

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Специальность 35.02.04  
Технология комплексной переработки древесины

## **МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

*ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ*

*по МДК.01.01*  
**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА  
ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ»**

Братск 2019

Составила (разработала) Юдинцева Г.Н., преподаватель кафедры  
химико-механических дисциплин

Рассмотрено на заседании кафедры химико-механических дисциплин

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_

Одобрено и утверждено редакционным советом

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

## Содержание

Введение	4
1 Образец выполнения подраздела «Характеристика сырья и готовой продукции»	8
2 Пример расчёта материального баланса и оборудования технологического процесса варки целлюлозы	11
2.1 Расчет материального баланса	11
2.2 Расчёт основного и вспомогательного оборудования	33
3 Образец выполнения таблицы контролируемых и регулируемых параметров технологического процесса варки	43
Заключение	49
Список использованных источников	50
Приложение А	51

## Введение

МДК.01.01 «Технология и оборудование волокнистых полуфабрикатов» входит в состав ПМ.01 «Осуществление технологических процессов комплексной переработки древесины», который является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 35.02.04 Технология комплексной переработки древесины.

Результатом освоения профессионального модуля является овладение обучающимся видом профессиональной деятельности (ВПД) **Осуществление технологических процессов комплексной переработки древесины**, в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Управлять технологическими процессами получения волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона, древесноволокнистых (древесно-стружечных) плит, лесохимической продукции по стадиям производства.
ПК 1.2	Обеспечивать бесперебойную и безопасную эксплуатацию оборудования.
ПК 1.3	Контролировать качество сырья, полуфабрикатов, химикатов, материалов, готовой продукции комплексной переработки древесины.
ПК 1.4	Участие во внедрении современных технологических процессов комплексной переработке древесины.
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
ОК 4	Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7	Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9	Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

**иметь практический опыт:**

- ведения технологических процессов в соответствии с технологической документацией;
- эксплуатации технологического оборудования в соответствии с нормативно-технической документацией;
- ведения контроля технологических процессов с применением средств информационно-автоматизированных систем;
- проведения анализа причин возникновения дефектов и брака при выпуске продукции с разработкой мероприятий по их предупреждению;

**уметь:**

- осуществлять технологические операции по всем стадиям производства переработки древесины в соответствии с требованиями технологического регламента на заданную продукцию;
- осуществлять контроль и регулирование параметров по стадиям технологического процесса с применением средств АСУТП;
- рассчитывать материальные и тепловые балансы технологических процессов;
- составлять и оформлять изменения (дополнения) к технологическим регламентам;
- составлять карты и принципиальные схемы технологических процессов;
- производить подготовку оборудования к работе с выявлением и устранением возможных неисправностей;
- разрабатывать технологические режимы на новые виды продукции;
- рассчитывать и подбирать технологическое оборудование, используя информационно-справочные материалы ведущих организаций и производителей;
- разрабатывать технологическую документацию при внедрении технологических процессов комплексной переработки древесины;
- осуществлять опытно-промышленные испытания при внедрении технологических процессов;
- осуществлять контроль работы технологического оборудования в соответствии с требованиями правил эксплуатации и использованием средств автоматизированных систем управления;
- обеспечивать подготовку оборудования к проведению планово-предупредительных ремонтов;
- разрабатывать мероприятия, обеспечивающие безопасные условия труда;
- осуществлять в рамках структурного подразделения экологический контроль соблюдения установленных требований и действующих норм, правил

и стандартов;

- рассчитывать экологический риск и оценивать ущерб окружающей среде;

**знать:**

- технологические процессы и режимы производства комплексной переработки древесины;

- виды и характеристику сырья, полуфабрикатов, химикатов, материалов и теплоэнергетических ресурсов для комплексной переработки древесины;

- устройство, принцип действия технологического оборудования и расчет технических параметров;

- химические, физико-химические, гидромеханические, тепловые и массообменные процессы, происходящие при переработке древесины;

- методы контроля производства продукции по стадиям технологического процесса;

- виды нормативно-технической и технологической документации;

- виды дефектов и брака продукции, способы их устранения;

- принцип работы регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры и автоматизированных систем управления технологическим процессом;

- современные технологии и оборудование переработки древесины;

- использование вторичного сырья и энергоресурсов;

- требования ЕСКД и ЕСТД к оформлению технической и технологической документации;

- методы и средства защиты от опасных и вредных производственных факторов;

- перечень мероприятий по охране окружающей среды;

- методы переработки, утилизации и захоронения промышленных отходов;

- виды и источники заражения природной среды;

- состав и структуру экологических паспортов промышленных организаций.

Работа над курсовым проектом – это завершающий этап изучения МДК.01.01 «Технология и оборудование производства волокнистых полуфабрикатов».

Самостоятельное решение задач курсового проектирования создает опыт проектно-конструкторской работы, вырабатывают умение творчески мыслить и дает определенный навык в работе с нормативно - справочной и технической литературой. При выполнении курсового проекта приобретаются навыки по расчету материального баланса технологического процесса, по расчету и выбору основного и вспомогательного оборудования, навыки по выполнению технологической схемы и монтажного чертежа отметки цеха.

При выполнении курсового проекта студенты должны проявлять инициативу, самостоятельность и индивидуальность в решении конкретных

вопросов проекта, пользуясь технической литературой, справочниками, каталогами, данными интернет-ресурсов и т.д.

Данное методическое пособие дает направления в самостоятельной работе студентов по выполнению курсового проекта. При работе над курсовым проектом учащиеся должны непременно учитывать перспективные направления в развитии отрасли.

## 1 Образец выполнения подраздела «Характеристика сырья и готовой продукции»

Изготавливаемая небелёная хвойная целлюлоза по механической прочности должна соответствовать требованиям ГОСТ 9571-89 СТО для белёной хвойной сульфатной целлюлозы.

По физико-химическим показателям небелёная хвойная сульфатная целлюлоза должна соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические нормы небелёной хвойной целлюлозы

Наименование	ГОСТ, СТО	Регламентируемые показатели	Ед. изм.	Значение
Небелёная сульфатная целлюлоза из древесины хвойных пород	ГОСТ 9571-89 СТО 80241670- 010-2013	1 Механическая прочность при размоле до 60 <sup>0</sup> ШР:	км	9
		1.1 Разрывная длина, не менее		
		1.2 Прочность на излом, число двойных перегибов, не менее		1300
		2 Число Каппа	Ед. Каппа	28-36
		3 Остаточная общая щёлочность в массе	г/дм <sup>3</sup> в ед. Na <sub>2</sub> O	Не>0,4

Характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов приведена в таблице 2.



Таблица 2 – Характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Наименование сырья, Материалов, полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, технические условия, Регламент или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту обязательные для проверки	Регламентируемые показатели
1	2	3	4
Щепа технологическая из хвойных пород древесины	ГОСТ 15815-83 Технологический регламент производства щепы № 80241670-ФБ-22730-91	Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром: 30 мм,%, не более 20 мм и 10 мм,% не менее 5 мм,% не более на поддоне, % не более Массовая доля коры,% не более Массовая доля гнили,% не более Обугленные частицы и металлические включения Массовая доля хвойных пород,% не менее Массовая доля лиственных пород,% не более Массовая доля лиственницы в щепе: Для белёной хвойной целлюлозы марок SES, ES, % не более Для белёной хвойной целлюлозы марки LBM, %	5,0 84,0 10 1.0 1,5 3 Не допускаются 90,0 10 20 20-40
Белый щёлок	Технологический регламент цеха каустизации и регенерации извести производства приготовления химикатов	Массовая концентрация общей щёлочи( $\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{S}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), г/дм <sup>3</sup> , в пересчёте на ед. $\text{Na}_2\text{O}$ не менее	112-122

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Белый щёлок	Технологический регламент цеха каустизации и регенерации извести производства приготовления химикатов	Массовая концентрация активной щёлоча (NaOH+Na <sub>2</sub> S), г/дм <sup>3</sup> , в пересчёте на ед. Na <sub>2</sub> O, не менее Сульфидность, % не менее Степень каустизации, % не менее Массовая концентрация взвешенных веществ, г/дм <sup>3</sup> , не более Температура, °С, не менее	100 27 80 60 85
Технологический пар высокого давления	Режимная карта для ТЭС по поддержанию параметров пара и воды потребителям	Давление избыточное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) Температура, °С	1,2 (12) 200
Технологический пар низкого давления	Режимная карта для ТЭС по поддержанию параметров пара и воды потребителям	Давление избыточное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) Температура, °С	0,5 (5) 165

## 2 Пример расчёта материального баланса и оборудования технологического процесса варки целлюлозы

Варочный цех завода сульфатной блененой целлюлозы для бумаг производительностью 850 т/сут.

### 2.1 Расчёт материального баланса

Исходные данные для расчета материального баланса представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчёта материального баланса

Наименование показателей	Величина показателя
Влажность древесины (относительная), %	35
Жидкостный модуль при загрузке щепы	3
Выход:	
-древесного остатка после зоны пропитки, %	80
-целлюлозы из древесины, %	50
-скипидара при пропарке щепы, кг/т целлюлозы	4
Расход активной щёлочи, % от массы абсолютно сухой древесины, единицы $\text{Na}_2\text{O}$	17
Параметры белого щёлока:	
-концентрация активной щёлочи, кг $\text{Na}_2\text{O}/\text{м}^3$	115
-степень сульфидности	0,28
-степень каустизации	0,89
-степень восстановления	0,94
Температура, °C:	
-щепы при загрузке в пропарочную цистерну	10
-в пропарочной цистерне	120
-в варочной зоне котла	172
-щёлока, отбираемого из котла в верхний расширительный циклон	170
-пара из верхнего расширительного циклона	140
-пара из нижнего расширительного циклона	105
Эффективность промывки в котле	0,98
Концентрация	
-массы при выдувке, %	10
-щёлока, отбираемого в верхний циклон, %	18
-слабого щёлока из диффузора, %	4
-массы после домывки в диффузоре	10

## 2.1.1 Пропарка щепы

2.1.1.1 Масса воздушно сухой древесины рассчитывается по формуле

$$X_{0.1} = \frac{880}{W}, \quad (1)$$

где  $X_{0.1}$  – масса воздушно сухой древесины, кг;  
880 – масса абсолютно сухой древесины, кг;  
 $W$  – выход целлюлозы из древесины, %.

$$X_{0.1} = \frac{880}{0,5} = 1760 \text{ кг}$$

2.1.1.2 Влага, поступающая с древесиной, рассчитывается по формуле

$$Y_{0.1} = X_{0.1} \cdot \frac{W_{\text{отн}}}{100 - W_{\text{отн}}}, \quad (2)$$

где  $Y_{0.1}$  – влага, поступающая с древесиной, кг;  
 $W_{\text{отн}}$  – влажность древесины (относительная), %.

$$Y_{0.1} = 1760 \cdot \frac{35}{100 - 35} = 947,69 \text{ кг}$$

2.1.1.3 Тепло необходимое для нагрева древесины рассчитывается по формуле

$$Q = X_{0.1} \cdot C_{\text{д}} \cdot (T - t) + Y_{0.1} \cdot C_{\text{в}} \cdot (T - t), \quad (3)$$

