

Д. И. Казимирова

**ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА**

Практикум

**Санкт-Петербург
2026**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

Д. И. Казимирова

**ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА**

Практикум

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2026

УДК 676.16(07)
ББК 37.31я7
К147

Рецензент

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
Н. П. Мидуков

Казимирова, Д. И.

К147 Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона: практикум / Д. И. Казимирова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2026. — 28 с.

Практикум соответствует программам и учебным планам дисциплины «Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология». В практикуме собраны упражнения для выполнения практических работ по дисциплине.

Практикум предназначен для подготовки магистров очной и заочной форм обучения.

УДК 676.16(07)
ББК 37.31я7

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2026
© Казимирова Д. И., 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА	4
Практическая работа № 1.....	4
Практическая работа № 2.....	7
РАЗДЕЛ 2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА.....	10
Практическая работа № 3.....	10
РАЗДЕЛ 3. МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА	16
Практическая работа № 4.....	16
РАЗДЕЛ 4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА.....	19
Практическая работа № 5.....	19
ТЕСТ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	23
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28

РАЗДЕЛ 1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема «Расчет усилий и параметров при механической обработке бумаги и картона. Анализ влияния анизотропии»

Цель: рассчитать основные усилия, необходимые для процессов резания и биговки картона, проанализировать влияние машинного направления волокон на эти процессы.

- Усилие резания (ножевого раскроя)

Усилие, необходимое для резания материала, рассчитывается по формуле:

$$P = k \cdot L \cdot s, \text{ Н,}$$

где k – удельное сопротивление резанию, Н/мм;

L – длина реза, мм;

s – толщина материала, мм.

Примечание: k зависит от вида картона, данные берутся из справочной литературы.

Учет анизотропии (влияния направления волокон) – удельное сопротивление резанию k различается для разных направлений:

$k_{\text{мд}}$ – удельное сопротивление резанию вдоль машинного направления (обычно на 15–25 % выше).

$k_{\text{пд}}$ – удельное сопротивление резанию поперек машинного направления.

- Усилие биговки

Биговка – это не разрез, а деформация материала. Усилие можно оценить по эмпирической формуле:

$$P_{\text{биг}} = c \cdot L, \text{ Н,}$$

где c – коэффициент, зависящий от материала и толщины (примерно 0,3–0,6 Н/мм для картона);

L – длина биговки, мм.

Вариант 1

Материал: Мелованный картон, 300 г/м², $s = 0,4$ мм.

Заготовка: Этикетка, 150x100 мм. Длинная сторона (150 мм) параллельна МД.

Обработка: Рез по контуру ($L = 500$ мм), биговка по линии 100 мм.

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 1,0$ Н/мм, $k_{\text{пд}} = 0,8$ Н/мм, $c = 0,3$ Н/мм.

Задание: Рассчитайте общее усилие резания, если 60 % длины реза проходит вдоль МД, а 40 % – поперёк. Найдите усилие биговки.

Вариант 2

Материал: Крафт-картон, 600 г/м², $s = 1,2$ мм.

Заготовка: Крышка коробки, 400x300 мм. Короткая сторона (300 мм) параллельна МД.

Обработка: Два длинных реза по 400 мм, два коротких по 300 мм, одна биговка по 400 мм.

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 1,8 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,4 \text{ Н/мм}$, $c = 0,7 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте суммарное усилие на резку всей заготовки и усилие на биговку. Какой рез требует большего усилия и почему?

Вариант 3

Материал: Гофрокартон (3-слойный), $s = 3,5 \text{ мм}$.

Заготовка: Внутренняя перегородка, $200 \times 200 \text{ мм}$. Сторона А параллельна МД.

Обработка: 4 реза по 200 мм , 2 биговки по 190 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 2,5 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,9 \text{ Н/мм}$, $c = 1,0 \text{ Н/мм}$.

Задание: Сравните общее усилие резания этой детали с усилием резания детали из Варианта 2. Сделайте вывод о влиянии толщины материала.

Вариант 4

Материал: Офсетная бумага, 180 г/м^2 , $s = 0,2 \text{ мм}$.

Заготовка: Раскладная буклета, $300 \times 100 \text{ мм}$. Длинная сторона параллельна МД.

Обработка: Перфорация (общая длина реза $L = 1200 \text{ мм}$), биговка по линии 300 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 0,7 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 0,5 \text{ Н/мм}$, $c = 0,2 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте усилие на создание перфорации и биговки. Почему для перфорации требуется учитывать общую длину реза?

Вариант 5

Материал: Дизайнерский картон с тиснением, 400 г/м^2 , $s = 0,6 \text{ мм}$.

Заготовка: Визитница, $120 \times 90 \text{ мм}$. Длинная сторона параллельна ПД.

Обработка: Фигурный высечка (общая длина реза $L = 650 \text{ мм}$), 3 биговки по 80 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 1,5 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,2 \text{ Н/мм}$, $c = 0,5 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте общее усилие резания и общее усилие биговки. Проанализируйте, выгодно ли было располагать заготовку таким образом.

Вариант 6

Материал: Картон для папок, 500 г/м^2 , $s = 0,9 \text{ мм}$.

Заготовка: Обложка, $350 \times 250 \text{ мм}$. Длинная сторона параллельна МД.

Обработка: Рез по контуру ($L = 1200 \text{ мм}$). 4 биговки: две по 250 мм и две по 300 мм (учитывают отступы).

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 1,6 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,3 \text{ Н/мм}$, $c = 0,6 \text{ Н/мм}$.

Задание: Разделите общую длину реза предположительно пополам (МД/ПД). Рассчитайте усилие резания и общее усилие биговки.

Вариант 7

Материал: Термоклейный картон, 700 г/м^2 , $s = 1,5 \text{ мм}$.

Заготовка: Прочный почтовый конверт, $300 \times 220 \text{ мм}$. Короткая сторона параллельна МД.

Обработка: 3 реза по 300 мм , 1 рез по 220 мм , 1 биговка по 280 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 2,2 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,7 \text{ Н/мм}$, $c = 0,9 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте усилие для каждого реза отдельно, затем общее.
Объясните, почему для биговки длина взята меньше, чем сторона заготовки.

Вариант 8

Материал: Микрогофрокартон, 350 г/м^2 , $s = 0,7 \text{ мм}$.

Заготовка: Вкладка для косметики, $180 \times 180 \text{ мм}$. Направление не имеет значения.

