЛРК-1 [4]. Увеличение степени помола приводит к значительному ухудшению процесса обезвоживания. Скорость фильтрации после размола снижается для всех видов целлюлозы. Данные о фильтрационных свойствах целлюлозы при раз-

личных степенях помола представлены в табл. 2.

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что при степени помола 30 °ШР скорость фильтрации целлюлозы после размола по сравнению с неразмолотой снижается. При этом наблюдается снижение скорости фильтрации для целлюлозы из смеси лиственных пород древесины — в 1,5 раза, для смешанной композиции лиственной и хвойной целлюлоз — в 1,7 раза, а для сульфатной хвойной целлюлозы — в 1,8 раза. А при степени помола 40 °ШР снижение скорости фильтрации составляет соответственно: для целлюлозы из смеси лиственных пород древесины — в 2 раза, для смешанной композиции лиственной и хвойной целлюлоз — в 2,4 раза, и для сульфатной хвойной целлюлозы — в 2,8 раза. Однако при степени помола 60 °ШР

Таблица 2

Характеристика фильтрационных свойств целлюлозы после размола при различных давлениях фильтрации

| Целлюлоза | Степень помола, °ШР | Давление фильтрации, Па | | |
|---|---------------------|---|------|------|
| | | 1000 | 3000 | 5000 |
| | | Скорость фильтрации, м/с·10 ⁻² | | |
| Сульфатная беленая из хвойной древесины | 30 | 0,29 | 0,47 | 0,59 |
| | 40 | 0,22 | 0,24 | 0,38 |
| | 52 | 0,10 | 0,27 | 0,23 |
| | 60 | 0,09 | 0,14 | 0,18 |
| Смешанная сульфатная хвойная и лиственная в соотношении 60/40 | 30 | 0,23 | 0,42 | 0,55 |
| | 39 | 0,20 | 0,31 | 0,38 |
| | 51 | 0,10 | 0,17 | 0,19 |
| | 62 | 0,06 | 0,09 | 0,11 |
| Сульфатная беленая из смеси лиственных пород древесины | 28 | 0,23 | 0,42 | 0,54 |
| | 37 | 0,20 | 0,35 | 0,40 |
| | 47 | 0,14 | 0,23 | 0,30 |
| | 58 | 0,07 | 0,11 | 0,13 |



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

скорость фильтрации сульфатной хвойной целлюлозы еще остается на 20—30 % выше, чем для целлюлозы из смеси лиственных пород древесины. Существенно большее снижение скорости фильтрации у хвойной целлюлозы объясняется тем, что в процессе размола длина волокон хвойной целлюлозы уменьшается на 40 %, тогда как волокон лиственной — только на 10—20 % [5], а чем больше укорочение волокон, тем хуже их обезвоживание. С повышением степени помола снижается также и положительное действие давления фильтрации.

На рис. 1 показано, что чем ниже степень помола целлюлозы, тем больше разница в скорости обезвоживания в зависимости от давления. Эта закономерность является общей для всех видов целлюлозы. При этом полученные экспериментальные зависимости можно описать следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \text{кривая 1} &— W_1 = 59,05 - 1,68X + 0,015X^2; \\ \text{кривая 2} &— W_2 = 106,09 - 2,74X + 0,02X^2; \\ \text{кривая 3} &— W_3 = 118,46 - 2,85X + 0,02X^2. \end{aligned}$$

Здесь W_1 , W_2 , и W_3 соответственно скорости фильтрации при давлениях 1000 Па, 3000 Па и 5000 Па, а X — степень помола, °ШР.

Большое влияние на процесс формирования слоя оказывает концентрация волокнистой суспензии. При увеличении концентрации волокнистой суспензии время формирования слоя одинаковой массы 1 м^2 сокращается (рис. 2). Это происходит потому, что за одно и то же время при большей концентрации откладывается больший слой волокна. При этом повышение концентрации массы в два раза с 1 до 2 г/л снижает скорость фильтрации равнозначно увеличению степени помола примерно на 10 °ШР. Причем разли-