где  $Q$  – тепловая энергия, кДж;  
 $T$  – температура в пропарочной цистерне, °С;  
 $t$  – температура щепы при загрузке в пропарочную камеру, °С;  
 $C_{\text{д}}$  – теплоёмкость древесины, кДж/(кг · °С);  
 $C_{\text{в}}$  – теплоёмкость воды, кДж/(кг · °С).

$$Q = 1760 \cdot 1,34 \cdot (120 - 10) + 947,69 \cdot 4,19 \cdot (120 - 10) = 696214,32 \text{ кДж}$$

2.1.1.4 Количество образующегося конденсата рассчитывается по формуле

$$G = \frac{Q \cdot 1,035}{I - C_{\text{в}} \cdot T}, \quad (4)$$

где  $G$  – конденсат, образующийся при пропарке щепы, кг;

3,5 – потери тепла, %;

I – теплосодержание пара при температуре 140 °С, I = 2734, кДж/кг [таблица А.8].

$$G = \frac{696214,32 \cdot 1,035}{2734 - 4,19 \cdot 120} = 322,96 \text{ кг}$$

2.1.1.5 Количество древесины, поступающей в питательную камеру питателя высокого давления и в зону загрузки варочного котла, рассчитывается по формуле

$$X_{1.2} = X_{0.1} - \Gamma, \quad (5)$$

где  $X_{1.2}$  – древесина, поступающая в питательную камеру, кг;  
 $\Gamma$  – скипидар, образующийся при пропарке щепы, кг/т.

$$X_{1.2} = 1760 - 4 = 1756 \text{ кг}$$

2.1.1.6 Количество воды, поступающей в питательную камеру питателя высокого давления и в зону загрузки варочного котла, рассчитывается по формуле

$$Y_{1.2} = Y_{0.1} + G, \quad (6)$$

где  $Y_{1.2}$  – вода, поступающая в питательную камеру, кг.

$$Y_{1.2} = 1173,3 + 322,96 = 1496,26 \text{ кг}$$

## 2.1.2 Загрузка щепы и варочного щёлока в котёл

2.1.2.1 Общее количество жидкости, загружаемой в котел, рассчитывается по формуле

$$m_{\text{ж}} = X_{1.2} \cdot \Gamma, \quad (7)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – общее количество жидкости, загружаемое в котёл, кг;  
 $\Gamma$  – жидкостный модуль при загрузке щепы.

$$m_{\text{ж}} = 1756 \cdot 3 = 5268 \text{ кг}$$

2.1.2.2 Количество варочного раствора за вычетом влаги древесины и конденсата рассчитывается по формуле

$$V_{\text{вр}} = X_{1.2} - Y_{0.1} - G, \quad (8)$$

где  $V_{вр}$  – количество варочного раствора, кг.

$$V_{вр} = 5268 - 1173,3 - 322,96 = 3771,74 \text{ кг}$$

2.1.2.3 Количество белого щёлока рассчитывается по формуле

$$V_{б.щ} = \frac{X_{1.2} \cdot 0,17}{C_{б.щ}}, \quad (9)$$

где  $V_{б.щ}$  – количество белого щелока, кг;

17 – расход активной щёлочи, %;

$C_{б.щ}$  – концентрация белого щёлока, кг/дм<sup>3</sup>.

$$V_{б.щ} = \frac{1756 \cdot 0,17}{0,115} = 2595,83 \text{ дм}^3$$

2.1.2.4 Расход активной щёлочи рассчитывается по формуле

$$C_{а.щ} = Y_{1.2} \cdot 0,17, \quad (10)$$

где – расход активной щелочи, кг.

$$C_{а.щ} = 1756 \cdot 0,17 = 295,52 \text{ кг}$$

Расчёт состава белого щёлока приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчёт состава белого щёлока

Компоненты щёлока	Концентрация, г/дм <sup>3</sup>	
	в единицах Na <sub>2</sub> O	в собственных единицах
NaOH	$115 \cdot (1 - 0,28) = 82,8$	$82,8 \cdot \frac{40 \cdot 2}{62} = 106,84$
Na <sub>2</sub> S	$115 \cdot 0,28 = 32,2$	$32,2 \cdot \frac{78}{62} = 40,51$
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$82,8 \cdot \frac{1 - 0,89}{0,89} = 10,23$	$10,23 \cdot \frac{106}{62} = 17,49$
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$32,2 \cdot \frac{1 - 0,94}{0,94} = 2,06$	$2,06 \cdot \frac{142}{62} = 4,72$
Всего	127,29	169,56

Значения в таблице 6 0,28, 0,89, 0,94 – степень сульфидности, каустизации и восстановления.

2.1.2.5 Степень активности белого щёлока рассчитывается по формуле

$$A_{б.щ} = \frac{NaOH + Na_2S}{NaOH + Na_2S + Na_2CO_3 + Na_2SO_4}, \quad (11)$$

где  $A_{б.щ}$  – степень активности белого щелока, доли.

$$A_{б.щ} = \frac{82,8 + 32,2}{127,29} = 0,903$$

2.1.2.6 Общее количество содопродуктов, поступающих на 1 тонну целлюлозы с белым щёлоком, рассчитывается по формуле

$$m_c = \frac{C_{а.щ}}{A_{б.щ}}, \quad (12)$$

где  $m_c$  – общее количество содопродуктов, кг.

$$m_c = \frac{298,52}{0,903} = 330,59 \text{ кг}$$

2.1.2.7 Коэффициент пересчёта количества содопродуктов из единиц  $Na_2O$  в собственные единицы рассчитывается по формуле

$$C = \frac{169,56}{127,29}, \quad (13)$$

где  $C$  – коэффициент пересчета;

169,56 – концентрация белого щёлока в собственных единицах, г/дм<sup>3</sup>;

127,29 – концентрация белого щёлока в единицах  $Na_2O$ , г/дм<sup>3</sup>.

$$C = \frac{169,56}{127,29} = 1,332$$

2.1.2.8 Количество содопродуктов, поступающих в котёл с белым щёлоком, на 1 т целлюлозы в собственных единицах рассчитывается по формуле

$$N_{0,2} = m_c \cdot 1,332, \quad (14)$$

где  $N_{0,2}$  – количество содопродуктов, кг.

$$N_{0,2} = 330,59 \cdot 1,332 = 440,35 \text{ кг}$$

2.1.2.9 Плотность белого щёлока при концентрации  $\text{Na}_2\text{O}$  127,29 г/дм<sup>3</sup> определяется интерполяцией

$$1,152 + \frac{127,29-121}{129,5-121} \cdot (1,162 - 1,152) = 1,1594 \text{ кг/дм}^3,$$

где 1,152 – плотность белого щелока при концентрации всего  $\text{Na}_2\text{O}$  121 г/дм<sup>3</sup>, кг/дм<sup>3</sup> [таблица А.9];

1,162 – плотность белого щелока при концентрации всего  $\text{Na}_2\text{O}$  129,5 г/дм<sup>3</sup>, кг/дм<sup>3</sup> [таблица А.9].

2.1.2.10 Масса загружаемого белого щёлока рассчитывается по формуле

$$m_{\text{б.щ}} = V_{\text{б.щ}} \cdot 1,1594, \quad (15)$$

где  $m_{\text{б.щ}}$  – масса загружаемого белого щелока, кг.

$$m_{\text{б.щ}} = 2595,83 \cdot 1,1594 = 3009,61 \text{ кг}$$

2.1.2.11 Масса загружаемой воды за вычетом количества содопродуктов рассчитывается по формуле

$$Y_{0.2} = m_{\text{б.щ}} - N_{0.2}, \quad (16)$$

где  $Y_{0.2}$  – масса загружаемой воды, кг.

$$Y_{0.2} = 3009,61 - 440,35 = 2569,26 \text{ кг}$$

2.1.2.12 Количество используемого чёрного щёлока рассчитывается по формуле

$$m_{\text{ч.щ}} = V_{\text{вр}} - m_{\text{б.щ}}, \quad (17)$$

где  $m_{\text{ч.щ}}$  – количество черного щелока, кг.

$$m_{\text{ч.щ}} = 3771,74 - 3009,61 = 762,13 \text{ кг}$$

2.1.2.13 Общее количество сухих веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитывается по формуле

$$R_{7.2} = m_{\text{ч.щ}} \cdot 0,18, \quad (18)$$

где  $R_{7.2}$  – общее количество сухих веществ, кг;

0,18 – доля сухих веществ в чёрном щёлоке.



$$R_{7.2} = 762,13 \cdot 0,18 = 137,18 \text{ кг}$$

2.1.2.14 Общее количество органических веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитывается по формуле

$$Z_{7.2} = R_{7.2} \cdot 0,70, \quad (19)$$

где  $Z_{7.2}$  – общее количество органических веществ, кг;  
70 – массовая доля органических веществ в чёрном щёлоке, %.

$$Z_{7.2} = 137,18 \cdot 0,70 = 96,03 \text{ кг}$$

2.1.2.15 Общее количество минеральных веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитывается по формуле

$$N_{7.2} = R_{7.2} \cdot 0,30, \quad (20)$$

где  $N_{7.2}$  – общее количество минеральных веществ, кг;  
30 – массовая доля минеральных веществ в чёрном щёлоке, %.

$$N_{7.2} = 137,18 \cdot 0,30 = 41,15 \text{ кг}$$

2.1.2.16 Минеральные вещества в единицах  $\text{Na}_2\text{O}$  рассчитывается по формуле

$$N_{6.1} = \frac{N_{7.2}}{c}, \quad (21)$$

где  $N_{6.1}$  – минеральные вещества в единицах  $\text{Na}_2\text{O}$ , кг;

$$N_{6.1} = \frac{41,15}{1,332} = 30,89 \text{ кг}$$

2.1.2.17 Количество воды в чёрном щёлоке рассчитывается по формуле

$$Y_{7.2} = m_{\text{ч.щ}} - R_{7.2}, \quad (22)$$

где  $Y_{7.2}$  – количество воды в черном щелоке, кг.

$$Y_{7.2} = 762,13 - 137,18 = 624,95 \text{ кг}$$

Баланс загрузки котла представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Баланс загрузки котла

Вещества	Приход			
	с пропаренной щепой	с белым щёлочком	с чёрным щёлочком	итого
Вода	1496,26	2569,26	624,95	4690,47
Органические вещества				
-древесина	1756	-	-	1756
-растворённые в щёлоче	-	-	96,03	96,03
Минеральные вещества	-	440,35	41,15	481,5
Итого	3252,26	3009,61	762,13	7024
в том числе всего Na <sub>2</sub> O	-	330,59	30,89	361,48

### 2.1.3 Варка целлюлозы

2.1.3.1 Выход целлюлозы в конце зоны варки рассчитывается по формуле

$$m_{ц} = X_{1.2} - X_{2.3}, \quad (23)$$

где  $m_{ц}$  – выход целлюлозы в конце зоны варки, кг;

$X_{2.3}$  – выход целлюлозы на 1т в.с. целлюлозы, 880 кг.

$$m_{ц} = 1756 - 880 = 876 \text{ кг}$$

2.1.3.2 Общее количество органических веществ в растворе к концу варки рассчитывается по формуле

$$m_{в} = Z_{7.2} - m_{ц}, \quad (24)$$

где  $m_{в}$  – общее количество органических веществ в растворе к концу варки, кг.