Обработка: 4 реза по 180 мм , 2 биговки по 170 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 1,3 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 1,0 \text{ Н/мм}$, $c = 0,4 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте усилие резания для двух сценариев: когда все резы вдоль МД и когда все резы вдоль ПД. Сравните результаты.

Вариант 9

Материал: Мелованная бумага, 250 г/м^2 , $s = 0,3 \text{ мм}$.

Заготовка: Промо-флаер, $210 \times 95 \text{ мм}$ (формат А5). Длинная сторона параллельна ПД.

Обработка: Рез по контуру ($L = 610 \text{ мм}$). Перфорационный пунктир (общая длина реза 450 мм).

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 0,9 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 0,7 \text{ Н/мм}$, $c = 0,25 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте общее усилие на раскрой флаера и отдельно – на создание перфорации. Вопрос: почему для перфорации используется своя длина реза?

Вариант 10

Материал: Переплетный картон, 1000 г/м^2 , $s = 2,0 \text{ мм}$.

Заготовка: Твёрдая обложка книги, $300 \times 215 \text{ мм}$. Длинная сторона параллельна МД.

Обработка: Точный рез по контуру ($L = 1030 \text{ мм}$). 2 биговки (корешок) по 215 мм .

Справочные данные: $k_{\text{мд}} = 3,0 \text{ Н/мм}$, $k_{\text{пд}} = 2,2 \text{ Н/мм}$, $c = 1,2 \text{ Н/мм}$.

Задание: Рассчитайте усилие резания, предположив соотношение длин резов МД/ПД как 60/40. Рассчитайте усилие биговки. Опишите, как такая большая толщина картона повлияет на выбор оборудования.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ВСЕХ ВАРИАНТОВ

1. Как влияет ориентация заготовки относительно машинного направления на усилие резания?
2. Почему усилие биговки всегда значительно меньше усилия резания для одного и того же материала?
3. Какие технологические проблемы могут возникнуть, если не учитывать анизотропию материала при проектировании штанцунной формы?
4. Как толщина материала влияет на требуемое усилие резания?
5. Предложите, как можно снизить общее усилие на инструмент при высечке сложной фигурной детали.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема «Оптимизация технологического процесса высечки упаковки»

Для выполнения следующего задания необходимо разделиться на подгруппы на 2–3 человека.

Вариант 1

Цель: рассчитать общие усилия, необходимые для производства упаковки, и выбрать оптимальную раскладку шаблонов на листе с учетом машинного направления для минимизации усилия и увеличения эффективности использования материала.

Исходные данные:

Компания получает заказ на производство 10 000 упаковок для подарков.

Материал: Дизайнерский картон, плотность 350 г/м^2 , толщина $s = 0,55 \text{ мм}$.

Удельное сопротивление резанию вдоль МД ($k_{\text{мд}}$) = $1,3 \text{ Н/мм}$

Удельное сопротивление резанию поперёк МД ($k_{\text{пд}}$) = $1,0 \text{ Н/мм}$

Коэффициент усилия биговки (c) = $0,45 \text{ Н/мм}$

Формат печатного листа: $700 \times 1000 \text{ мм}$ (МД = 1000 мм).

Характеристики высекальной машины:

Максимальное допустимое усилие прессы: 350 кН ($350\,000 \text{ Н}$).

Количество ходов в час: 1200.

Стоимость: Аренда машины = 1500 руб./час .

Деталь упаковки (шаблон):

Прямоугольная коробка с клапанами.

Чистый размер одной детали: $200 \times 150 \text{ мм}$.

Общая длина реза на одну деталь ($L_{\text{реза}}$): 900 мм (с учетом всех клапанов и выступов).

Общая длина биговки на одну деталь ($L_{\text{биговки}}$): 600 мм .

Площадь одной детали: 300 см^2 .

Задание. Расчет усилий для одного шаблона:

1. Рассчитайте усилие резания ($P_{\text{рез}}$) для одной детали, предположив, что 50 % длины реза идет вдоль МД, а 50 % – поперёк.

2. Рассчитайте усилие биговки ($P_{\text{биг}}$) для одной детали.

3. Найдите суммарное усилие ($P_{\text{общ}}$) на одну деталь.

- Проектирование раскладки и расчет для всего листа 4:

1. Предложите две схемы раскладки деталей на печатном листе ($700 \times 1000 \text{ мм}$):

Вариант А: расположить детали так, чтобы их длинная сторона (200 мм) была параллельна длинной стороне листа (МД).

Вариант Б: расположить детали так, чтобы их длинная сторона (200 мм) была параллельна короткой стороне листа (ПД).

2. Рассчитайте, сколько деталей поместится на лист в каждом варианте. (Подсказка: используйте понятие «полезная площадь»).

3. Для каждого варианта раскладки рассчитайте:

- Общую длину реза на листе.
- Общую длину биговки на листе.
- Общее усилие, которое может выдержать пресс за один ход.

- Технологический и экономический анализ

1. Проанализируйте, какой вариант раскладки (А или Б) позволяет добиться:

- Меньшего усилия на пресс (снижает износ оборудования).
- Большого количества деталей с листа (снижает расход материала).
- Какой вариант вы выберете и почему?

2. Рассчитайте, сколько всего потребуется листов картона для выполнения заказа (10 000 деталей) для выбранного варианта раскладки.

3. Оцените общее время работы высекальной машины для выполнения всего тиража. Хватит ли мощности пресса (350 кН)?

Вариант 2

Цель: провести технико-экономическое обоснование выбора между двумя типами режущего оборудования для нового производственного участка.

Исходные данные:

Компания планирует выпускать три линейки продукции:

1. Продукт А (Поздравительные открытки): Мелованный картон, 250 г/м², $s = 0,3$ мм. Максимальная длина реза на изделие = 600 мм. Плановый выпуск: 15 000 шт./мес.

2. Продукт Б (Бланки документов): Офсетная бумага, 120 г/м², $s = 0,15$ мм. Перфорация, общая длина реза = 1200 мм на лист А4. Выпуск: 50 000 шт./мес.

3. Продукт В (Подарочные коробки): Переплетный картон, 800 г/м², $s = 1,1$ мм. Длина реза = 1500 мм, длина биговки = 800 мм на изделие. Выпуск: 5 000 шт./мес.

На рассмотрении два варианта оборудования:

1. Плоттер контурной резки (Модель «Х»):

Макс. усилие резания: 600 Н.

Макс. толщина материала: 0,8 мм.

