

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Л.Л. Парамонова, А.С. Смолин

**ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ
ПО МАТЕРИАЛЬНОМУ БАЛАНСУ
ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ**

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2018**

УДК 676.026.11(075)

ББК 32.75я7

П 180

Основные расчеты по материальному балансу производства бумаги: учебно-методическое пособие/сост. Л.Л. Парамонова, А.С. Смолин; ВШТЭ СПбГУПТД, - СПб., 2018. – 47 с.

В настоящем пособии изложены методики расчета баланса воды и волокна при производстве бумаги. Пособие необходимо для студентов различных форм обучения и специальностей, выполняющих расчетно-графическую работу, курсовую или выпускную квалификационную работу по курсу «Технология бумаги и картона».

Рецензенты:

канд. техн. наук, профессор кафедры машин автоматизированных систем ВШТЭ СПбГУПТД М.В. Ванчаков

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой технологии бумаги и картона ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 10 от 06.12.2018).

Утверждены к изданию методической комиссией института ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 2 от 13.12.2018).

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебно-методического пособия.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2018

Составление баланса воды и волокна

Материальный баланс воды и волокна позволяет составить четкое представление о потоках бумажной массы, оборотной, осветленной и свежей воды на разных стадиях производства, а также определить расход полуфабрикатов и воды и их потери в производстве. Анализ данных баланса воды и волокна способствует правильной организации технологического процесса производства бумаги и снижению до минимума потерь полуфабрикатов и воды.

Расчет баланса воды и волокна следует начинать после разработки технологической схемы производства, соответствующей свойствам вырабатываемой бумаги, отвечающей современному состоянию техники и технологии и обеспечивающей экономичность производства.

На основании практических данных предприятий, литературных источников [1] и норм технологического проектирования, разработанных Гипробумом, принимают степень разбавления массы в процессе массоподготовки и сортирования бумажной массы, сухость бумажного полотна в разных частях бумагоделательной машины, концентрацию оборотных вод, количество отходов при очистке и сортировании массы, а также количество оборотного брака, получаемого на бумагоделательной машине и в отделке, количество спрысковой воды.

Расчет материальных балансов принято производить на одну тонну готовой продукции /нетто/ или на часовую производительность /нетто/. Первый метод расчета предпочтительнее, так как позволяет характеризовать и сопоставлять между собой балансы для одинакового вида продукции, вырабатываемой на различных предприятиях по различным

технологическим схемам, и кроме того, в этом случае легко сделать пересчет на любую длительность и за любой промежуток времени.

Расчет баланса воды и волокна обычно ведется начиная от готовой продукции против хода технологического потока; это вызвано тем, что в большинстве случаев нельзя заранее определить концентрацию массы и количество оборотной воды, циркулирующей в потоке.

Для каждой ступени технологического процесса следует производить расчет количества массы, сухого вещества и воды. Если бумага вырабатывается с наполнителем, то «сухое вещество» следует подразделить на «волокно» и «наполнитель». Для этого надо знать зольность сухого остатка оборотных вод. При расчетах зольность следует пересчитать на наполнитель с учетом его потерь при прокаливании и естественной зольности волокна.

В том случае, когда не стоит вопрос определения степени удержания наполнителя на различных ступенях технологического процесса, а поставлена задача проанализировать в целом технологический поток или на основании расчетов подобрать соответствующую очистную аппаратуру, аппараты осветления для избыточных оборотных вод, насосы, емкости для оборотных вод, расчет баланса можно провести без разделения сухого остатка на волокно и наполнитель. В этом случае только на стадии «композиционный бассейн» следует учесть содержание в сухом остатке проклеивающих и наполняющих веществ, принимая во внимание их удержание, и таким образом рассчитать расход полуфабрикатов для выработки тонны бумаги.

По окончании расчета баланса воды и волокна результаты сводятся в таблицу и определяется приход и расход сухого вещества и воды в процессе

производства, а также потери волокна и наполнителя в сточных водах.

Для полной характеристики потоков рекомендуется на технологической схеме в разных стадиях технологического процесса производства бумаги обозначить расход волокна и воды дробью: в числителе – абсолютно сухое волокно, в знаменателе – вода.

Для избежания ошибок рекомендуется после расчета каждой стадии производства составлять баланс прихода и расхода волокна и воды на этой стадии.

Точность расчета баланса воды и волокна для сухого вещества - 0,01 кг, а бумажной массы и воды - 10 л.