$$m_{в} = 96,03 + 876 = 972,03 \text{ кг}$$

2.1.3.3 Общее количество растворённых веществ рассчитывается по формуле

$$R_{3.4} = Z_{7.2} + N_{0.2} + N_{7.2}, \quad (25)$$

где  $R_{3.4}$  – общее количество растворённых веществ, кг.

$$R_{3.4} = 972,03 + 440,35 + 41,15 = 1453,53 \text{ кг}$$

2.1.3.4 Концентрация сухих веществ в щёлоке рассчитывается по формуле

$$c_{3.4} = \frac{R_{3.4} \cdot 100}{Y_{0.2} + Y_{1.2} + Y_{7.2} + R_{3.4}}, \quad (26)$$

где  $c_{3.4}$  – концентрация сухих веществ в щелоке, %.

$$c_{3.4} = \frac{1453,53 \cdot 100}{1496,26 + 2761,42 + 624,95 + 1453,53} = 22,94 \%$$

2.1.3.5 Доля всего  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке рассчитывается по формуле

$$N_{3.1} = \frac{361,48}{R_{3.4}}, \quad (27)$$

где  $N_{3.1}$  – доля всего  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке;

361,48 – количество  $\text{Na}_2\text{O}$ , загруженного в котёл, кг/т (таблица 5).

$$N_{3.1} = \frac{361,48}{1453,53} = 0,2487$$

## 2.1.4 Отбор крепкого чёрного щёлока

2.1.4.1 Количество сухих веществ черного щелока, отбираемого в расширительные циклоны, рассчитывается по формуле

$$R_{4.6} = R_{3.4} \cdot 0,98, \quad (28)$$

где  $R_{4.6}$  – количество сухих веществ черного щелока, кг;

0,98 – эффективность промывки.

$$R_{4.6} = 1453,53 \cdot 0,98 = 1424,46 \text{ кг}$$

2.1.4.2 Количество летучих веществ, направляющихся со щёлоком на регенерацию, рассчитывается по формуле

$$R_{7.0} = R_{4.6} - R_{7.2} - Z_{7.8}, \quad (29)$$

где  $R_{7.0}$  – количество летучих веществ, кг;

$R_{7.2}$  – сухие вещества, возвращающиеся на варку, кг;

$Z_{7.8}$  – летучие органические вещества, кг.

$$R_{7.0} = 1424,46 - 137,18 - 20 = 1267,28 \text{ кг}$$

2.1.4.3 Потери сухих веществ при окончательной промывке в диффузоре рассчитывается по формуле

$$R_{9,10} = R_{3,4} - R_{4,6}, \quad (30)$$

где  $R_{9,10}$  – потери сухих веществ при окончательной промывке в диффузоре, кг.

$$R_{9,10} = 1453,53 - 1424,46 = 29,07 \text{ кг}$$

2.1.4.4 Общее количество щёлока при концентрации сухих веществ 18 % рассчитывается по формуле

$$V_{4,6} = \frac{R_{4,6} \cdot 100}{18}, \quad (31)$$

где  $V_{4,6}$  – общее количество щелока при концентрации сухих веществ 18%, кг.

$$V_{4,6} = \frac{1424,46 \cdot 100}{18} = 7913,67 \text{ кг}$$

2.1.4.5 Количество воды в чёрном щёлоке при концентрации сухих веществ 18 % рассчитывается по формуле

$$Y_{4,6} = V_{4,6} - R_{4,6}, \quad (32)$$

где  $Y_{4,6}$  – количество воды в черном щелоке при концентрации сухих веществ 18%, кг.

$$Y_{4,6} = 7913,67 - 1424,46 = 6489,21 \text{ кг}$$

2.1.4.6 Количество сухих веществ в слабом щёлоке, подаваемом на вытеснение в зону отбора крепкого щелока из промывной зоны, рассчитывается по формуле

$$R_{5,4} = Y_{4,6} \cdot \frac{c_{5,4}}{100 - c_{5,4}}, \quad (33)$$

где  $R_{5,4}$  – количество сухих веществ в слабом щелоке, кг;  
 $c_{5,4}$  – концентрация растворённых веществ в щёлоке, принимается  $c_{5,4} = 10 \%$ .

$$R_{5.4} = 6489,21 \cdot \frac{10}{100 - 10} = 721,02 \text{ кг}$$

2.1.4.7 Количество сухих веществ, поступающих в зону промывки, рассчитывается по формуле

$$R_{4.5} = R_{5.4} + R_{9.10}, \quad (34)$$

где  $R_{4.5}$  – количество сухих веществ, поступающих в зону промывки, кг.

$$R_{4.5} = 721,02 + 29,07 = 750,09 \text{ кг.}$$

2.1.4.8 В верхнем расширительном циклоне поддерживается избыточное давление 0,26 МПа, следовательно, абсолютное давление составит 0,361 МПа. За счет самоиспарения температура щелока снижается от 170°C до 140°C и образуется пар. Количество пара рассчитывается по формуле

$$Y_{6.1} = \frac{(Y_{4.6} \cdot q_Y \cdot R_{4.6} \cdot q_R) \cdot (170 - 140)}{j}, \quad (35)$$

где  $Y_{6.1}$  – количество пара, кг;

$q_Y$  – теплоёмкость воды, кДж/(кг·°C);

$q_R$  – теплоёмкость растворённых веществ, кДж/(кг·°C);

$j$  – скрытая теплота парообразования, кДж/кг при давлении 0,61 МПа [таблица А.9].

$$Y_{6.1} = \frac{(6489,21 \cdot 4,19 + 1424,46 \cdot 1,34) \cdot (170 - 140)}{2144} = 407,16 \text{ кг}$$

2.1.4.10 Количество пара, уходящего в терпентинный конденсатор, рассчитывается по формуле

$$Y_{1.8} = Y_{6.1} - G, \quad (36)$$

где  $Y_{1.8}$  – количество пара, уходящего в терпентинный конденсатор, кг.

$$Y_{1.8} = 407,16 - 322,96 = 84,2 \text{ кг}$$

2.1.4.11 Вода, поступающая с чёрным щёлоком в нижний расширительный циклон, рассчитывается по формуле

$$Y_{6.7} = Y_{4.6} - Y_{6.1}, \quad (37)$$

где  $Y_{6.7}$  – вода, поступающая с чёрным щёлочком в нижний расширительный циклон, кг.

$$Y_{6.7} = 6489,21 - 407,16 = 6082,05 \text{ кг}$$

2.1.4.12 Количество сухих веществ, поступающих с чёрным щёлочком в нижний расширительный циклон, рассчитывается по формуле

$$R_{6.7} = R_{4.6}, \quad (38)$$

где  $R_{6.7}$  – количество сухих веществ, поступающих с чёрным щёлочком в нижний расширительный циклон, кг.

$$R_{6.7} = 1424,46 \text{ кг}$$

2.1.4.13 давление в нижнем расширительном циклоне падает до 0,02 МПа. Этому давлению соответствует температура 105°C и скрытая теплота парообразования  $j = 2244$  кДж/кг [таблица А.8]. Количество водяного пара, уходящего в терпентинный конденсатор из нижнего циклона, рассчитывается по формуле

$$Y_{7.8} = \frac{(Y_{6.7} \cdot q_Y + R_{4.6} \cdot q_R) \cdot (140 - 105)}{j}, \quad (39)$$

где  $Y_{7.8}$  – количество водяного пара, уходящего в терпентинный конденсатор из нижнего циклона, кг.

$$Y_{7.8} = \frac{(6082,05 \cdot 4,19 + 1424,46 \cdot 1,34) \cdot (140 - 105)}{2244} = 427,25 \text{ кг}$$

2.1.4.14 Количество воды, оставшейся в щёлоче, рассчитывается по формуле

$$Y_{7.2+7.0} = Y_{6.7} - Y_{7.8}, \quad (40)$$

где  $Y_{7.2+7.0}$  – количество воды, оставшейся в щёлоче, кг.

$$Y_{7.2+7.0} = 6082,05 - 427,25 = 5654,8 \text{ кг}$$

2.1.4.15 Концентрация щёлочка с учетом 20 кг летучих веществ, удаленных в терпентинный конденсатор, рассчитывается по формуле

$$c_{7.2} = c_{7.0} = \frac{(R_{6.7} - Z_{7.8}) \cdot 100}{(R_{6.7} - Z_{7.8}) + Y_{7.2+7.0}}, \quad (41)$$

где  $c_{7.2}$  – концентрация щелока, %;

$Z_{7.8}$  – летучие вещества, 20кг.

$$c_{7.2} = c_{7.0} = \frac{(1424,46 - 20) \cdot 100}{(1424,46 - 20) + 5654,8} = 19,9 \%$$

2.1.4.16 Общее количество сухих веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитывается по формуле

$$R_{7.2} = m_{7.2} \cdot c_{7.2}, \quad (42)$$

где  $R_{7.2}$  – Общее количество сухих веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, кг;

$m_{7.2}$  – количество щёлока для варки, кг.

$$R_{7.2} = 762,13 \cdot 0,199 = 151,66 \text{ кг}$$

2.1.4.17 Количество органических веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитывается по формуле

$$Z_{7.2} = R_{7.2} \cdot 0,70, \quad (43)$$

где  $Z_{7.2}$  – количество органических веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, кг.

$$Z_{7.2} = 151,66 \cdot 0,70 = 106,16 \text{ кг}$$

2.1.4.18 Количество минеральных веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, рассчитываются по формуле

$$N_{7.2} = R_{7.2} \cdot 0,30, \quad (44)$$

где  $N_{7.2}$  – количество минеральных веществ, поступающих в котёл с чёрным щёлоком, кг.

$$N_{7.2} = 151,66 \cdot 0,30 = 45,5 \text{ кг}$$

2.1.4.19 Количество минеральных веществ в единицах  $\text{Na}_2\text{O}$  рассчитывается по формуле

$$N_{3.2} = \frac{N_{7.2}}{C}, \quad (45)$$

где  $N_{3.2}$  – количество минеральных веществ в единицах  $Na_2O$ , кг.

$$N_{3.2} = \frac{45.5}{1.332} = 34.16 \text{ кг}$$

2.1.4.20 Количество воды в чёрном щёлоке рассчитывается по формуле

$$Y_{7.2} = m_{7.2} - R_{7.2}, \quad (46)$$

где  $Y_{7.2}$  – количество воды в чёрном щёлоке, кг.

$$Y_{7.2} = 762,13 - 151,66 = 610,47 \text{ кг}$$

В таблице 6 указан баланс загрузки котла.