Производительность: 120 изделий/час (усредненно)

Стоимость: 800 000 руб.

Капитальные затраты: низкие, подходит для малосерийного производства.

2. Штанцевысекальный пресс (Модель «У»):

Макс. усилие: 400 кН (400 000 Н).

Макс. толщина: 3 мм.

Производительность: 6000 ходов/смену (1 ход = 1 лист с раскладкой).

Стоимость: 4 500 000 руб.

Капитальные затраты: высокие, окупается на больших тиражах.

Задание:

1. Рассчитайте требуемое усилие резания для каждого продукта (для картона используйте $k_{\text{мд}} = 1,2$ Н/мм, $k_{\text{пд}} = 0,9$ Н/мм; для бумаги $k = 0,6$ Н/мм).

2. Проанализируйте, какое оборудование физически способно обработать каждый продукт по толщине и усилию.
3. Рассчитайте месячную производительность в штуках для каждого аппарата, исходя из их характеристик и планового выпуска.
4. Сделайте вывод: какое оборудование (или их комбинация) является оптимальным для данного портфеля продуктов? Аргументируйте свой выбор, учитывая капитальные затраты и операционную эффективность.

Вариант 3

Цель: решение производственной проблемы: деформация и брак при биговке, на основе анализа данных технологического процесса выявить и устранить причину появления дефектов.

Исходные данные:

На производстве начался брак при изготовлении папок из картона (500 г/м², $s = 0,9$ мм). По линии сгиба (биговки) на лицевой стороне появляются трещины и разрывы.

Тираж 8000 шт.

Оборудование: Новый штанцевысекательный пресс.

Оснастка: Новая штанцформа.

Проблема: Брак составляет около 15 %, что неприемлемо.

Усилие биговки, рассчитанное технологом: $P_{\text{биг}} = c * L = 0,6 \text{ Н/мм} * 300 \text{ мм} = 180 \text{ Н}$.

Конструкция биговального ножа: острый угол (90°).

Направление биговки: проводится вдоль машинного направления (МД) картона.

Влажность в цеху: 35 % (норма 45–55 %).

Образец картона от старой, успешной партии есть в наличии.

Задание. Проанализируйте возможные причины брака и предложите план действий из 3–4 пунктов для срочного решения проблемы.

1. Проанализируйте расчет: достаточно ли усилия? Может ли быть ошибка в коэффициенте c ?
2. Изучите оснастку: почему угол ножа может быть критичным? Каким он должен быть для толстого картона?
3. Проанализируйте материал: как влияет направление биговки относительно волокон и влажность воздуха на склонность к растрескиванию?
4. Предложите решения, например: (а) заменить биговальный нож на скругленный (тупой); (б) изменить раскладку, чтобы биговать поперёк МД; (в) поднять влажность в цеху; (г) провести пробную биговку на образце старого картона.

Вариант 4

Цель: оптимизация себестоимости за счет комбинированной обработки. Найти наиболее экономичный способ производства упаковки, выбрав между

двумя технологиями: лазерная резка и высечка на прессе.

Исходные данные:

Производится уникальная дизайнерская упаковка сложной формы.

Материал: Крафт-картон, $s = 1,5$ мм, $k_{мд} = 1,8$ Н/мм.

Длина реза на одно изделие: 3500 мм (очень сложная форма).

Тираж: Партия всего 500 изделий.

1. Штанцевысекательный пресс:

Стоимость изготовления штанцформы: 70 000 руб. (разовая стоимость).

Себестоимость высечки одного изделия: 15 руб. (электроэнергия, амортизация).

Скорость: 1000 изделий/час.

2. Лазерный станок с ЧПУ:

Стоимость оборудования уже амортизирована, учитываем только операционные затраты.

Себестоимость резки: 2,5 руб./метр реза (электроэнергия, газ, обслуживание).

Скорость: 15 минут/изделие (лазер режет медленнее из-за сложности контура).

Задание:

1. Рассчитайте общую стоимость производства партии для каждого варианта.

Для прессы: (Стоимость оснастки) + (Себестоимость изделия * Тираж).

Для лазера: (Общая длина реза на партию) * (Стоимость метра реза).

2. Рассчитайте общее время производства партии для каждого станка.

3. Проведите анализ «что, если»: при каком тираже выбор в пользу штанцпресса становится экономически выгодным?

4. Сделайте рекомендацию для данной партии в 500 шт., учитывая не только стоимость, но и время. Есть ли срочность? Есть ли планы на повтор тиража?

РАЗДЕЛ 2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Вариант 1

Тема «Расчет расхода клея для ламинации и оценка прочности связи»

Цель: научиться рассчитывать количество клея для создания ламинационного соединения и анализировать факторы, влияющие на его прочность.

Ламинация – процесс склеивания двух различных материалов (например, картона и пленки).

Норма расхода клея (N) указывается в г/м².

Прочность связи (адгезия) зависит от типа клея, шероховатости поверхности, равномерности нанесения и правильности выдержки режимов сушки.

Исходные данные:

Размер листа для ламинации: 700 x 1000 мм.

Норма расхода клея (на основе технического паспорта): 12 г/м² (для клея на водной основе).

Плотность клея: ~1,1 г/см³.

Требуемая прочность на отрыв (по ТУ на продукцию): не менее 2,5 Н/15мм.

Задание:

1. Рассчитайте площадь одного листа в м².

2. Рассчитайте массу клея, необходимую для ламинации одного листа.

3. Рассчитайте объем клея (в мл), который необходимо нанести на лист.

4. Анализ: в ходе контроля качества были получены следующие данные:

Образец 1: Клей нанесен неравномерно, есть проплешины. Прочность на отрыв = 1,8 Н/15мм.

Образец 2: Клей нанесен корректно, но не выдержано время сушки перед соединением с пленкой. Прочность = 1,5 Н/15мм.

Образец 3: Все технологии соблюдены. Прочность = 2,8 Н/15мм.

Объясните причины низкой прочности в первых двух случаях.

Вариант 2

Тема «Определение необходимой степени поверхностной обработки материала для печати»

Цель: понять взаимосвязь между поверхностной энергией материала и качеством печати.

Для хорошей смачиваемости чернилами и адгезии красок поверхностная энергия (СЭ) материала должна быть выше поверхностного натяжения (ПН) чернил.

Единица измерения: мН/м (миллиньютон на метр).

Полиэтиленовая пленка имеет низкую СЭ (~30–35 мН/м). Для печати ее обрабатывают (коронарным разрядом, пламенем), повышая СЭ до 38–42 мН/м.