Концентрацию массы и сухость бумажного полотна выражают в процентах.

Ниже приводится методика расчета баланса воды и волокна, а также пример расчета.

Исходные данные для составления баланса воды и волокна

Принципы, заложенные при разработке методики расчета баланса воды и волокна, рассмотрены на основе технологической схемы, представленной на рис. I.

При составлении баланса воды и волокна приняты следующие обозначения:

Сухость бумажного полотна по ходу технологического процесса, %:

после сушки.....	C ₁
после прессов.....	C ₆
после гауч-вала.....	C ₉
после отсасывающих ящиков.....	C ₁₂
после регистровой части.....	C ₁₇
Концентрация поступающей массы, % в напорный ящик.....	C ₂₂
на узлоловитель I ступени.....	C ₂₅
на узлоловитель II ступени.....	C ₂₈
на вихревые очистители III ступени.....	C ₃₃

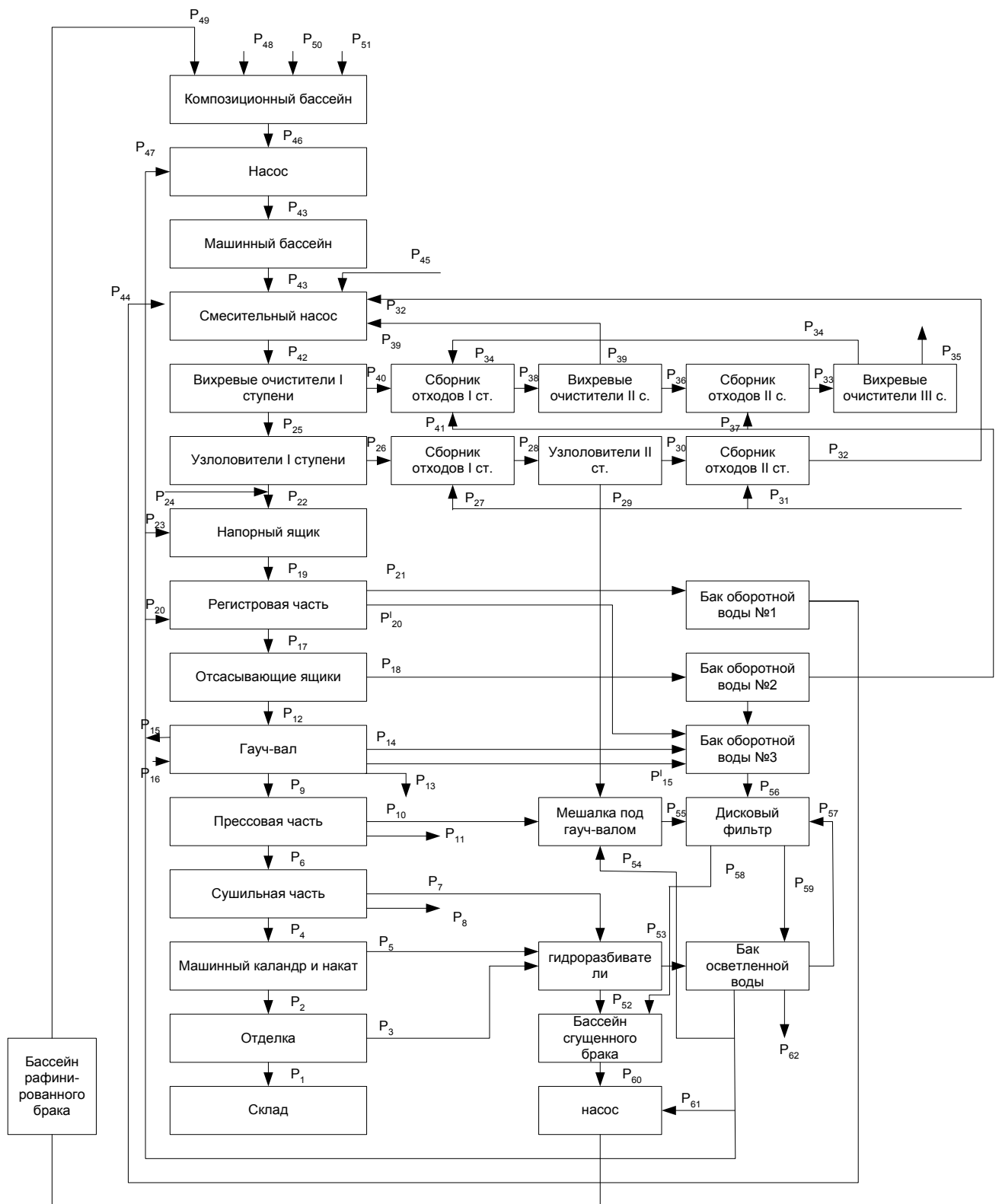


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производства писчепечатных видов бумаги