Таблица 6 – Баланс загрузки котла

Вещества	Приход			
	с пропаренной щепой	с белым щёлочком	с чёрным щёлочком	итого
Вода	1496,26	2569,26	610,47	4675,99
Органические вещества				
-древесина	1756	-	-	1756
-растворённые в щёлоке	-	-	106,16	106,16
Минеральные вещества	-	440,35	45,5	485,85
Итого	3252,26	3009,61	762,13	7024
в том числе всего $Na_2O$	-	330,59	34,16	364,75

2.1.4.21 Количество органических веществ, переходящих в зону варки, рассчитывается по формуле

$$X_{7.2} = X_{1.2} - X_{2.3}, \quad (47)$$

где  $X_{7.2}$  – количество органических веществ, переходящих в зону варки, кг.

$$X_{7.2} = 1756 - 880 = 876 \text{ кг}$$

2.1.4.22 Общее количество органических веществ в растворе к концу варки рассчитывается по формуле

$$Z_{7.8} = Z_{7.2} + X_{7.2}, \quad (48)$$

где  $Z_{7.8}$  – общее количество органических веществ в растворе к концу варки, кг.



$$Z_{7,8} = 106,16 + 876 = 982,16 \text{ кг}$$

2.1.4.23 Общее количество сухих веществ в щёлоче к концу варки рассчитывается по формуле

$$R_{3,4} = Z_{7,8} + N_{7,3}, \quad (49)$$

где  $R_{3,4}$  – общее количество сухих веществ в щёлоче к концу варки, кг;  
 $N_{7,3}$  – минеральные вещества, загруженные в котёл, кг.

$$R_{3,4} = 982,16 + 485,5 = 1467,66 \text{ кг}$$

2.1.4.24 Концентрация сухих веществ в щёлоче рассчитывается по формуле

$$c_{3,4} = \frac{R_{3,4} \cdot 100}{m_{\text{в}} + R_{3,4}}, \quad (50)$$

где  $c_{3,4}$  – концентрация сухих веществ в щёлоче, %;  
 $m_{\text{в}}$  – количество воды поступающее в котёл, кг.

$$c_{3,4} = \frac{1467,66 \cdot 100}{4675,99 + 1467,66} = 23,89 \%$$

2.1.4.25 Доля всего  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке рассчитывается по формуле

$$N = \frac{364,75}{R_{3,4}}, \quad (51)$$

где  $N$  – доля всего  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке;  
364,75 – количество  $\text{Na}_2\text{O}$ , загружаемого в котёл, кг/т (таблица 9).

$$N = \frac{364,75}{1467,66} = 0,2485$$

2.1.4.26 Количество сухих веществ, удаляемых из котла, рассчитывается по формуле

$$R_{4,6} = R_{3,4} \cdot 0,98, \quad (52)$$

где  $R_{4,6}$  – количество сухих веществ, удаляемых из котла, кг;  
0,98 – эффективность промывки.

$$R_{4,6} = 1467,66 \cdot 0,98 = 1438,31 \text{ кг}$$

2.1.4.27 Количество летучих веществ, направляемых со щёлоком на регенерацию, рассчитывается по формуле

$$R_{7,0} = R_{4,6} - R_{7,2} - Z_{7,8}, \quad (53)$$

где  $R_{7,0}$  – количество летучих веществ, направляемых со щёлоком на регенерацию, кг;

$$R_{7,0} = 1438,31 - 151,66 - 20 = 1266,65 \text{ кг}$$

2.1.4.28 Потери сухих веществ при окончательной промывке в диффузоре рассчитывается по формуле

$$R_{9,10} = R_{3,4} - R_{4,6}, \quad (54)$$

где  $R_{9,10}$  – Потери сухих веществ при окончательной промывке в диффузоре, кг.

$$R_{9,10} = 1467,66 - 1438,31 = 29,35 \text{ кг}$$

2.1.4.29 Общее количество щёлока при концентрации сухих веществ 18 % рассчитывается по формуле

$$V_{4,6} = \frac{R_{4,6} \cdot 100}{c_{4,6}}, \quad (55)$$

где  $V_{4,6}$  – общее количество щёлока при концентрации сухих веществ 18 %, кг;

$c_{4,6}$  – концентрация щёлока, отбираемого в верхний циклон, %.

$$V_{4,6} = \frac{1438,31 \cdot 100}{18} = 7990,61 \text{ кг}$$

2.1.4.30 Количество воды в черном щелоке при концентрации сухих веществ 18% рассчитывается по формуле

$$Y_{4,6} = V_{4,6} - R_{4,6}, \quad (56)$$

где  $Y_{4,6}$  – количество воды в черном щелоке при концентрации сухих веществ 18%, кг.

$$Y_{4,6} = 7990,61 - 1438,31 = 6552,3 \text{ кг}$$

2.1.4.31 Количество сухих веществ в щёлоче рассчитывается по формуле

$$R_{5.4} = Y_{4.6} \cdot \frac{C_{5.4}}{100 - C_{5.4}}, \quad (57)$$

где  $R_{5.4}$  – количество сухих веществ в щёлоче, кг.

$$R_{5.4} = 6552,3 \cdot \frac{10}{100 - 10} = 728,03 \text{ кг}$$

2.1.4.32 Количество сухих веществ, поступающих в зону промывки, рассчитывается по формуле

$$R_{4.5} = R_{5.4} + R_{9.10}, \quad (58)$$

где  $R_{4.5}$  – количество сухих веществ, поступающих в зону промывки, кг.

$$R_{4.5} = 728,03 + 29,35 = 757,38 \text{ кг}$$

2.1.4.33 Количество пара, уходящего из верхнего расширительного циклона, рассчитывается по формуле

$$Y_{6.1} = \frac{(Y_{4.6} \cdot q_Y \cdot R_{4.6} \cdot q_R) \cdot (170 - 140)}{j}, \quad (59)$$

где  $Y_{6.1}$  – количество пара, уходящего из верхнего расширительного циклона, кг.

$$Y_{6.1} = \frac{(6552,3 \cdot 4,19 + 1438,31 \cdot 1,34) \cdot (170 - 140)}{2144} = 411,12 \text{ кг}$$

2.1.4.34 Количество пара, уходящего в терпентинный конденсатор, рассчитывается по формуле

$$Y_{1.8} = Y_{6.1} - G, \quad (60)$$

где  $Y_{1.8}$  – количество пара, уходящего в терпентинный конденсатор, кг.

$$Y_{1.8} = 411,12 - 322,96 = 88,16 \text{ кг}$$

2.1.4.35 Количество воды, поступающей с чёрным щёлочком в нижний циклон расширительный циклон, рассчитывается по формуле

$$Y_{6.7} = Y_{4.6} - Y_{6.1}, \quad (61)$$

где  $Y_{6.7}$  – количество воды, поступающей с чёрным щёлочком в нижний циклон расширительный циклон, кг.

$$Y_{6.7} = 6552,3 - 411,12 = 6141,18 \text{ кг}$$

2.1.4.36 Количество водяного пара, уходящего в терпентинный конденсатор из нижнего расширительного циклона, рассчитывается по формуле

$$Y_{7.8} = \frac{(Y_{6.7} \cdot q_Y + R_{4.6} \cdot q_R) \cdot (140 - 105)}{j}, \quad (62)$$

где  $Y_{7.8}$  – количество водяного пара, уходящего в терпентинный конденсатор из нижнего расширительного циклона, кг.

$$Y_{7.8} = \frac{(6141,18 \cdot 4,19 + 1438,31 \cdot 1,34) \cdot (140 - 105)}{2244} = 431,4 \text{ кг}$$

2.1.4.37 Количество воды, оставшейся в щёлоке, рассчитывается по формуле

$$Y_{7.2+7.0} = Y_{6.7} - Y_{7.8}, \quad (63)$$

где  $Y_{7.2+7.0}$  – количество воды, оставшейся в щёлоке, кг.

$$Y_{7.2+7.0} = 6141,18 - 431,4 = 5709,78 \text{ кг}$$

2.1.4.38 Количество сухих веществ, оставшихся в щёлоке, рассчитывается по формуле

$$R_{7.2+7.0} = R_{4.6} - Z_{7.8}, \quad (64)$$

где  $R_{7.2+7.0}$  – количество сухих веществ, оставшихся в щёлоке, кг.

$$R_{7.2+7.0} = 1438,31 - 20 = 1418,31 \text{ кг}$$

2.1.4.39 Концентрация щёлока рассчитывается по формуле

$$c_{7.2} = c_{7.0} = \frac{R_{7.2+7.0} \cdot 100}{R_{7.2+7.0} + Y_{7.2+7.0}}, \quad (65)$$

где  $c_{7.2}$  – концентрация щёлока, %.

$$c_{7.2} = c_{7.0} = \frac{1418,31 \cdot 100}{1418,31 + 5709,78} = 19,9 \%$$

2.1.4.40 Количество воды, отбираемой в систему регенерации, рассчитывается по формуле

$$Y_{7.0} = Y_{7.2+7.0} - Y_{7.2}, \quad (66)$$

где  $Y_{7.0}$  – количество воды, отбираемой в систему регенерации, кг.

$$Y_{7.0} = 5709,78 - 610,47 = 5099,31 \text{ кг}$$

2.1.4.41 Количество растворённых сухих веществ, отбираемых в систему регенерации, рассчитывается по формуле

$$R_{7.0} = R_{7.2+7.0} - R_{7.2}, \quad (67)$$

где  $R_{7.0}$  – количество растворённых сухих веществ, отбираемых в систему регенерации, кг.

$$R_{7.0} = 1418,31 - 151,66 = 1266,65 \text{ кг}$$

2.1.4.42 Количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке щелоков, отбираемых в циклоны, рассчитывается по формуле

$$N_{4.6} = R_{4.6} \cdot N, \quad (68)$$

где  $N_{4.6}$  – количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке щелоков, отбираемых в циклоны, кг.

$$N_{4.6} = 1438,31 \cdot 0,2485 = 357,42 \text{ кг}$$

2.1.4.43 Количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на регенерацию, рассчитывается по формуле

$$N_{7.0} = R_{7.0} \cdot N, \quad (69)$$

где  $N_{7.0}$  – количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на регенерацию, кг.

$$N_{7.0} = 1266,54 \cdot 0,2485 = 314,74 \text{ кг}$$

2.1.4.44 Количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на регенерацию, рассчитывается по формуле

$$N_{4.5} = R_{4.5} \cdot N, \quad (70)$$

где  $N_{4,5}$  – количество  $Na_2O$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на регенерацию, кг.

$$N_{4,5} = 757,38 \cdot 0,2485 = 188,21 \text{ кг}$$

2.1.4.45 Количество  $Na_2O$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на промывку, рассчитывается по формуле

$$N_{5,4} = R_{5,4} \cdot N, \quad (71)$$

где  $N_{5,4}$  – количество  $Na_2O$  в сухом остатке щелоков, отбираемых на промывку, кг.

$$N_{5,4} = 728,03 \cdot 0,2485 = 180,92 \text{ кг}$$

Суммарный материальный баланс зоны отбора щёлков приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Материальный баланс зоны отбора щёлока

Вещества	Приход			Расход		
	Из зоны варки	Со слабым щёлоком из зоны промывки	Итого	С отобранным крепким щёлоком	Перешло в зону промывки	Итого
Вода	4675,99	6552,3	11228,29	6552,3	4675,99	11228,29
Сухие вещества в щёлоке	1467,66	728,03	2195,69	1438,31	757,38	2195,69
Итого щёлока	6143,65	7280,33	13423,98	7990,61	5433,37	13423,98
Всего $Na_2O$	364,75	180,92	545,67	357,42	188,21	545,63
Целлюлоза	880		880		880	880