Чернила на основе растворителей имеют ПН ~26–30 мН/м, а УФ-чернила – 32–36 мН/м.

Исходные данные:

Материал: Полипропиленовая пленка для ламинации обложки.

Измеренная поверхностная энергия после производства: 34 мН/м.

Планируется печать УФ-красками с поверхностным натяжением 34 мН/м.

Задание:

1. Спрогнозируйте, будут ли проблемы с закреплением краски на пленке без обработки? Ответ обоснуйте, сравнив СЭ и ПН.

2. Рассчитайте, до какого минимального значения необходимо повысить поверхностную энергию пленки, чтобы обеспечить запас в 10 % для надежной печати.

3. Анализ: после обработки коронным разрядом энергия поднялась до 40 мН/м. Однако при печати все равно наблюдаются дефекты (растекание краски). Предположите две возможные технологические причины этого дефекта.

Вариант 3

Тема «Выбор типа лака для финишной отделки упаковки»

Цель: научиться обосновывать выбор отделочного материала исходя из требований к продукту и экономической эффективности.

Исходные данные:

К вам поступило три заказа на производство упаковки:

1. Картонная упаковка для мороженого: требуется устойчивость к низким температурам и конденсату.
2. Подарочная упаковка для духов: требуется глянцевый, максимально блестящий финиш и устойчивость к истиранию.
3. Упаковка для замороженных полуфабрикатов: требуется стойкость к жиру и возможность нанесения печати поверх лака (для промо-акций).

Доступные варианты лакировки:

- Водный лак: Экологичен, не имеет запаха, низкая стойкость к влаге и истиранию.
- УФ-лак: Высокий глянец, максимальная стойкость к истиранию и влаге. Хрупкий при изгибе.
- Офсетный лак (на основе растворителей): Хорошая стойкость к жирам и воде, средний глянец.
- Дисперсионный лак: Паропроницаем (не закупоривает поры картона), хорошая стойкость к низким температурам.

Задание:

1. Для каждого из трех заказов обоснуйте выбор типа лака. Аргументируйте, почему выбранный лак подходит, а другие – нет.
2. Для выбранного для подарочной упаковки УФ-лака опишите физико-химическую сущность процесса отверждения (полимеризации под действием ультрафиолетового излучения).

Вариант 4

Тема «Расчет эффективности барьерного покрытия»

Цель: оценить эффективность нанесенного покрытия по увеличению времени сопротивления проникновению жира.

Тест на устойчивость к жиру (метод КИТ) измеряется во времени (секунды, минуты), через которое на обратной стороне материала появляется жирное пятно от контрольной смеси.

Необработанный картон может иметь стойкость 10–20 секунд. После нанесения барьерного покрытия (например, на основе PVdC) стойкость должна увеличиться до нескольких минут.

Исходные данные:

Исходная стойкость картона к жиру: 15 сек.

После нанесения покрытия массой 5 г/м² стойкость возросла до 4 минут.

Технология позволяет наносить покрытие с массой от 3 до 8 г/м².

Задание:

1. Переведите время в секунды (4 минуты = ? сек).
2. Рассчитайте, во сколько раз увеличилась стойкость к жиру после нанесения покрытия.
3. Анализ: Постройте гипотетический график зависимости «Масса покрытия (г/м²) – Стойкость к жиру (сек)». Опишите, как будет меняться стойкость при увеличении количества покрытия. Почему существует верхний предел нанесения (8 г/м²)? (Предположите, что может произойти с материалом при нанесении слишком толстого слоя).

Вариант 5

Тема «Оптимизация параметров УФ-отверждения лака»

Цель: научиться рассчитывать энергию УФ-облучения, необходимую для полной полимеризации лака, и анализировать последствия неправильного режима сушки.

Энергия УФ-облучения (доза) рассчитывается по формуле:

$$E = I * t, \text{ мДж/см}^2,$$

где I – интенсивность УФ-лампы (мВт/см²);

t – время экспозиции (секунды).

Для полного отверждения каждого типа УФ-лака требуется определенная минимальная энергия.

Исходные данные:

Технология: Нанесение УФ-лака на этикетку.

Скорость конвейера: 30 м/мин.

Длина УФ-туннеля: 1,5 м.

Интенсивность УФ-лампы: 120 мВт/см².

Рекомендованная доза облучения для лака: 250 мДж/см².

Задание:

1. Рассчитайте время (t), в течение которого материал находится в УФ-туннеле (в секундах).
2. Рассчитайте фактическую дозу облучения (E), которую получает лак.
3. Определите, достаточно ли этой дозы для полного отверждения? Если нет, предложите два способа решения проблемы (например, увеличить интенсивность или уменьшить скорость конвейера).

4. Анализ: опишите, какие дефекты появятся на изделии (липкость, низкая стойкость), если лак недосушен (недополимеризован).

Вариант 6

Тема «Расчет рецептуры влагозащитной пропитки»

Цель: освоить принципы составления рецептуры простой проклеивающей композиции.

Внутренняя проклейка бумаги (введение гидрофобизирующих агентов в массу) увеличивает ее стойкость к воде и чернилам. Часто для этого используют алкилкетендимер (АКД), который вводится в количестве 0,1–1,5 % от массы абсолютно сухой целлюлозы.

Исходные данные:

Необходимо произвести партию проклеенной бумаги для бумажных стаканчиков.

Масса абсолютно сухой целлюлозы: 500 кг.

Рекомендованная дозировка АКД: 0,8 % от массы сухой целлюлозы.

Концентрация товарного раствора АКД: 15 %.

Задание:

1. Рассчитайте необходимое количество активного вещества АКД (в кг).
2. Рассчитайте, сколько нужно взять товарного раствора АКД (в кг и литрах, считая плотность $\sim 1 \text{ г/см}^3$), чтобы внести рассчитанное количество активного вещества.
3. Что произойдет с водостойкостью и себестоимостью бумаги, если увеличить дозировку АКД до 1,5 %?

Вариант 7

Тема «Расследование причин пожелтения ламинированной обложки»

Цель: научиться анализировать цепочку физико-химических процессов и выявлять первопричину дефекта.

Исходные данные:

Партия ламинированных обложек для книг через месяц хранения на складе приобрела желтоватый оттенок. Дефект проявился массово.