на вихревые очистители	
II ступени.....	C ₃₈
на вихревые очистители	
I ступени.....	C ₄₂
в смесительный насос.....	C ₄₃
в машинный бассейн.....	C ₄₃
в насос.....	C ₄₆
в композиционный	
бассейн.....	C ₄₈

Концентрация отсортированной массы и отходов по ступеням очистки и сортирования массы, %:

отходов от узлоловителей	
I ступени.....	C ₂₆
отсортированной массы от	
узлоловителя II ступени.....	C ₂₉
отходов от узлоловителя	
II ступени.....	C ₃₀
отходов от узлоловителей	
II ступени	
после разбавления.....	C ₃₂
отсортированной массы	
от вихревых очистителей	
III ступени.....	C ₃₄
отходов от вихревых	
очистителей III ступени.....	C ₃₅
отходов от вихревых	
очистителей II ступени.....	C ₃₆
отсортированной массы	
от вихревых очистителей	
II ступени.....	C ₃₉
отходов от вихревых	
очистителей I ступени.....	C ₄₀

Сухость оборотного брака, %:

в отделке.....	C ₃
с наката.....	C ₅
из сушильной части.....	C ₇

из прессовой части.....	C ₁₀
с гауч-вала (в том числе отсечки)...	C ₁₃
в бассейне рафинированного брака.....	C ₄₉
в гидроразбивателях.....	C ₅₂
в мешалке под гауч-валом....	C ₅₅
скопа с дискового фильтра.....	C ₅₈
в бассейне стущенного брака.....	C ₆₀

Концентрация оборотных вод, %:

от прессов.....	C ₁₁
от гауч-вала.....	C ₁₄
осветленной от дискового фильтра.....	C ₁₅
на sprыски гауч-вала.....	C ₁₆
спрысковая вода гауч-вала.....	C' ₁₅
от отсасывающих ящиков.....	C ₁₈
на sprыски сетки.....	C ₂₀
подсеточной	C' ₂₀
регистравой.....	C ₂₁

Количество бумажного брака, к массе бумаги брутто, %:

при отделке вне бумагоделательной машины...	σ ₁
при машинной отделке.....	σ ₂
в сушильной части.....	σ ₃
в прессовой части.....	σ ₄
на гауч-вале (включая отсечки).....	σ ₅

Количество отходов сортирования к поступающей массе, %:

от узлоловителей I ступени....	σ ₆
от центриклинеров III ступени.....	σ ₇
от центриклинеров II ступени.....	σ ₈

Расход воды, кг/т:

осветленной на спрыски	
гауч-вала.....	V ₁₅
свежей на отсечки.....	V ₁₆
осветленной на спрыски	
сетки.....	V ₂₀
осветленной на пеногашение...	V ₂₃
от отсасывающих ящиков	
для разбавления отходов	
при очистке на узлоловителях..	V ₂₇ и V ₃₁
и вихревых очистителях.....	V ₃₆ и V ₄₁
регистровой в	
смесительном насосе.....	V ₄₄
осветленной в	
гидроразбивателях.....	V ₅₃
осветленной в мешалку	
под гауч-валом.....	V ₅₄
осветленной для	
регулирования концентрации..	V ₄₇ и V ₆₁

Расход (А, кг/т), удержание (У, %) и концентрация (С, г/л) химикатов:

нейтральный клей «Hydrores 350 М».....	A ₄₅ ;	C ₄₅	
крахмал для внутримассной			
проклейки «Emcat CF/T».....	A ₅₁ ;	C ₅₁	
природный мел.....	У ₁ ;	C ₅₀ ;	К
зольность бумаги, %.....	З		
влагопрочная смола «Кюмене 625».....	A ₂₄ ;	C ₂₄	
натрий-карбоксиметилцеллюлоза			
«Камцел-300».....	A _{Na} ;	C _{Na}	

Методика составления баланса воды и волокна

Рассмотрена методика составления баланса на одну тонну продукции нетто.