## 2.1.5 Промывка и выдувка массы

2.1.5.1 Количество жидкости, выгружаемой из котла, рассчитывается по формуле

$$m_{ж} = \frac{880 \cdot (100 - C_{в.м})}{C_{в.м}}, \quad (72)$$

где  $m_{ж}$  – количество жидкости, выгружаемой из котла, кг;  
 $C_{в.ж}$  – концентрация волокнистой массы, принимается  $C_{в.м} = 10\%$ .

$$m_{ж} = \frac{880 \cdot (100 - 10)}{10} = 7920 \text{ кг}$$

2.1.5.2 Количество слабого щёлока, подаваемого в зону промывки из диффузора, рассчитывается по формуле

$$m_{с.щ} = m_{с.щ.з.п} + m_{ж} - m_{щ.п}, \quad (73)$$

где  $m_{с.щ}$  – количество слабого щёлока, подаваемого в зону промывки из диффузора, кг;

$m_{с.щ.з.п}$  – слабый щёлок из зоны промывки, кг (таблица 7);

$m_{щ.п}$  – слабый щёлок перешедший в зону промывки, кг (таблица 7);

$$m_{с.щ} = 7280,33 + 7920 - 5433,37 = 9766,96 \text{ кг}$$

2.1.5.3 Количество растворённых веществ в слабом щёлоке рассчитывается по формуле

$$R_{9,5} = m_{с.щ} \cdot 0,04, \quad (74)$$

где  $R_{9,5}$  – количество растворённых веществ в слабом щёлоке, кг;

0,04 – доля растворённых веществ.

$$R_{9,5} = 9766,96 \cdot 0,04 = 390,68 \text{ кг}$$

2.1.5.4 Количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в слабом щёлоке рассчитывается по формуле

$$N_{9,5} = R_{9,5} \cdot N, \quad (75)$$

где  $N_{9,5}$  – количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в слабом щёлоке, кг.

$$N_{9,5} = 390,68 \cdot 0,2485 = 97,08 \text{ кг}$$

2.1.5.5 Содержание воды в слабом щёлоке рассчитывается по формуле

$$Y_{9,5} = m_{с.щ} - R_{9,5}, \quad (76)$$

где  $Y_{9,5}$  – содержание воды в слабом щёлоке, кг.

$$Y_{9,5} = 9766,96 - 390,68 = 9376,28 \text{ кг}$$

2.1.5.6 Количество растворённых веществ в выгружаемой из котла волокнистой массе рассчитывается по формуле

$$R_{5,9} = R_{4,5} + R_{9,5} - R_{5,4}, \quad (77)$$

где  $R_{5,9}$  – количество растворённых веществ в выгружаемой из котла волокнистой массе, кг.

$$R_{5,9} = 757,38 + 390,68 - 728,03 = 420,03 \text{ кг}$$

2.1.5.7 Количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в выгружаемой из котла волокнистой массе рассчитывается по формуле

$$N_{5,9} = R_{5,9} \cdot N, \quad (78)$$

где  $N_{5,9}$  – количество  $\text{Na}_2\text{O}$  в выгружаемой из котла волокнистой массе, кг.

$$N_{5,9} = 420,03 \cdot 0,2485 = 104,38 \text{ кг}$$

2.1.5.8 Количество воды в выгружаемой из котла волокнистой массе рассчитывается по формуле

$$Y_{5,9} = m_{\text{ж}} - R_{5,9}, \quad (79)$$

где  $Y_{5,9}$  – количество воды в выгружаемой из котла волокнистой массе, кг.

$$Y_{5,9} = 7920 - 420,03 = 7499,97 \text{ кг}$$

2.1.5.9 Концентрация растворённых веществ рассчитывается по формуле

$$c_{5,9} = \frac{R_{5,9} \cdot 100}{R_{5,9} + Y_{5,9}}, \quad (80)$$

где  $c_{5,9}$  – концентрация растворённых веществ, кг.

$$c_{5,9} = \frac{420,03 \cdot 100}{420,03 + 7499,97} = 5,59 \%$$

Материальный баланс зоны промывки и выдувки представлен в таблице 8. Сводный материальный баланс котла представлен в таблице 9.



Таблица 8 – Материальный баланс зоны горячей промывки

Вещества	Приход			Расход		
	из зоны отбора крепкого щёлока	со слабым щёлоком из диффузора	итого	со слабым щёлоком в зону отбора	выдувается из котла	итого
Вода	4675,99	9376,28	14052,27	6552,3	7499,97	14052,27
Сухие вещества в щёлоке	757,38	390,68	1148,06	728,03	420,03	1148,06
Итого щёлока	5433,37	9766,96	15200,33	7280,33	7920	15200,33
Всего Na <sub>2</sub> O	188,21	97,08	285,3	180,92	104,38	285,3
Целлюлоза	880		880		880	880

Таблица 9 – Сводный материальный баланс варки

Статьи баланса	Вода	Твёрдые и растворённые вещества
Приход		
Древесина из пропарочной цистерны	1496,26	1756
Белый щёлок	2569,26	440,35
Чёрный щёлок из нижнего циклона	610,47	151,66
Слабый щёлок из диффузора	9376,28	390,68
Всего приход	14052,27	2738,69
Расход		
Чёрный щёлок в верхний циклон	6552,3	1438,31
Масса в диффузор	7499,97	880
		420,03
Всего расход	14052,27	2738,34

## 2.2 Расчёт основного и вспомогательного оборудования

### 2.2.1 Бункер и загрузочная воронка для щепы

2.2.1.1 Производительность одной линии питания рассчитывается по формуле

$$C_{\text{п}} = \frac{X_{0,1} \cdot Q}{2 \cdot 24 \cdot \rho'} \quad (81)$$

где  $C_{\text{п}}$  – производительность одной линии питания, м<sup>3</sup>/ч;

$Q$  – производительность варочного цеха, т/сут;

$\rho$  – насыпная плотность сухой щепы,  $\rho = 190$  кг/м<sup>3</sup>.

$$C_{\text{п}} = \frac{1760 \cdot 850}{2 \cdot 24 \cdot 190} = 164,04 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2.2.1.2 Полезный объем бункера рассчитывается по формуле

$$V_6 = \frac{C_{\text{п}} \cdot 8}{0,85}, \quad (82)$$

где  $V_6$  – полезный объем бункера,  $\text{м}^3$ ;  
0,85 – степень заполнения бункера;  
8 – часовой запас щепы, час.

$$V_6 = \frac{164,04 \cdot 8}{0,85} = 154,91 \text{ м}^3$$

2.2.1.3 Объем загрузочной воронки рассчитывается по формуле

$$V_{\text{в}} = \frac{C_{\text{п}} \cdot t}{60}, \quad (83)$$

где  $V_{\text{в}}$  – объем загрузочной воронки,  $\text{м}^3$ ;  
 $t$  – время пребывания щепы в вороне, принимается  $t = 3$  мин.

$$V_{\text{в}} = \frac{164,04 \cdot 3}{60} = 8,2 \text{ м}^3$$

## 2.2.2 Питатель низкого давления

2.2.2.1 Частота вращения ротора рассчитывается по формуле

$$n = \frac{Q_{\text{щ}}}{V_{\text{к.п}} \cdot K}, \quad (84)$$

где  $n$  – частота вращения ротора,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $Q_{\text{щ}}$  – производительность по щепе, принимается  $Q = 1450$  л/мин;  
 $K$  – коэффициент заполнения, принимается  $K = 0,5$ ;  
 $V_{\text{к.п}}$  – вместимость карманов питателя, принимается  $V_{\text{к.п}} = 165 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$$n = \frac{1450}{165 \cdot 0,5} = 17,5 \text{ мин}^{-1}$$

Мощность принимается ориентировочно 5 кВт

## 2.2.3 Пропарочная камера

2.2.3.1 Производительность винтового конвейера рассчитывается по формуле

$$\Pi = 47 \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot K, \quad (85)$$

где  $\Pi$  – производительность винтового конвейера, м<sup>3</sup>/ч;  
 $D$  – диаметр винта, принимается  $D = 1150$  мм;  
 $S$  – шаг, принимается  $S = 340$  мм;  
 $n$  – частота вращения, принимается  $n = 8$  мин<sup>-1</sup>;  
 $K$  – коэффициент заполнения, принимается  $K = 0,52$ .

$$\Pi = 47 \cdot 1,15^2 \cdot 0,34 \cdot 8 \cdot 0,52 = 87,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.2.3.2 Полезная длина камеры рассчитывается по формуле

$$L = t \cdot n \cdot S, \quad (86)$$

где  $L$  – полезная длина камеры, м;  
 $t$  – продолжительность пропарки, принимается  $t = 3$  мин;  
 $N$  – частота вращения винта конвейера, принимается  $N = 8$  мин<sup>-1</sup>;  
 $S$  – шаг винта, принимается  $S = 0,34$  м.

$$L = 3 \cdot 8 \cdot 0,34 = 8,16 \text{ м}$$

2.2.3.3 Мощность на валу винта конвейера рассчитывается по формуле

$$N_0 = \frac{\Pi \cdot \gamma \cdot L \cdot \omega_0}{3600 \cdot 1000}, \quad (87)$$

где  $N_0$  – мощность на валу винта конвейера, кВт;  
 $\gamma$  – удельный вес щепы, принимается  $\gamma = 1862$  Н/м<sup>3</sup>;  
 $\omega_0$  – коэффициент сопротивления движению щепы по трубе, принимается  $\omega_0 = 5$ .

$$N_0 = \frac{87,9 \cdot 1862 \cdot 8,16 \cdot 5}{3600 \cdot 1000} = 1,85 \text{ кВт}$$

2.2.3.4 Установочная мощность рассчитывается по формуле

$$N = \frac{N_0}{0,7}, \quad (88)$$

где  $N$  – установочная мощность, кВт.

$$N = \frac{1,85}{0,7} = 2,85 \text{ кВт}$$

## 2.2.4 Питатель высокого давления

2.2.4.1 Частота вращения ротора питателя высокого давления рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\Pi}{2 \cdot V \cdot K}, \quad (89)$$

где  $n$  – частота вращения ротора питателя высокого давления,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $\Pi$  – производительность, принимается  $\Pi = 1450$  л/мин;  
 $V$  – сумарная вместимость карманов ротора, принимается  $V = 260$  л;  
 $2$  – коэффициент учитывающий двойное заполнение карманов при каждом обороте ротора;  
 $K$  – коэффициент заполнения карманов ротора щепой, принимается  $K = 0,6$ .

$$n = \frac{1450}{2 \cdot 260 \cdot 0,6} = 4,65 \text{ мин}^{-1}$$

Мощность принимается ориентировочно равной 10 кВт.