1. Основа – картон из блененной целлюлозы.
2. Использовался клей для ламинации на основе растворителей.
3. Для ускорения сушки партия обложек после ламинации была помещена в сушильную камеру с температурой $+85 \text{ }^\circ\text{C}$.
4. На складе повышенная температура (до $+30 \text{ }^\circ\text{C}$).

Задание:

1. Выдвиньте 3 гипотезы, объясняющие пожелтение обложек. Подсказка: рассмотрите возможные химические реакции (окисление, термическая деградация) и миграцию компонентов.

2. Предложите 3 метода лабораторного исследования, которые позволили бы подтвердить или опровергнуть ваши гипотезы (например, ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия, ускоренное старение).
3. Предложите план корректирующих действий для предотвращения дефекта в будущем.

Вариант 8

Тема «Оценка эффективности плазменной активации поверхности»

Цель: оценить экономический эффект от внедрения нового метода физической обработки.

Плазменная обработка повышает поверхностную энергию материалов (например, ПЭТ-пленки) для улучшения адгезии клеев и красок. Это альтернатива химическим праймерам.

Исходные данные:

Традиционная технология: Нанесение химического праймера. Расход: 3 г/м².

Стоимость праймера: 450 руб./кг.

Новая технология: Плазменная установка. Потребляемая мощность: 8 кВт.

Скорость обработки: 100 м/мин при ширине материала 1 м.

Стоимость электроэнергии: 6 руб./кВт*ч.

Годовой объем производства: 500 000 м².

Задание:

1. Рассчитайте годовую стоимость расходных материалов (праймера) для старой технологии.
2. Рассчитайте годовое потребление электроэнергии и ее стоимость для плазменной установки. (Время работы = Площадь / (Скорость * Ширина)).
3. Проведите сравнительный анализ годовых затрат. Какой метод выгоднее?
4. Анализ: какие дополнительные нефинансовые преимущества у плазменной обработки? (например, экологичность, скорость, отсутствие выбросов).

Вариант 9

Тема «Расчет условий сушки воднодисперсионного покрытия»

Цель: рассчитать параметры сушильной камеры для испарения воды из покрытия.

Исходные данные:

Для испарения 1 кг воды требуется примерно 2500 кДж энергии (удельная теплота парообразования).

Мощность сушилки часто измеряется в кВт.

На материал наносится воднодисперсионный лак.

Расход лака: 10 г/м² (в пересчете на сухое вещество).

Концентрация лака: 40 % (т. е. в 100 г лака – 40 г сухого вещества и 60 г воды).

Скорость линии: 50 м/мин.

Ширина материала: 0,7 м.

Задание:

1. Рассчитайте производительность линии по площади ($\text{м}^2/\text{час}$).
2. Рассчитайте массу воды, которая наносится на материал за 1 час.
3. Рассчитайте минимальную требуемую тепловую мощность сушилки (в кВт) только для испарения этой воды (без учета потерь).
4. Анализ: почему реальная мощность сушилки должна быть значительно выше рассчитанного значения? (Укажите как минимум 2 причины: например, нагрев материала, потери в окружающую среду, нагрев воздуха).

Вариант 10**Тема «Определение точки росы для предотвращения конденсации в ламинаторе»**

Цель: научиться использовать психрометрические данные для предотвращения технологического брака.

Точка росы – это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы содержащийся в нем водяной пар достиг состояния насыщения и начал конденсироваться.

Конденсация влаги на материале перед нанесением клея или ламинацией приводит к адгезионному браку.

Исходные данные:

В цеху установлен ламинатор.

Измеренные параметры в зоне подачи материала: температура воздуха $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 60 %.

Температура подаваемого рулонного материала составляет $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (он хранился в прохладном складе).

Задание:

1. Используя таблицу или, онлайн-калькулятор точки росы, определите, образуется ли точка росы для воздуха в цеху.
2. Сравните температуру материала ($+18\text{ }^{\circ}\text{C}$) с точкой росы.
3. Сделайте вывод: возможна ли конденсация влаги на поверхности холодного материала при его подаче в цех?
4. Анализ: предложите два практических способа предотвратить это явление (например, акклиматизация материала, осушение воздуха в зоне подачи).

РАЗДЕЛ 3. МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4****Вариант 1****Тема «Расчет производительности гофроагрегата и расхода клея**

Цель: научиться рассчитывать ключевые показатели линии и расход материалов.

Исходные данные:

Скорость линии: 120 м/мин.

Ширина рулона: 2,2 м.

Тип гофрокартона: 3-слойный, профиль «В» (высота гофра ~3 мм).

Расход клея (норма): 6 г/м² на одну линию склеивания.

Время на переналадку: 25 минут.

Смена: 8 часов.

Задание:

1. Рассчитайте сменную производительность линии в погонных и квадратных метрах (учтите, что 15 % времени уходит на переналадки и простои).
2. Рассчитайте массу клея, расходуемого за смену (в кг).
3. Анализ: скорость подняли до 150 м/мин, но начался брак («отлип» гофра). Предположите 2 причины и рассчитайте, как изменился расход клея на метр.

Вариант 2**Тема «Дефекты гофропрофиля и причины их возникновения»**

Цель: научиться визуально диагностировать проблемы процесса гофрирования.

Исходные данные:

В цехе появился брак. Вам отправлены фото дефектов:

Дефект 1: «Слепой гофр» – участки, где гофр не приклеился к лайнеру.

Дефект 2: «Волна» – волнистость готового картона.

Дефект 3: «Плоский гофр» – отсутствие заданного профиля на участке.

Задание:

1. Для каждого дефекта предложите 2 наиболее вероятные технологические причины (например: недостаточное давление прижимных валов, низкая температура гофровального цилиндра, неправильная геометрия зубьев, влажность бумаги).
2. Разработайте инструкцию-памятку для оператора линии по настройке агрегата для предотвращения этих дефектов.

Вариант 3**Тема «Расчет сопротивления продавливанию гофрокартона»**

Цель: оценить влияние параметров компонентов на прочность тары.

Сопротивление продавливанию (СП) сложенного гофрокартона можно приближенно оценить, как сумму сопротивлений всех слоев: $СП_{общ} \approx СП_{лайнер1} + СП_{лайнер2} + СП_{гофр}$.

Сопротивление продавливанию бумаги зависит от ее плотности и массы 1 м².

Исходные данные:

Конструкция: 3-слойный гофрокартон.

Лайнер (верх/низ): Бумага К-2 (плотность 175 г/м²), СП = 980 кПа.

Бумага для гофрирования: Бумага Б-3 (плотность 150 г/м²), СП = 780 кПа.