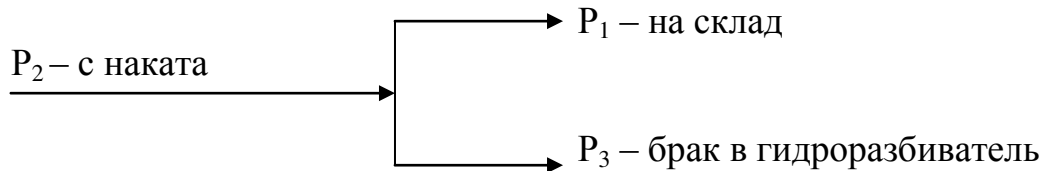
Склад готовой продукции

На склад поступает 1000 кг (P₁) бумаги нетто с сухостью C₁

$$A_1 = 1000 \cdot \frac{C_1}{1000};$$

$$B_1 = P_1 - A_1 .$$

Отделка бумаги



С учетом σ_1 брака в отделке с наката бумагоделательной машины снимается бумаги брутто (P_2):

$$D_2 = 1000 \cdot \frac{100}{100 - \sigma_1};$$

$$\dot{A}_2 = D_2 \cdot \frac{\tilde{N}_1}{100};$$

$$\hat{A}_2 = D_2 - \dot{A}_2;$$

$$D_3 = D_2 - D_1;$$

$$\dot{A}_3 = D_3 \cdot \frac{\tilde{N}_1}{100};$$

$$\hat{A}_3 = D_3 - \dot{A}_3.$$

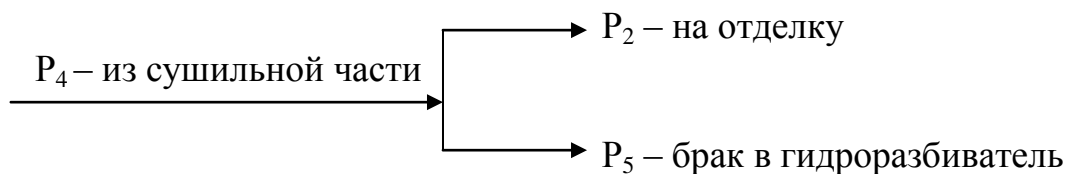
На отделку поступает:

$A_2; B_2.$

С отделки уходит:

$A_1 + A_3, B_1 + B_3.$

Машинный каландр и накат



С учетом σ_2 брака при машинной отделке на машинный каландр поступает бумаги:

$$D_4 = D_2 \cdot \frac{100}{100 - \sigma_2};$$

$$\dot{A}_4 = D_4 \cdot \frac{\tilde{N}_1}{100};$$

$$\hat{A}_4 = D_4 - \dot{A}_4;$$

$$D_5 = D_4 - D_2;$$

$$\dot{A}_5 = D_5 \cdot \frac{\tilde{N}_1}{100};$$

$$\hat{A}_5 = D_5 - \dot{A}_5.$$

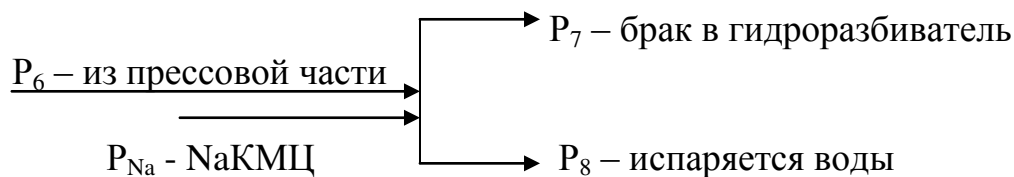
На накат поступает:

$A_4, B_4.$

С наката уходит:

$A_2 + A_5, B_2 + B_5.$

Сушильная часть



С учетом C_{Na} и A_{Na} в сушильную часть машины поступает химиката:

$$D_{Na} = \frac{\dot{A}_{Na} \cdot 100}{C_{Na}}; \quad B_{24} = P_{24} - A_{24}.$$

С учетом σ_3 брака при сушке в сушильную часть машины поступает воздушносухой бумаги:

$$D_6^l = D_4 + \frac{D_2 \cdot \sigma_3}{100}; \quad \dot{A}_6^l = D_6^l \cdot \frac{\tilde{N}_1}{100}.$$