## 2.2.5 Уравнительный резервуар

2.2.5.1 Объем щёлока, поступающего в уравнительный резервуар, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{щ.у.р}} = V_{\text{в.щ}} + \left( \frac{\Pi \cdot 2}{60} \right), \quad (90)$$

где  $V_{\text{щ.у.р}}$  – объем щёлока, поступающего в уравнительный резервуар,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$V_{\text{в.щ}}$  – объём возвратного щёлока, принимается  $V_{\text{в.щ}} = 5000$  л/мин.

$$V_{\text{щ.у.р}} = 5 + \left( \frac{87 \cdot 2}{60} \right) = 7,9 \text{ м}^3/\text{мин}$$

2.2.5.2 Объём уравнительного резервуара рассчитывается по формуле

$$V_{\text{р}} = \frac{V_{\text{щ.у.р}} \cdot 1}{K_3}, \quad (91)$$

где  $V_{\text{р}}$  – объём уравнительного резервуара,  $\text{м}^3$ ;

$1$  – время пребывания щёлока в уравнительном резервуаре, мин;

$K_3$  – степень заполнения, 0,5.

$$V_{\text{р}} = \frac{7,9 \cdot 1}{0,5} = 15,8 \text{ м}^3$$

2.2.5.3 Высота уравнильного резервуара рассчитывается по формуле

$$h = \frac{V_p \cdot 4}{\pi \cdot d^2}, \quad (92)$$

где  $h$  – высота уравнильного резервуара, м;

$d$  – диаметр резервуара, принимается  $d = 2,1$  м.

$$h = \frac{15,8 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,1^2} = 4,5 \text{ м}$$

## 2.2.6 Выдувной резервуар

2.2.6.1 Вместимость цилиндрической части выдувного резервуара рассчитывается по формуле

$$V_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{в}} \cdot Q \cdot 1,5}{24} + \frac{880 \cdot Q \cdot 1,5}{1550 \cdot 24}, \quad (93)$$

где  $V_{\text{ц}}$  – вместимость цилиндрической части выдувного резервуара, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{в}}$  – объём массы, поступающей в выдувной резервуар, принимается  $V_{\text{в}} = 10,12$  м<sup>3</sup>/т.

$$V_{\text{ц}} = \frac{10,12 \cdot 850 \cdot 1,5}{24} + \frac{880 \cdot 850 \cdot 1,5}{1550 \cdot 24} = 568 \text{ м}^3$$

2.2.6.2 Высота выдувного резервуара рассчитывается по формуле

$$h_p = \frac{V_{\text{ц}} \cdot 4}{\pi \cdot d^2}, \quad (94)$$

где  $h_p$  – высота выдувного резервуара, м;

$d$  – диаметр выдувного резервуара, принимается  $d = 5$  м.

$$h_p = \frac{568 \cdot 4}{3,14 \cdot 5^2} = 29 \text{ м}$$

2.2.6.3 Высота конуса выдувного резервуара рассчитывается по формуле

$$h_{\text{к}} = 2,75 \cdot \text{tg}60^\circ, \quad (95)$$

где  $h_{\text{к}}$  – высота конуса выдувного резервуара, м;

$60$  – угол конуса резервуара, град.

$$h_{\text{к}} = 2,75 \cdot \text{tg}60^\circ = 4,76 \text{ м}$$

2.2.6.4 Общая высота выдувного резервуара рассчитывается по формуле

$$h_{\text{общ}} = h_p + h_k + 2, \quad (96)$$

где  $h_{\text{общ}}$  – общая высота выдувного резервуара, м.

$$h_{\text{общ}} = 29 + 4,76 + 2 = 35,76 \text{ м}$$

Мощность электродвигателя мешательного устройства принимается ориентированно 30 кВт.

### 2.2.7 Насос для подачи варочного щёлока в котёл

2.2.7.1 Подача насоса рассчитывается по формуле

$$V_n = \frac{(m_{\text{б.щ}} + m_{\text{ч.щ}}) \cdot Q}{24 \cdot 60}, \quad (97)$$

где  $V_n$  – подача насоса, л/мин.

$$V_n = \frac{(3009,61 + 762,13) \cdot 850}{24 \cdot 60} = 2226,4 \text{ л/мин}$$

2.2.7.2 Подача насоса с учётом коэффициента запаса рассчитывается по формуле

$$Q_n = V_n \cdot K_z, \quad (98)$$

где  $Q_n$  – подача насоса с учётом коэффициента запаса, л/мин;

$K_z$  – коэффициент запаса, принимается  $K = 1,2$ .

$$2226,4 \cdot 1,2 = 2680 \text{ л/мин.}$$

2.2.7.3 Мощность на валу электродвигателя рассчитывается по формуле

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma \cdot g}{(60 \cdot \eta)}, \quad (99)$$

где  $N$  – мощность на валу электродвигателя, кВт;

$Q$  – подача насоса, принимается  $Q = 2,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;

$H$  – теоретический напор, принимается  $H = 130 \text{ м}$ ;

$\gamma$  – плотность щёлока,  $\gamma = 1,14 \text{ т/м}^3$ ;

$g$  – ускорения свободного падения,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;

$\eta$  – КПД насоса, принимается  $\eta = 0,7$ .

$$N = \frac{2,5 \cdot 130 \cdot 1,14 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 86,45 \text{ кВт}$$

### 2.2.8 Насос, транспортирующий щепу от питателя высокого давления к загрузочным винтовым конвейерам варочного котла

2.2.8.1 Расход влажной щепы на одну линию питания рассчитывается по формуле

$$R_{\text{в.щ}} = \frac{X_{0,1} \cdot 100 \cdot 850}{45 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 2}, \quad (100)$$

где  $R_{\text{в.щ}}$  – расход влажной щепы на одну линию питания, кг/мин.

$$R_{\text{в.щ}} = \frac{1760 \cdot 100 \cdot 850}{45 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 2} = 1154,32 \text{ кг/мин}$$

2.2.8.2 Расход жидкости, транспортирующей щепу, рассчитывается по формуле

$$R_{\text{ж}} = R_{\text{в.щ}} \cdot \Gamma, \quad (101)$$

где  $R_{\text{ж}}$  – расход жидкости, транспортирующей щепу, л/мин.

$$R_{\text{ж}} = 1154,32 \cdot 3 = 3463 \text{ л/мин}$$

2.2.8.3 Мощность электродвигательного насоса рассчитывается по формуле 99

$$N = \frac{5 \cdot 25 \cdot 1,14 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 34 \text{ кВт}$$

### 2.2.9 Насос для подачи щёлока от питателя высокого давления в питательную трубу

2.2.9.1 Объём щёлока, поступающего к насосу в 1 минуту, рассчитывается по формуле

$$V = n \cdot V_{\text{к.р}} \cdot 4,65, \quad (102)$$

где  $V$  – объём щёлока, поступающего к насосу, л/мин;

$V_{\text{к.р}}$  – вместимость карманов ротора, принимается  $V_{\text{к.р}} = 260 \text{ л}$ ;

4,65 – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$n$  – количество карманов.

$$V = 2 \cdot 260 \cdot 4,65 = 2418 \text{ л/мин}$$

2.2.9.2 Объем щёлоча, поступающего к насосу в 1 минуту с учётом 20 % потерь, рассчитывается по формуле

$$V = 2418 \cdot 1,2 = 2900 \text{ л/мин}$$

99 2.2.9.3 Мощность электродвигателя насоса рассчитывается по формуле

$$N = \frac{3,5 \cdot 10 \cdot 1,14 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 9,31 = 10 \text{ кВт}$$

### **2.2.10 Насос для подачи оборотного щёлоча в зону вытеснения и зону загрузки**

2.2.10.1 Мощность электродвигателя насоса для подачи оборотного щёлоча в зону вытеснения и зону загрузки рассчитывается по формуле 99

$$N = \frac{6 \cdot 130 \cdot 1,05 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 191,1 \text{ кВт}$$

### **2.2.11 Насос для подачи щёлоча из концентратора в зону выгрузки**

2.2.11.1 Мощность электродвигателя насоса для подачи щёлоча из концентратора в зону выгрузки рассчитывается по формуле 99

$$N = \frac{3 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 15,4 \text{ кВт}$$

### **2.2.12 Насос для подачи щёлоча из расширительного резервуара в выпарной отдел**

2.2.12.1 Мощность насоса для подачи щёлоча из расширительного резервуара в выпарной отдел рассчитывается по формуле 99

$$N = \frac{4,5 \cdot 15 \cdot 1,106 \cdot 9,8}{(60 \cdot 0,7)} = 17,4 \text{ кВт}$$

Общий суточный расход электроэнергии приведен в таблице 10.



Таблица 10 – Расход электроэнергии

Наименование электродвигателя	Мощность, кВт	Количество электродвигателей, шт	Число часов работы в сутки	Суточный расход электроэнергии, кВт · ч
1	2	3	4	5
Электродвигатель питателя низкого давлении	5	2	24	240
Электродвигатель пропарочной камеры	2,85	2	24	136,8
Электродвигатель питателя высокого давления	10	2	24	480
Электродвигатель мешального устройства	30	1	24	720
Электродвигатель насоса для подачи варочного щёлока в котёл	86,45	1	24	2074,8
Электродвигатель насоса, транспортирующего щепу	34	2	24	1632
Электродвигатель насоса для подачи щёлока в питательную трубу	10	2	24	480
Электродвигатель насоса для подачи обратного щёлока	191,1	1	24	4586,4
Электродвигатель насоса для подачи щёлока в зону выгрузки	15,4	1	24	369,6

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Электродвигатель насоса для подачи щёлоча в выпарной отдел	17,4	1	24	417,6
Итого				11137,2

### 2.2.13 Удельный расход электроэнергии

2.2.13.1 Удельный расход электроэнергии рассчитывается по формуле

$$N_{уд} = \frac{N_{об}}{Q}, \quad (103)$$

где  $N_{уд}$  – удельный расход электроэнергии, кВт · ч;

$N_{об}$  – общий суточный расход электроэнергии, кВт · ч.

$$N_{уд} = \frac{11137,2}{850} = 13,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Удельные нормы расхода представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Удельные нормы расхода

Наименование сырья	Норма расхода
Щепа технологическая (плотная масса), м <sup>3</sup>	4,14
Белые щёлоча (в пересчёте на окись натрия), кг	127,29
Пар, кДж	2,54
Вода холодная фильтрованная, м <sup>3</sup>	17
Электроэнергия, кВт · ч	13,1

### 3 Образец выполнения таблицы контролируемых и регулируемых параметров технологического процесса варки

Лабораторно-производственный контроль параметров технологического процесса варки представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Лабораторно-производственный контроль

Объект контроля	Контролируемый параметр	Частота контроля	Рабочий диапазон	Лицо, осуществляющее контроль
1	2	3	4	5
<b>Загрузка щепы</b> Ленточный транспортер	1.1 Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром: 30 мм и более, %, не более 20 мм и 10 мм, % не менее 5 мм, %, не более на поддоне, %, не более Массовая доля, %, не более коры гнили хвойных пород	6 раз в сутки	5,0 84,0 10,0 1 1,5 3,0 10	Лаборант
	1.2 Относительная влажность, %	2 раза в сутки	30-50	Лаборант
<b>Заливка щёлока</b> Пробоотборник белого щёлока	2.1 Массовая концентрация обще щёлочи(в пересчёте на $\text{Na}_2\text{O}$ ) г/дм <sup>3</sup>	1 раз в 2 часа	112-122	Лаборант
	2.2 Массовая концентрация активной щёлочи(в пересчёте на $\text{Na}_2\text{O}$ ) г/дм <sup>3</sup>	Каждый час	100	Лаборант
	2.3 Массовая концентрация сульфида натрия(в пересчёте на $\text{Na}_2\text{O}$ ) г/дм <sup>3</sup>	Каждый час	Не нормируется	Лаборант
	2.4 Сульфидность,%, не менее	Каждый час	28	Лаборант
	2.5 Степень каустизации, %	1 раз в 2 часа	80-84	Лаборант
	2.6 Массовая концентрация взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> , не более	2 раза в сутки	60	Лаборант