Задание:

1. Рассчитайте теоретическое сопротивление продавливанию данного картона.
2. Анализ «Что если?»: Как изменится общая прочность, если:
 - а) Заменить нижний лайнер на более дешевый К-3 (125 г/м², СП = 700 кПа)?
 - б) Увеличить массу гофробумаги до 170 г/м² (СП = 900 кПа)?
3. Сделайте вывод, какой параметр сильнее влияет на итоговую прочность.

Вариант 4

Тема «Расчет выхода продукции и метража из рулона»

Цель: научиться рассчитывать экономические показатели и планировать производство.

Исходные данные:

Продукция: Мешки универсальные с сквозной строчкой, размер 50х95 см.

Ширина рулонной заготовки: 100 см.

Длина рулона: 2500 пог. м.

Технологические отходы: 3 % на обрезку и настройку оборудования.

Задание:

1. Рассчитайте, сколько пог. метров заготовки требуется на один мешок.
2. Определите, сколько мешков можно произвести из одного рулона (с учетом отходов).
3. Вопрос: почему ширина рулона (100 см) больше, чем ширина мешка (50 см)? Опишите процесс раскроя (раскладка «полотна» для одновременной резки нескольких мешков).

Вариант 5

Тема «Прочность шва бумажного мешка»

Цель: проанализировать факторы, влияющие на качество скрепления, если партия мешков для цемента показывает высокий процент разрывов по дну или по шву при падении с высоты 1 метр.

Исходные данные:

Материал: Крафт-бумага, 4 слоя, скреплены клеем.

Тип шва: Клеевой, внахлест.

При разрыве шва бумага рвется, а не отклеивается.

Задание:

1. На основании наблюдения сделайте вывод: проблема в адгезии (прилипании) клея или в прочности самой бумаги?
2. Предложите 3 возможные технологические причины низкой прочности (например: чрезмерное впитывание клеем влаги, недостаточная ширина нахлеста, низкая влагостойкость клея).

3. Предложите 2 решения для увеличения прочности шва (например: изменение типа клея, увеличение нахлеста, использование прошивки нитью).

Вариант 6

Тема «Сравнение себестоимости разных типов мешков»

Цель: провести технико-экономическое обоснование выбора конструкции.

Таблица 1. Исходные данные для производства 1000 мешков

Статья затрат	Мешок с клейным швом	Мешок с прошивным швом
Затраты на бумагу, руб.	5000	5000
Затраты на клей, руб.	300	50
Затраты на нитки, руб.	0	400
Стоимость эксплуатации оборудования, руб.	200 (клеевой автомат)	350 (швейная машина)
Скорость производства, мешков/час	600	450

Задание:

1. Рассчитайте полную себестоимость 1000 мешков для каждого типа.
2. Рассчитайте, сколько времени потребуется на производство партии для каждого типа.
3. Анализ: какой тип мешка выгоднее производить с экономической точки зрения? А с точки зрения производительности? Для каких продуктов лучше подходит прошивной мешок и почему?

РАЗДЕЛ 4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Вариант 1

Тема «Расчет рецептуры проклеивающего раствора для влагонепроницаемого картона»

Цель: научиться готовить рабочий раствор проклеивающего агента из товарного концентрата.

Исходные данные:

Технология: Поверхностная проклейка на размер-прессе.

Заказ: Произвести влагонепроницаемый картон для одноразовой посуды.

Норма расхода активного вещества (АВ): 0,8 кг/тонну готовой бумаги.

Объем партии: 10 тонн бумаги.

Товарный концентрат: Проклеивающий состав с концентрацией 40 % активного вещества.

Требуемая концентрация рабочего раствора: 5 % (для равномерного нанесения).

Задание:

1. Рассчитайте общее необходимое количество активного вещества (АВ) для всей партии.
2. Рассчитайте, сколько нужно взять товарного концентрата (40 %), чтобы получить это количество АВ.
3. Рассчитайте, сколько воды необходимо добавить для приготовления 5 % рабочего раствора.
4. Вопрос для анализа: что произойдет с влагопрочностью и себестоимостью, если приготовить 10 % рабочий раствор и нанести его в том же объеме?

Вариант 2

Тема «Причины образования брака при производстве влагопрочных пакетов»

Цель: научиться анализировать технологическую цепочку и находить первопричину проблемы.

Исходные данные:

На производстве запустили новую партию влагопрочных бумажных пакетов для муки. При испытаниях бумага показывает хорошие результаты (высокий тест Кобба), но в реальных условиях на швах пакетов появляются мокрые пятна, и они рвутся.

1. Используется проклейка в массе.
2. Готовые пакеты склеены крахмальным клеем.
3. Проблема проявляется точно, на разных партиях муки.

Задание:

1. Выдвиньте 3 гипотезы, объясняющие причину брака. Подсказка: рассмотрите проблемы совместимости материалов, миграции химикатов, технологии склеивания.
2. Предложите план лабораторных испытаний для проверки каждой гипотезы (например, капля воды на шов, ИК-спектроскопия для анализа миграции проклеивающего вещества).
3. Предложите технологическое решение для устранения проблемы.

Вариант 3

Тема «Расчет концентрации и времени обработки в кислотной ванне»

Цель: научиться рассчитывать параметры процесса пергаментирования.

Пергамент получают путем обработки бумаги-основы концентрированным раствором серной кислоты с последующей нейтрализацией и промывкой.

Ключевые параметры: концентрация кислоты (С, %), время контакта (t, сек), температура (Т, °С).

Исходные данные:

Бумага-основа: Пористая, непроклеенная, плотностью 70 г/м².

Цех: Аппарат непрерывного действия.

Скорость движения бумажного полотна: 50 м/мин.

Длина кислотной ванны: 3 метра.

Рекомендованное время контакта для данной основы: 15 секунд.

Рабочий раствор кислоты: 60 % H₂SO₄.

Задание:

1. Рассчитайте, обеспечивает ли установка необходимое время контакта? Если нет, предложите, как его изменить (изменить скорость или длину ванны).
2. Вопрос для анализа: почему для процесса пергаментирования нельзя использовать проклеенную бумагу-основу? Опишите физико-химическую суть процесса (частичная гидролизная деструкция целлюлозы, закупоривание пор).
3. Сравнение: чем принципиально отличается полученный химическим способом пергамент от композиционного материала «пергамин» (пропитка бумаги битумными составами)? Сравните их экологичность, область применения, стойкость к жирам и воде.