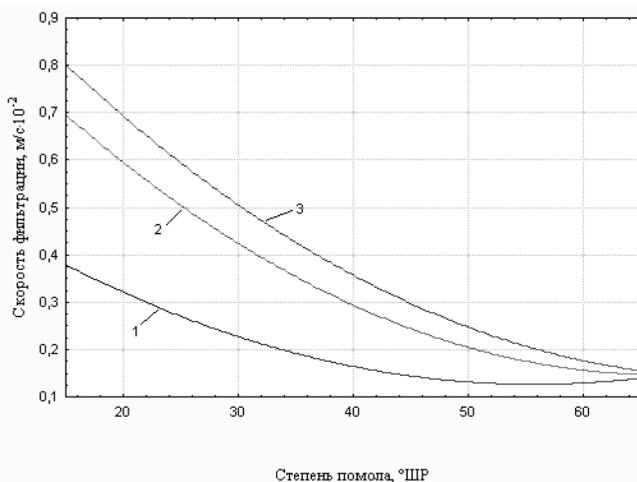


Рис. 1. Зависимость скорости фильтрации сульфатной блененой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины от степени помола и давления фильтрации, Па: 1—1000 Па; 2—3000 Па; 3—5000 Па

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

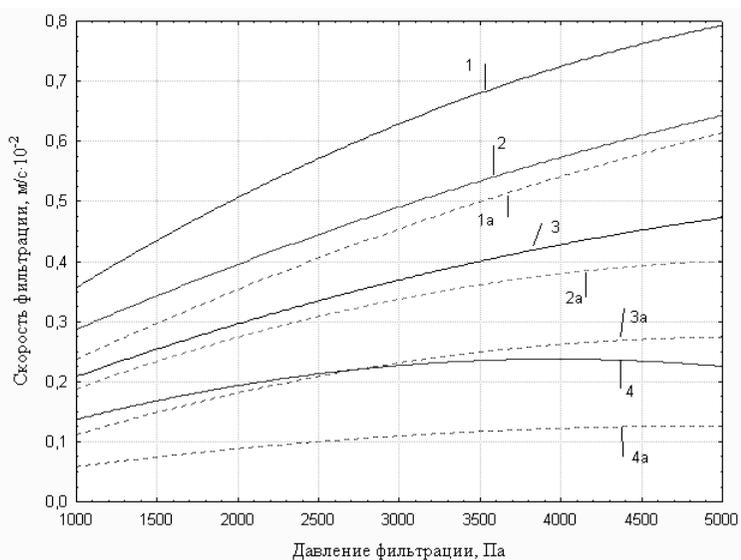
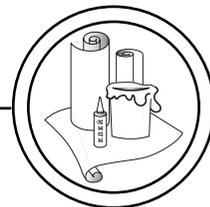


Рис. 2. Зависимость скорости фильтрации сульфатной блененой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины от давления фильтрации при различных степенях помола целлюлозы и при концентрации суспензий 2 и 1 г/л, соответственно: 1, 1, а — 28 °ШР; 2, 2, а — 37 °ШР; 3, 3, а — 47 °ШР; 4, 4, а — 58 °ШР

ца в скорости фильтрации с увеличением концентрации тем больше, чем ниже степень помола (рис. 2). При этом полученные экспериментальные зависимости можно описать следующими уравнениями:

$$\text{кривая 1} — W1 = 18 + 0,019\Delta P - 1,3571E - 6 \Delta P^2;$$

$$\text{кривая 1a} — W2 = 10,8 + 0,014\Delta P - 7,1429E - 7\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 2} — W1a = 16,6 + 0,013\Delta P - 6,4286E - 7\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 2a} — W3 = 8,2 + 0,012\Delta P - 1,0714E - 6\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 3} — W2a = 10,7 + 0,011\Delta P - 7,1429E - 7\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 3a} — W3a = 2,3 + 9,8357E - 3\Delta P - 9,6429E - 7\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 4} — W4 = 5,8 + 9,06E - 3\Delta P - 1,1429E - 6\Delta P^2;$$

$$\text{кривая 4a} — W4a = 2 + 4,3E - 3\Delta P - 4,2857E - 7\Delta P^2.$$

Здесь $W1, W1a, W2, W2a, W3, W3a, W4$ и $W4a$ соответственно скорости фильтрации при указанных степенях помола и концентрации.