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
<b>Обор черного щёлока на регенерацию</b> Линия отбора чёрного щёлока из котла	Массовая концентрация эффективной щёлочи(в пересчёте на Na <sub>2</sub> O)г/дм <sup>3</sup>	1 раз в 2 часа	6-9	Лаборант
	Массовая концентрация взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> , не более	По требованию	250	Лаборант
	Плотность щёлока, г/дм <sup>3</sup>	По требованию	1,05-1,1	Лаборант
<b>Выдувка массы</b> Выдувная линия варочного котла	Число Каппа	1 раз в 2 часа	28-36	Лаборант
	Массовая доля не проваренных частиц,(непровар),%, не более	1 раз в 2 часа	2,0	Лаборант
<b>Подача пара на пропарку щепы</b> Трубопровод пара низкого давления	Расход	Постоянно	10-23 т/ч	Варщик
	Давление	Постоянно	0,5-0,6 МПа	Мастер
	Температура	Постоянно	155-175 °С	Варщик
<b>Подача пара на варку</b> Трубопровод пара высокого давления	Расход	Постоянно	12-30 т/ч	Варщик, мастер
	Давление	Постоянно	1,3-1,4 МПа	Варщик
	Температура	Постоянно	200-220 °С	Варщик
<b>Подача щепы на пропарку</b> Бункер щепы	Сигнализация верхнего уровня	Постоянно	90 %	Варщик
	Сигнализация нижнего уровня	Постоянно	30 %	Варщик

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Бункер щепы   Дозатор щепы	Масса щепы	Постоянно	40-80 %	Варщик
	Уровень в шахте	Каждые 5 минут	20-50 %	Варщик
	Скорость вращения	Постоянно	8-18 мин <sup>-1</sup>	Варщик
	Счётчик оборотов	1 раз в смену	-	Мастер
<b>Пропарка щепы</b> Пропарочная камера	Давление	Постоянно	0,15-0,17 МПа	Варщик
	Расход сдувок	Каждые 5 минут	1,5-3,3 т/ч	Варщик
<b>Подача щёлока и щепы в котёл</b> Питательная труба	Сигнализация верхнего уровня	Постоянно	Не более 4,2м	Варщик
	Уровень	Каждые 5 минут	1,5-2 м	Варщик
	Относительный уровень	Каждые 5 минут	70-80 %	Варщик
Камнеловушка	Расход щёлока	Каждые 5 минут	5000-10000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
Питатель высокого давления	Скорость вращения	При необходимости	4-10 мин <sup>-1</sup>	Варщик
Загрузочная циркуляция	Расход	Каждые 5 минут	16000-22000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
	Температура	Постоянно	105-115 °С	Варщик
Бак белого щёлока	Относительный уровень	Постоянно	40-80 %	Варщик

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Трубопровод белого щёлока	Расход	Постоянно	1000-2000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
Бак постоянного уровня	Относительный уровень	Каждые 5 минут	20-60 %	Варщик
	Давление	1 раза в смену	0,15-0,17 МПа	Варщик
Трубопровод щёлока вверх котла	Расход	Каждые 5 минут	3000-7000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
<b>Варка целлюлозы</b>				
Трубопровод пара вверх котла	Расход	Постоянно	10-20 т/ч	Варщик
Верхний сепаратор	Относительный уровень	Постоянно	55-65 %	Варщик
Варочный котёл	Зона пропитки	Постоянно	105-110 °С	Варщик
	Зона заварки	Постоянно	150-165 °С	Варщик
	Зона варки	Постоянно	170-172 °С	Варщик
	Зона охлаждения	Постоянно	75-80 °С	Варщик
	Относительный уровень щепы		20-80 %	Варщик
	Относительный уровень щёлока		70-90 %	Варщик
	Давление		0,8-1,2 МПа	Варщик
	Перепад давлений верхней варочной зоны		не более 5 %	Варщик

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Варочный котёл	Перепад давлений зоны отбора	Постоянно	Не более 10 %	Варщик
	Перепад давлений нижней варочной зоны	Постоянно	Не более 15 %	Варщик
Трубопровод щёлока варочной зоны	Расход	Каждые 5 минут	1200-2500 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
	Температура щёлока до подогрева	Постоянно	150-160 °С	Варщик
	Температуре щёлока после подогрева	Постоянно	155-165 °С	Варщик
Теплообменники варочной зоны	Давление щёлока	2 раза в смену	0,6-1,2 МПа	Варщик
	Давление пара	2 раза в смену	1,3-1,4 МПа	Варщик
Конденсатор-отводчик	Уровень	Постоянно	не более 50 %	Варщик
Трубопровод щёлока вниз котла	Расход разгрузочного устройства	Каждые 5 минут	1800-4000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
	Расход к спрыскам	Каждые 5 минут	2500-5000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
<b>Отбор щёлока из котла</b> Верхний циклон	Расход щёлока	Постоянно	2800-4500 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик
	Температура щёлока	Постоянно	150-170 °С	Варщик
	Относительный уровень	Каждые 5 минут	10-20 %	Варщик
	Давление	2 раза в смену	0,15-0,17 МПа	Варщик

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	
Нижний циклон	Расход щёлока	Постоянно	1000-2000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик	
	Относительный уровень	Каждые 5 минут	30-60 %	Варщик	
	Давление	2 раза в смену	Не более 0,05 МПа	Варщик	
<b>Выдувка массы</b> Выдувная линия	Температура	Постоянно	Не более 95 %	Варщик	
	Расход	Постоянно	4000-9000 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик	
Трубопровод щёлока	Расход в выдувную линию	Постоянно	300-600 дм <sup>3</sup> /мин	Варщик	
<b>Утилизация парогазов</b> Бак тёплой воды	Относительный уровень	Постоянно	20-80 %	Варщик	
Бак горячей воды	Относительный уровень	Постоянно	20-80 %	Варщик	
<b>Дезодорация парогазов</b> Установка дезодорации газов	Температура	Каждые 5 минут	30-60 °С	Варщик	
	Расход воды	Каждые 5 минут	3-6 м <sup>3</sup> /ч	Варщик	
	Трубопровод сжатого осушенного воздуха	Давление	1 раз в час	0,4-0,5 МПа	Варщик, мастер
	Трубопровод технологического воздуха	Давление	1 раз в час	0,4-0,6 МПа	Варщик
	Трубопровод мехочищенной воды	Давление	1 раз в час	не менее 0,3 МПа	Варщик



## **Заключение**

В заключении Пояснительной записки курсового проекта необходимо подвести итог выполнения курсового проекта. Пояснить, какие разделы и подразделы были выполнены, раскрыть их объем и цель выполнения. Пояснить, какие задачи были поставлены перед выполнением курсового проекта, как решены данные задачи в процессе выполнения.

В данном методическом пособии приведены примеры выполнения подразделов Технологического раздела и расчета материального баланса и оборудования технологического процесса варки Расчетного раздела пояснительной записки курсового проекта. В приложении А представлены таблицы норм показателей целлюлозы из различных пород древесины и технологической щепы (ГОСТ), параметров водяного пара и белого щелока.

## Список использованных источников

- 1 Пен Р. Технология целлюлозы. Т. II. – Красноярск.: СибГТУ, 2006. – 350 с.
- 2 Непенин Н.Н. Производство целлюлозы. Т. II. Производство сульфатной целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
- 3 Технологический регламент процесса варки сульфатной целлюлозы для бумаг из хвойных пород древесины в варочно-отбельном цехе. – ОАО Филиал «Группа “Илим”» в г. Братске.
- 4 Пен Р.З. Технология целлюлозы. Примеры технологических расчетов: учебное пособие/ Р.З. Пен, И.Л. Шапиро. – Красноярск: СибГТУ, 2011. – 336 с.
- 5 Соколова Л.М., Овдейчук В. П., Самсон М. В. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию технологических процессов целлюлозно-бумажного производства. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 160 с.
- 6 Иванов Ю.С. Современные способы варки сульфатной целлюлозы: учебно-методическое пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2005. – 61с.
- 7 Новикова А.И. Модернизированная сульфатная варка целлюлозы. Учебное пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2006. – 161с.
- 8 Поляков Ю.А., Рощин В.И. Технология сульфатной целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 312 с.
- 9 Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т. I. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 369 с.
- 10 Электронный ресурс <http://www.lesopromyshlennik.ru>

## Приложение

Таблица А1 – Целлюлоза древесная хвойная сульфатная небеленая  
(ГОСТ 11208-82)

Наименование показателей	Нормы для марок			
	НС – 1	НС – 2		НС – 3
	высшая категория качества	высшая категория качества	первая категория качества	Первая категория качества
1	2	3	4	5
Жесткость, ед. Каппа	24...32	26...36	22...36	20...26
Механическая прочность, не менее: - разрывная длина, м; - сопротивление продавливанию, кПа; - сопротивление раздиранию, мН.	9100 470 830	8700 470 810	8200 - 760	7800 - 630
Сортность – число соринок на 1 м <sup>2</sup> , не более: - площадью 0,1...1,0 мм <sup>2</sup> ; - площадью 1,0...2,0 мм <sup>2</sup> ; - площадью свыше 2 мм <sup>2</sup> .	2200 0 -	- - 0	- - 0	3100 90 -
Влажность при отгрузке, % не более	23	23	23	23

Назначение сульфатной хвойной небеленой целлюлозы:

НС-1 – для выработки особо прочных упаковочных и специальных видов бумаги (мешочной, упаковочной и др.) и основы для парафинирования;

НС-2 – для выработки оберточной, водо- и светонепроницаемой бумаги, для текстильных патронов и др.;

НС-3 – для выработки текстурной, влагопрочной бумаги, основы для внутренних слоев пластика и различных видов картона;

Э-1 – для конденсаторной бумаги КОН толщиной до 8 мкм;

Э-2 - для конденсаторной бумаги КОН толщиной от 9 до 10 мим и трансформаторной бумаги марок ТВ-120, ТВУ-080;

Э-3 – для кабельной бумаги для изоляции кабелей на напряжение 110...500 кВ;

Э-4 – для конденсаторной бумаги вида СКОН.