Вариант 4**Тема «Сравнительный анализ себестоимости пергамента и пергамина»**

Цель: научиться проводить технико-экономическое обоснование выбора материала.

Таблица 2. Исходные данные для двух технологий

Параметр	Пергамент (химическая обработка)	Пергамин (пропитка)
Сырье (основа)	Бумага сульфитная, 70 г/м ²	Бумага-подпергамент, 60 г/м ²
Стоимость основы, руб/т	55000	45000
Расходные материалы	H ₂ SO ₄ (98%), NaOH, вода	Битум марки БНК-45
Стоимость материалов, руб/т продукта	12000	18000
Энергозатраты, руб/т	8000 (нагрев, сушка)	6000 (нагрев битума, сушка)
Выход продукта с 1 т основы	0,9 т	1,4 т

Задание:

1. Рассчитайте себестоимость 1 тонны готового продукта для каждого варианта.
2. Проанализируйте, какой процесс более затратный и почему.

3. Вопрос: несмотря на возможную более высокую себестоимость, пергамент используется для упаковки пищевых продуктов, а пергамин – нет. Объясните, с чем это связано (миграция веществ, запах, экологичность).

Вариант 5

Тема «Оптимизация режима сушки пропитанного материала»

Цель: рассчитать производительность сушильной установки.

Исходные данные:

Материал: Картон, пропитанный парафиновой композицией.

Скорость движения полотна: 30 м/мин.

Ширина полотна: 1,2 м.

Нанесено парафина: 12 г/м² (после пропитки).

Температура сушки: 110 °С.

Теплота испарения парафина (условно): 200 кДж/кг.

Мощность сушильной камеры: 600 кВт.

Задание:

1. Рассчитайте, сколько парафина (в кг) наносится на полотно за 1 час.
2. Рассчитайте, какое количество тепловой энергии необходимо в час для испарения этого парафина (в кДж/ч, затем переведите в кВт).
3. Сделайте вывод: достаточно ли мощности сушильной камеры? Если нет, предложите решения.
4. Вопрос: почему для пропитки часто используют не чистый парафин, а его композиции с полиэтиленом (ПЭ-воск) или микрокристаллическими восками?

Вариант 6

Тема «Дефекты на ламинированном материале»

Цель: научиться диагностировать проблемы по визуальным признакам.

Исходные данные: после ламинации картона полипропиленовой пленкой на поверхности появляются дефекты.

Дефект 1: Многочисленные мелкие пузырьки по всей поверхности.

Дефект 2: Локальные отслоения пленки, непрочные участки.

Дефект 3: Белесые мутные пятна, похожие на иней.

Задание:

1. Для каждого дефекта предложите наиболее вероятную причину его возникновения.

Подсказка: рассмотрите неправильную подготовку поверхности, режимы ламинации (температура, давление, скорость), качество клея, конденсат.

2. Предложите метод контроля для подтверждения каждой причины (например, измерение поверхностного натяжения, проверка температуры клеевого вала).

3. Разработайте инструкцию для оператора линии по предотвращению этих дефектов.

ТЕСТ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Инструкция: Выберите один или несколько правильных ответов для каждого вопроса.

Вопросы:

1. Что такое машинное направление (МД) бумаги?
 - а) направление, в котором бумага движется при печати;
 - б) направление, в котором бумага лучше рвется;
 - в) преимущественное направление ориентации волокон, совпадающее с направлением движения сетки бумагоделательной машины;
 - г) направление, перпендикулярное скатыванию рулона.
2. Усилие резания картона рассчитывается по формуле: $P = k * L * s$. Что обозначает «k»?
 - а) коэффициент упругости;
 - б) удельное сопротивление резанию материала;
 - в) скорость резания;
 - г) ширину реза;
3. Для чего предназначен процесс биговки?
 - а) для сквозного разрезания материала;
 - б) для перфорации;
 - в) для создания линии сгиба без разрыва внешних слоев материала;
 - г) для тиснения.
4. Что такое анизотропия бумаги?
 - а) ее способность впитывать влагу;
 - б) различие ее свойств (прочности, удлинения) в машинном и поперечном направлениях;
 - в) ее белизна;
 - г) ее прозрачность.
5. Основной компонент для производства пергамента химическим способом – это:
 - а) алкилкетендимер (АКД);
 - б) парафин;
 - в) серная кислота (H_2SO_4);
 - г) битум.
6. Что такое пергамин?
 - а) бумага, пропитанная битумными составами;

- б) бумага, обработанная серной кислотой;
- в) многослойный влагопрочный картон;
- г) синтетический заменитель пергамента.

7. Основная цель поверхностной проклейки бумаги – это:

- а) увеличение ее плотности;
- б) снижение ее впитывающей способности;
- в) увеличение белизны;
- г) снижение стоимости.

8. Что характеризует тест Кобба?

- а) прочность на разрыв;
- б) способность бумаги впитывать воду за определенное время;
- в) сопротивление продавливанию;
- г) гладкость поверхности.

9. Что такое гофропрофиль?

- а) размер листа гофрокартона;
- б) форма и геометрические размеры гофров;
- в) вид лайнера;
- г) тип клея для гофрирования.

10. Какой процесс лежит в основе отверждения УФ-лака?

- а) испарение растворителя;
- б) окисление кислородом воздуха;
- в) полимеризация под действием ультрафиолетового излучения;
- г) плавление твердых частиц.

11. Почему при биговке картона иногда появляются трещины? (Выберите неверный вариант)

- а) биговка проведена вдоль машинного направления;
- б) использован слишком острый биговальный нож;
- в) сила давления биговального ножа слишком мала;
- г) влажность материала слишком низкая.

12. Что такое «лайнер» в производстве гофрокартона?

- а) бумага для гофрирования;
- б) плоский слой картона, наклеиваемый на гофр;
- в) линия по производству гофротары;
- г) клеенаносящий вал.

13. Основная функция клеенаносящего вала в гофроагрегате – это:

- а) прессование гофра;
- б) нанесение клея на вершины гофров;

- в) нагревание бумаги;
- г) транспортировка бумаги.

14. Что такое «отлип» в производстве гофрокартона?

- а) отрыв лайнера от гофра;
- б) дефект, при котором гофр не приклеивается к лайнеру;
- в) отслоение печати;
- г) разрыв бумажного полотна.

15. Для чего используется парафинирование бумаги?