При малой массе слоя (до 40 г/м²) скорость фильтрации в меньшей мере зависит от концентрации массы и степени помола. Однако с увеличением массы 1 м², по мере уплотнения слоя скорость фильтрации значительно снижается (рис. 3).

При этом полученные экспериментальные зависимости можно описать следующими уравнениями:

$$\text{кривая 1} — W1 = 24,2 + 0,032\Delta P - 3,2857E - 6\Delta P^2;$$



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

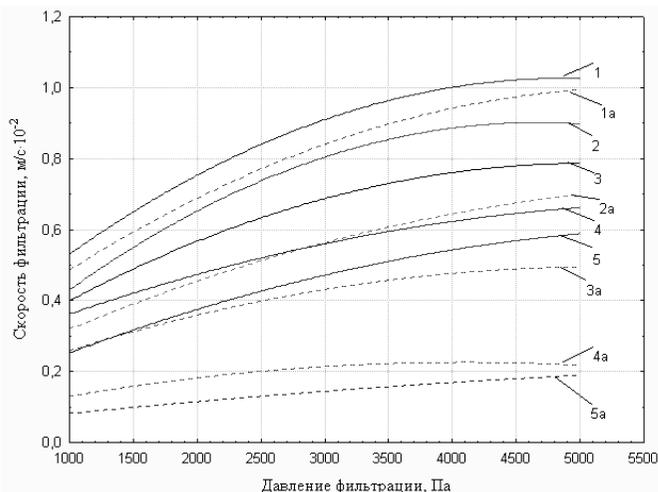


Рис. 3. Зависимость скорости фильтрации от массы 1 м^2 и давления фильтрации при степени помола сульфатной блененой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины 30 и 60 °ШР соответственно

кривая 1а — $W_{1a} = 23,4 + 0,028\Delta P - 2,5E - 6\Delta P^2$;

кривая 2 — $W_2 = 13,8 + 0,033\Delta P - 3,5E - 6\Delta P^2$;

кривая 2а — $W_{2a} = 15,6 + 0,018\Delta P - 1,3571E - 6\Delta P^2$;

кривая 3 — $W_3 = 18,4 + 0,024\Delta P - 2,3571E - 6\Delta P^2$;

кривая 3а — $W_{3a} = 13,2 + 0,014\Delta P - 1,3571E - 6\Delta P^2$;

кривая 4 — $W_4 = 22,6 + 0,015\Delta P - 1,2143E - 6\Delta P^2$;

кривая 4а — $W_{4a} = 5,8 + 8,2E - 3\Delta P - 1E - 6\Delta P^2$;

кривая 5 — $W_5 = 10,4 + 0,016\Delta P - 1,2857E - 6\Delta P^2$;

кривая 5а — $W_{5a} = 4,4 + 3,9857E - 3\Delta P - 2,1429E - 7\Delta P^2$.

Здесь $W_1, W_{1a}, W_2, W_{2a}, W_3, W_{3a}, W_4, W_{4a}, W_5$ и W_{5a} соответственно скорости фильтрации при указанных степенях помола и концентрации.

В табл. 3 приведены характеристики фильтрационных свойств суспензий, состоящих из смеси с различным содержанием суль-

фатной блененой целлюлозы из хвойной древесины и сульфатной блененой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины. В одном случае хвойная и лиственная целлюлоза входящие в смесь имели одинаковую степень помола, в другом сульфатная блененая целлюлоза из смеси лиственных пород древесины имела степень помола на 10 °ШР ниже, чем сульфатная блененая целлюлоза из хвойной древесины.

Анализ данных, приведенных в табл. 3, показывает, что фильтрационные свойства суспензии, состоящей из хвойной и лиственной целлюлозы с одинаковой степенью помола, в данном случае 40 °ШР, незначительно отличаются друг от друга. Наоборот, добавление лиственной целлюлозы со степенью помола 30 °ШР к хвойной со степенью помола 40 °ШР приводит к повышению скорости филь-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