Таблица А2 – Целлюлоза сульфатная беленая из хвойной древесины (ГОСТ 9571-89Е)

Показатели	Марки						
	ХБ – 0	ХБ – 1	ХБ – 2	ХБ – 4	ХБ – 5	ХБ – 6	ХБ – 7
1	2	3	4	5	6	7	8
Механическая прочность при размоле в мельнице ЦРА до 60°ШР: - разрывная длина, км, не менее; - прочность на излом при много кратных перегибах, ч.д.п., не менее.	9,0  1300	7,8  1100	7,8  800	7,4  700	8,5  1000	8,7  1300	7,4  800
Белизна, % не менее	90	88	86	87	82	80	81
Сорность, число соринок на 1 м <sup>2</sup> листа площадью: - от 0,1 до 1,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более; - от 1,0 до 2,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более; - в том числе свыше 2,0 до 3,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более; - свыше 3,0 мм <sup>2</sup> .	25  0  0  0	70  0  0  0	70  2  0  0	60  2  0  0	90  5  0  0	150  15  10  0	120  10  5  0
рН водной вытяжки	5,5...	5,5...	5,5...	5,5...	5,5...	5,5...	5,5...
Влажность, %, не более	20	20	20	20	20	20	20

Беленая хвойная сульфатная целлюлоза используется для производства особо прочных белых видов бумаги и картона. Она выпускается восьми марок:

ХБ-0 – для изготовления долговечной бумаги и высших марок бумаги для печати;

ХБ-1 – для основы диазобумаги, бумаги для множительной техники;

ХБ-2 – для пергамента, массовых видов бумаги для печати, письма, черчения, рисования;

ХБ-3 – для основы фотополупроводниковой, электрографической бумаги;

ХБ-4 – для бумаги санитарно-бытового назначения, основы синтетического шпона;

ХБ-5 – для тонких прочных видов бумаги типа чертежной прозрачной, кальки;

ХБ-6 – для основы парафинированной бумаги;

ХБ-7 – для упаковочной бумаги, обоев, коробочного картона.

Таблица А3 – Целлюлоза сульфатная беленая из лиственной древесины (осины) (ГОСТ 14940-96)

Наименование показателей	Нормы для марок			
	ОБ – 0	ОБ – 1	ОБ – 2	ОБ – 3
1	2	3	4	5
Механическая прочность, не менее: - разрывная длина, м; - сопротивление раздиранию, Н, не менее.	5900 0,30	6800 0,40	7200 0,45	6300 0,35
Белизна, %, не менее	86	84	82	80
Содержание α-целлюлозы, %, не менее	82	-	-	-
Содержание смол и жиров по дихлорэтану, %, не более	0,4	-	-	-
Содержание золы, %, не более	0,35	-	-	-
Содержание вкраплений меди и железа, мг/кг, не более	36	-	-	-
рН водяной вытяжки	5,5...7,0	5,5...7,0	5,5...7,0	5,5...7,5
Сортность, число соринок на 1 м <sup>2</sup> , : - площадью 0,1...1,0 мм <sup>2</sup> , не более; - площадью 1,0...2,0 мм <sup>2</sup> , не более.	20 0	35 0	60 5	80 10
Влажность, % не более	25,0	25,0	25,0	25,0

Назначение сульфатной беленой лиственной целлюлозы:

ОБ-0 – для выработки бумаги-основы фотопленки, медицинского алигнина;

ОБ-1 – для использования в композиции высококачественных видов бумаги, фильтровальной бумаги, бумаги-основы для кроющего и декоративных слоев облицовочных материалов и высококачественного картона;

ОБ-2 – для выработки писчей и печатной бумаги № 2, обложечной, упаковочной, диаграммной бумаги, покровных слоев картина;

ОБ-3 – для использования в композиции бумаги-основы для санитарно-бытового и гигиенического назначения, обычной рисовальной, писчей цветной, покровных слоев печатной бумаги.

Таблица А4 – Целлюлоза сульфатная беленая из смесилиственных пород древесины (ГОСТ 28172-89)

Показатели	Марки							
	ЛС – 0		ЛС – 1		ЛС – 2	ЛС – 3	ЛС – 4	
	выс- ший сорт	пер- вый сорт	выс- ший сорт	пер- вый сорт				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Механическая прочность при размоле в мельнице ЦРА до 60°ШР:								
- разрывная длина, км, не менее;	7,5	6,8	8,0	7,1	7,2	7,0	6,0	
- сопротивление раздиранию, сН, не менее;	47	47	44	44	44	41	35	
- прочность на излом, ч.д.п., не менее.	300	300	300	300	-	-	-	
Белизна, % не менее	89	89	87	87	85	82	80	
Сорность, число соринки на 1 м <sup>2</sup> листа площадью:								
- от 0,1 до 1,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более;	30	34	45	50	60	100	150	
- от 1,0 до 2,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более;	1	2	2	3	5	10	10	
- свыше 2,0 мм <sup>2</sup> .	0	0	0	0	0	0	0	
рН водной вытяжки	5...7	5...7	5...7	5...7	5...7	5...7	5...7	
Влажность, %, не более	20	20	20	20	20	20	20	

Назначение целлюлозы:

ЛС-0 – для высококачественных видов бумаги: бумаги чертежной, рисовальной, основы диазотипной бумаги, для изготовления обоев способом глубокой флексографической печати;

ЛС-1 – для бумаги обложечной, типографской № 1, этикеточной, сигаретной, писчей № 1, офсетной № 1, картографической, форзац-ной, документной, бумаги-основы для переводных изображений, для телетайпной и телеграфной ленты, пергамина для бумажной натуральной кальки, упаковочного пергамина;

ЛС-2 – для бумаги типографской, офсетной № 2, документной, карточной для справочно-поискового аппарата, диаграммной, для обоев, для телеграфной ленты и буквопечатающих телеграфных аппаратов, основы для технических видов бумаги, бумаги-основы для полиплена и картона;

ЛС-3 – для бумаги писчей № 2, для упаковывания продуктов на автоматах, покровных слоев бумаги, санитарно-бытового и гигиенического назначения и картона;

ЛС-4 – для бумаги перфокарточной, писчей цветной, санитарно-бытового и гигиенического назначения, оберточной, упаковочной пачечной для папирос (сигарет), коробочного картона.

Таблица А5 – Базисная плотность древесины (при абсолютной влажности 30%)

Регион произрастания	Порода древесины					
	сосна	лиственница	ель	пихта	береза	осина
	базисная плотность древесины, $A_{30}$ , кг/м <sup>3</sup>					
1	2	3	4	5	6	7
Северо-запад РФ	405	525	388	312	500	390
Урал	380	525	350	310	502	389
Западная Сибирь	380	497	373	340	512	388
Красноярский край	370	537	374	315	480	382
Восточная Сибирь	350	520	373	326	509	375

Таблица А6 – Нормы проектирования: целлюлоза сульфатная небеленая из хвойной древесины

Показатели	Назначение целлюлозы		
	для мешочной и оберточной бумаги, покровного слоя картона	для основного слоя тарного картона	для отбели (для выработки писчей и печатной бумаги)
1	2	3	4
Выход целлюлозы из древесины, %:			
- сосна;	48	52	45
- ель, пихта;	48	54	47
- лиственница;	-	50	41
- береза;	-	-	52
- осина.	-	-	54
Выход при сортировании и очистке, %:			
- 1-й сорт;	99,5	99,5	96
- 3-й сорт	-	-	0,7
- сучки и непровар;	-	-	3,0
- отходы очистки.	0,3	0,5	0,5

Таблица А7 – Технологическая щепы. Технические условия (ГОСТ 15815-83)

Наименование показателя	Норма для марок, %		
	Ц – 1	Ц – 2	Ц – 3
1	2	3	4
Массовая доля коры, не более	1,0	1,5	3,0
Массовая доля гнили, не более	1,0	3,0	7,0
Массовая доля минеральных примесей, не более	Не допускаются	0,3	0,3
Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром:			
- 30 мм, не более;	3,0	5,0	6,0
- 20 и 10 мм, не менее;	86,0	84,0	81,0
- 5 мм, не более;	10,0	10,0	10,0
- на поддоне, не более.	1,0	1,0	1,0
Обугленные частицы и металлические включения	Не допускаются		

Технологическую щепу для целлюлозно-бумажного производства изготавливают трех марок, в зависимости от назначения:

Ц-1 – сульфитная целлюлоза и древесная масса, предназначенные для изготовления бумаги с регламентируемой сорностью;

Ц-2 – сульфитная целлюлоза и древесная масса, предназначенные для изготовления бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью; сульфатная и бисульфитная целлюлоза, предназначенные для изготовления бумаги и картона с регламентируемой сорностью;

Ц-3 – сульфатная целлюлоза и различные виды полуцеллюлозы, предназначенные для изготовления бумаги и картона с нерегламентируемой сорностью.

Размер щепы: длина 15...25 мм, толщина не более 5 мм. Щепы должны быть без мятых кромок, угол среза 30...60°. Количество щепы, не соответствующей указанным требованиям, не должно превышать 30 % от объема партии.



Таблица А8 – Свойства насыщенного водяного пара

Температура, °С	Давление абсолютное*, Р <sub>абс</sub> , МПа	Теплосодержание жидкости, кДж/кг	Теплосодержание сухого пара, кДж/кг	Скрытая теплота парообразования, кДж/кг
1	2	3	4	5
40	0,0073	168	2571	2403
45	0,0096	188	2580	2391
50	0,012	210	2590	2380
55	0,016	230	2599	2368
60	0,020	251	2608	2357
65	0,025	272	2618	2345
70	0,031	293	2626	2333
75	0,038	314	2636	2321
80	0,047	335	2642	2307
85	0,058	356	2650	2294
90	0,070	377	2659	2282
95	0,084	398	2667	2269
100	0,101	419	2675	2256
105	0,121	440	2684	2244
110	0,143	461	2688	2227
115	0,167	485	2700	2215
120	0,199	503	2705	2202
125	0,232	523	2713	2190
130	0,269	548	2721	2173
135	0,313	566	2726	2160
140	0,362	590	2734	2144
145	0,416	611	2742	2131
150	0,476	632	2746	2114
160	0,618	678	2759	2081
170	0,792	716	2768	2052
180	1,00	766	2780	2014
190	1,26	808	2788	1980
200	1,56	850	2793	1943

\*В технологических регламентах производства часто указывают избыточное (манометрическое) давление Р<sub>изб</sub>, МПа. Абсолютное и избыточное давление связаны соотношением Р<sub>изб</sub> = Р<sub>абс</sub> – 0,1013 МПа.

Таблица А9 – Плотность белого щелока (при 15°С)

Плотность, кг/дм <sup>3</sup>	Концентрация всего Na <sub>2</sub> O, г/дм <sup>3</sup>	Плотность, кг/дм <sup>3</sup>	Концентрация всего Na <sub>2</sub> O, г/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4
1,083	61,4	1,125	95,3
1,091	67,6	1,134	103,9
1,100	74,0	1,142	111,7
1,108	80,5	1,152	121,0
1,116	86,7	1,162	129,5

## **Аннотация**

на методическое пособие для курсового и дипломного проектирования по МДК.01.01 «Технология и оборудование производства волокнистых полуфабрикатов»

специальность 35.02.04

Технология комплексной переработки древесины

В данном методическом пособии приведены примеры выполнения подразделов Технологического и Расчетного раздела пояснительной записки курсового (дипломного) проекта. Представлены примеры выполнения таблиц «Характеристика сырья и готовой продукции» и «Лабораторно-производственный контроль», пример расчета материального баланса и оборудования технологического процесса варки. В приложении А представлены таблицы норм показателей целлюлозы из различных пород древесины и технологической щепы (ГОСТ), параметров водяного пара и белого щелока.