- а) для увеличения прочности;
- б) для увеличения белизны;
- в) для придания гидрофобных свойств и стойкости к жирам;
- г) для уменьшения стоимости.

16. Какой процесс является физико-химическим?

- а) резка;
- б) биговка;
- в) проклейка в массе;
- г) перфорация.

17. Что означает аббревиатура АКД в целлюлозно-бумажной промышленности?

- а) аппарат клеевой дисперсии;
- б) алкилкетендимер (синтетический проклеивающий агент);
- в) ассоциация картонно-бумажных дилеров;
- г) активатор клеевого давления.

18. Дефект «слепой гофр» возникает из-за:

- а) слишком высокой скорости агрегата;
- б) недостаточного или неравномерного нанесения клея;
- в) слишком высокой влажности бумаги;
- г) слишком толстого лайнера.

19. Цель плазменной обработки поверхности пленки – это:

- а) придание блеска;
- б) увеличение поверхностной энергии для улучшения адгезии;
- в) увеличение прочности;
- г) устранение статического электричества.

20. Сопротивление продавливанию гофрокартона зависит от:

- а) только от прочности лайнеров;
- б) только от профиля гофра;
- в) от прочности всех слоев и геометрии гофрокартона;
- г) только от типа клея.

21. Точка росы – это температура, при которой:

- а) плавится полимер;
- б) водяной пар в воздухе начинает конденсироваться;
- в) испаряется вода из клея;
- г) происходит реакция полимеризации.

22. Почему пергамент (полученный кислотной обработкой) используют для контакта с пищевыми продуктами, а пергамин – нет?

- а) пергамент дешевле;
- б) в пергаменте возможна миграция компонентов битума в пищу;
- в) пергамин менее прочный;
- г) пергамент лучше пропускает воздух.

23. Норма расхода клея при ламинации обычно указывается в:

- а) кг/м³;
- б) г/м²;
- в) мл/мин;
- г) Н/мм.

24. Что такое «штанцформа»?

- а) пресс для гофрирования;
- б) оснастка для высечки и биговки картона;
- в) сушильная камера;
- г) клеенаносящий аппарат.

25. Основное преимущество прошивного мешка перед клеевым – это:

- а) более низкая стоимость;
- б) более высокая прочность и надежность шва;
- в) более высокая скорость производства;
- г) более гладкая поверхность.

26. Энергия УФ-облучения (доза) рассчитывается как:

- а) интенсивность / время;
- б) интенсивность * время;
- в) скорость конвейера / длина лампы;
- г) мощность лампы * напряжение.

27. Для чего в состав парафинов для пропитки добавляют полиэтилен (ПЭ-воск)?

- а) для уменьшения стоимости;
- б) для увеличения текучести;
- в) для повышения термостойкости и прочности пленки;
- г) для изменения цвета.

28. Что такое «миграция» в контексте переработки бумаги?

- а) перемещение рулонов на складе,
- б) перемещение компонентов пропитки или клея на поверхность материала,
- в) изменение направления волокон,
- г) процесс нанесения покрытия.

29. Если при ламинации появляются пузыри, наиболее вероятная причина – это:

- а) слишком низкая температура,
- б) плохая адгезия, вызванная низкой поверхностной энергией или загрязнением,
- в) слишком толстая пленка,
- г) слишком высокая скорость.

30. Удельная теплота парообразования воды – это важный параметр для расчета:

- а) силы резания,
- б) мощности сушильной установки,
- в) усилия биговки,
- г) расхода клея.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ватолин, С. А. Производство гофрированного картона и тары из него: учебное пособие для вузов / С. А. Ватолин, А. С. Ватолин. – Москва: Лесная промышленность, 2020. – 415 с.: ил. – ISBN 978-5-904962-15-3. – Текст: непосредственный.
2. Горбунов, Б. Е. Переработка макулатуры в облагороженные виды бумаги и картона / Б. Е. Горбунов, Т. В. Мальцева. – Санкт-Петербург: Политехника, 2019. – 210 с.: ил. – ISBN 978-5-7325-1234-8. – Текст: непосредственный.
3. Демидов, Н. В. Технология бумаги: учебник для вузов / Н. В. Демидов, П. Г. Кузнецов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: МГУП, 2018. – 512 с.: ил. – ISBN 978-5-89176-234-1. – Текст: непосредственный.
4. Комаров, В. И. Современное оборудование для производства гофротары: справочное пособие / В. И. Комаров. – Санкт-Петербург: Профессия, 2021. – 288 с.: ил. – ISBN 978-5-93913-405-9. – Текст: непосредственный.
5. Лаптев, А. Б. Процессы и аппараты химической технологии переработки древесины: учебное пособие / А. Б. Лаптев, Т. А. Лаптева. – Москва: Лань, 2022. – 400 с.: ил. – ISBN 978-5-8114-7890-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/200456> (дата обращения: 10.09.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Пергамент и пергамин: технологии и области применения. – Текст: электронный // Картон и гофрокартон: научно-технический и производственный журнал. – 2021. – № 4. – С. 34–39. – URL: <https://www.karton.gcfpres.ru/jour/issue/view/45> (дата обращения: 10.09.2025).
7. Проблемы адгезии при ламинации упаковочных материалов и методы их решения / О. С. Новикова [и др.]. – Текст: непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 5. – С. 12–17.
8. Семенов, Г. В. Механическая обработка бумаги и картона: резка, биговка, высечка: практическое руководство / Г. В. Семенов. – Москва: Академия, 2019. – 192 с.: ил. – ISBN 978-5-4468-5678-9. – Текст: непосредственный.
9. Смирнов, Е. П. Технология влагопрочных и жиронепроницаемых видов бумаги / Е. П. Смирнов. – Текст: электронный // Бумажная промышленность: технико-экономический информационный сборник. – 2022. – № 1. – С. 45–52. – URL: <http://bumprom.ru/archive/2022/1/> (дата обращения: 10.09.2025).
10. Филиппова, Л. М. Основы технологии переработки бумаги и картона: учебное пособие / Л. М. Филиппова. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 145 с.: ил. – ISBN 978-5-321-09876-5. – Текст: электронный // ЭБС УрФУ. – URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/98765> (дата обращения: 10.09.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Учебное издание

Казиминова Дарья Игоревна

**Химико-механическая технология обработки
и переработки целлюлозы, бумаги и картона**

Практикум

Редактор и корректор М. Д. Баранова
Техн. редактор Д. А. Романова

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 25.05.2026 г. Рег. № 5010/26

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.