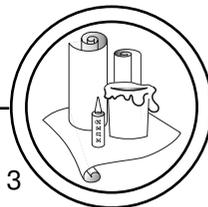


Таблица 3

Характеристика фильтрационных свойств в зависимости от состава по волокну при различных давлениях фильтрации

| Состав по волокну, % | | Давление фильтрации, Па | |
|---|--|---|------|
| Целлюлоза сульфатная беленая из хвойной древесины со степенью помола, °ШР | Целлюлоза сульфатная беленая из смеси лиственных пород древесины со степенью помола, °ШР | 3000 | 5000 |
| | | Скорость фильтрации, м/с·10 ⁻² | |
| 40 °ШР | 40 °ШР | | |
| 90 | 10 | 0,46 | 0,53 |
| 80 | 20 | 0,47 | 0,55 |
| 70 | 30 | 0,47 | 0,54 |
| 60 | 40 | 0,46 | 0,59 |
| 50 | 50 | 0,46 | 0,59 |
| 40 | 60 | 0,46 | 0,58 |
| 30 | 70 | 0,48 | 0,57 |
| 20 | 80 | 0,47 | 0,58 |
| 10 | 90 | 0,47 | 0,57 |
| 40 °ШР | 30 °ШР | | |
| 100 | 0 | 0,45 | 0,54 |
| 90 | 10 | 0,46 | 0,58 |
| 80 | 20 | 0,52 | 0,58 |
| 70 | 30 | 0,50 | 0,61 |
| 60 | 40 | 0,50 | 0,64 |
| 50 | 50 | 0,53 | 0,71 |
| 40 | 60 | 0,54 | 0,70 |
| 30 | 70 | 0,55 | 0,69 |
| 20 | 80 | 0,60 | 0,77 |
| 10 | 90 | 0,61 | 0,77 |

рации. Следовательно, если имеется запас прочности и возможно снижение степени помола лиственной целлюлозы, то таким образом можно улучшить обезвоживание в процессе формования бумаги (картона).

Проведенные сравнительные исследования фильтрационных свойств и анализ полученных данных показывают, что скорость обезвоживания сульфатной белой целлюлозы из смеси лиственных пород древесины в неразмолотом состоянии,

а также при степени помола 60 °ШР на 20—30 % ниже, чем сульфатной белой целлюлозы из хвойной древесины.

При одинаковой степени помола лиственной и хвойной целлюлозы в интервале 30—50 °ШР их скорости обезвоживания незначительно отличаются друг от друга.

Выводы

При сопоставлении между собой фильтрационных свойств исследуемых видов целлюлозы



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

установлено, що при фільтрації сульфатної білої целюлози із суміші листових порід деревини спостерігається найменша швидкість фільтрації.

Показано, що фільтрація композиційної суміші, що містить сульфатну білу целюлозу із хвойної деревини та целюлозу із суміші листових порід деревини в співвідношенні 60/40 за швидкості фільтрації незначительно відрізняється від швидкості фільтрації суспензій сульфатної білої целюлози із хвойної деревини. Тому вико-

ристання такої композиційної суміші при виробництві паперу не призведе до суттєвого зниження швидкості папероманушних машин.

Отримані експериментальні дані та описуючі їх залежності можуть бути використані для розрахунку процесу формування на круглій або плоскій формуючій установці, а також при розробці нових технологічних процесів виробництва різних видів паперу та картону для друку, передбачаючих використання листової целюлози.

1. Астратов Н. С. Друкарські властивості паперу (картону) з покритим поверхневим шаром, що містить у складі напівфабрикати з листової деревини // Технологія і техніка друкарства. Збірник наукових праць. — Вип. 1. — 2003. — С. 80—84.
2. Богомол Г. М., Астратов Н. С., Вовк А. В. Формування паперу та картону (теорія та практика). — М.: Московські підручники, 2002. — 368 с.
3. Богомол Г. М. Устаткування для визначення фільтраційних властивостей волокнистої суспензії. — Авторське свідоцтво № 204666. «Откриття. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки». — 1967. — № 12. — С. 70.
4. Астратов М. С., Гомеля М. Д. Лабораторний практикум з технології паперу: Навчальний посібник. — К.: Поліграф консалтинг, 2005. — 124 с.
5. Горбачева Г. Н., Іванов С. Н. Вплив морфології та розмірів волокон целюлози з листової деревини на властивості паперу // Паперова промисловість. — 1968. — № 5. — С. 5—7.

Рецензент — В. П. Нестеров, д.т.н., професор,
президент Української технологічної академії,
Заслужений працівник народної освіти України

Надійшла до редакції 15.01.08