С учетом сухости бумажного полотна после прессовой части C_6 , в сушильную часть машины поступает:

$$D_6 = D_6^l \cdot \frac{\tilde{N}_1}{\tilde{N}_6}; \quad \dot{A}_6 = \dot{A}_6^l;$$

$$\hat{A}_6 = D_6 - \dot{A}_6^l; \quad \dot{A}_7 = \frac{\dot{A}_2 \cdot \sigma_3}{100}.$$

С учетом сухости C_7 в обратном браке, образующемся в сушильной части, содержится воды:

$$B_7 = A_7 \cdot \frac{100 - C_7}{C_7};$$

$$P_7 = A_7 + B_7;$$

$$P_8 = B_6 + B_{Na} - B_4 - B_7;$$

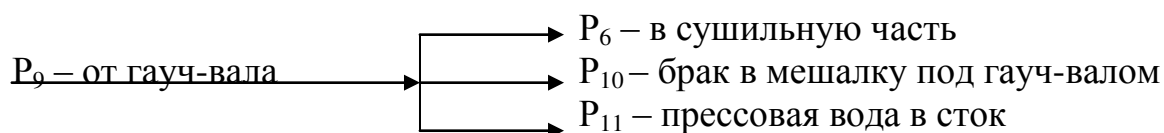
В сушильную часть поступает:

$$A_{Na} + A_6, B_{Na} + B_6;$$

Из сушильной части уходит:

$$A_{Na} + A_4 + A_7, B_4 + B_7 + B_8.$$

Прессовая часть машины



$$P_9 - ?, P_{10} - ?, P_{11} - ?$$

$$P_9 = P_6 + P_{10} + P_{11};$$

$$P_9 \cdot C_9 = P_6 \cdot C_6 + P_{10} \cdot C_{10} + P_{11} \cdot C_{11};$$

с учетом σ_4 брака, при прессовании образуется обратного брака:

$$\dot{A}_{10} = D_2 \cdot \frac{\sigma_4 \cdot \tilde{N}_1}{100 \cdot 100}; \quad D_{10} = \dot{A}_{10} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{10}};$$

$$\hat{A}_{10} = D_{10} - \dot{A}_{10};$$

$$D_6 \cdot \tilde{N}_9 + D_{10} \cdot \tilde{N}_9 + D_{11} \cdot \tilde{N}_9 = D_6 \cdot \tilde{N}_6 + D_{10} \cdot \tilde{N}_{10} + D_{11} \cdot \tilde{N}_{11};$$

$$D_{11} = \frac{D_6 \cdot (\tilde{N}_6 - \tilde{N}_9) + D_{10} (\tilde{N}_{10} - \tilde{N}_9)}{\tilde{N}_9 - \tilde{N}_{11}}; \quad \dot{A}_{11} = D_{11} \cdot \frac{\tilde{N}_{11}}{100};$$

$$\hat{A}_{11} = D_{11} - \dot{A}_{11};$$

$$D_9 = D_6 + D_{10} + D_{11};$$

$$\dot{A}_9 = D_9 \cdot \frac{\tilde{N}_9}{100};$$

$$\hat{A}_9 = D_9 - \dot{A}_9.$$

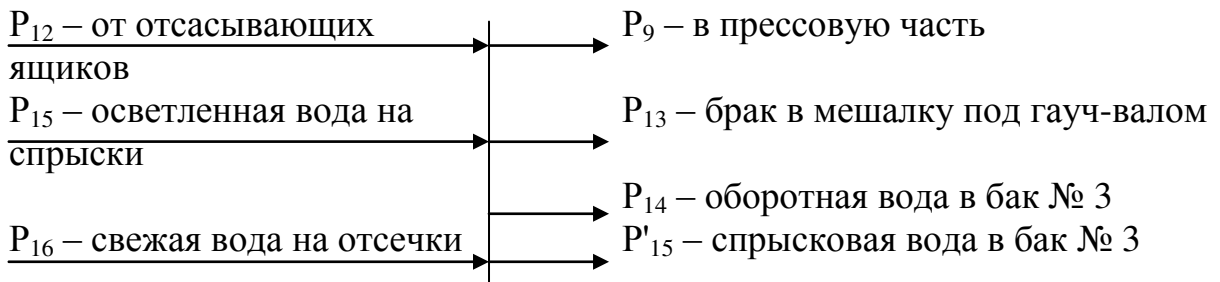
В прессовую часть поступает:

$$A_9, B_9.$$

Из прессовой части уходит:

$$A_6 + A_{10} + A_{11}, B_6 + B_{10} + B_{11}.$$

Гауч-вал



$P_{12} - ?$, $P_{13} - ?$, $P_{14} - ?$

$$D'_{15} = \frac{D_{15} \cdot (100 - \tilde{N}_{15})}{100 - \tilde{N}'_{15}}; \quad \text{так как} \quad D_{15} - \frac{D_{15} \cdot \tilde{N}_{15}}{100} = D'_{15} - \frac{D'_{15} \cdot \tilde{N}'_{15}}{100};$$

$$D_{12} + D_{15} + D_{16} = D_9 + D_{13} + D_{14} + D'_{15};$$

$$D_{12} \cdot \tilde{N}_{12} + D_{15} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{16} \cdot \tilde{N}_{16} = D_9 \cdot \tilde{N}_9 + D_{13} \cdot \tilde{N}_{13} + D_{14} \cdot \tilde{N}_{14} + D'_{15} \cdot \tilde{N}'_{15};$$

С учетом σ_5 брака /включая отсечки/, на гауч-вале образуется обратного брака:

$$\dot{A}_{13} = D_2 \cdot \frac{\sigma_5 \cdot \tilde{N}_1}{100} \quad ; \quad D_{13} = \dot{A}_{13} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{13}} \quad ;$$

$$\hat{A}_{13} = D_{13} - \dot{A}_{13} \quad ; \quad \dot{A}_{15} = D_{15} \cdot \frac{\tilde{N}_{15}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{15} = D_{15} - \dot{A}_{15} \quad ;$$

$$D_{12} \cdot \tilde{N}_{12} + D_{15} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{16} \cdot \tilde{N}_{16} = D_9 \cdot \tilde{N}_9 + D_{13} \cdot \tilde{N}_{13} + D_{12} \cdot \tilde{N}_{14} + D_{15} \cdot \tilde{N}_{14} + D_{16} \cdot \tilde{N}_{14} -$$

$$- D_9 \cdot \tilde{N}_{14} - D_{13} \cdot \tilde{N}_{14} - D_{15} \cdot \tilde{N}_{14} + D'_{15} \cdot \tilde{N}_{14} + D'_{15} \cdot \tilde{N}_{15} \quad ;$$

$$D_{12} = \frac{D_9 \cdot (\tilde{N}_9 - \tilde{N}_{14}) + D_{13} \cdot (\tilde{N}_{13} - \tilde{N}_{14}) + D_{15} \cdot (\tilde{N}_{14} - \tilde{N}_{15}) + D'_{15} \cdot (\tilde{N}'_{15} - \tilde{N}_{14}) + D_{16} \cdot (\tilde{N}_{14} - \tilde{N}_{16})}{\tilde{N}_{12} - \tilde{N}_{14}} \quad ;$$

$$\dot{A}_{12} = D_{12} \cdot \frac{\tilde{N}_{12}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{12} = D_{12} - \dot{A}_{12} \quad ;$$

$$D_{14} = D_{12} + D_{16} + D_{15} - D_9 - D_{13} - D'_{15} \quad , \quad \dot{A}_{14} = D_{14} \cdot \frac{\tilde{N}_{14}}{100} \quad ;$$

$$\hat{A}_{14} = D_{14} - \dot{A}_{14} \quad , \quad \dot{A}'_{15} = D'_{15} \cdot \frac{\tilde{N}'_{15}}{100} \quad , \quad \hat{A}'_{15} = D'_{15} - \dot{A}'_{15} \quad ;$$

На гауч-вал поступает:

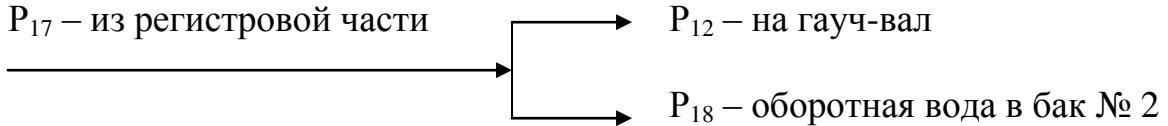
$$\dot{A}_{12} + \dot{A}_{15} + \dot{A}_{16} \quad ; \quad \hat{A}_{12} + \hat{A}_{15} + \hat{A}_{16}.$$

С гауч-вала уходит:

$$\dot{A}_9 + \dot{A}_{13} + \dot{A}_{14} + \dot{A}'_{15} \quad ; \quad \hat{A}_9 + \hat{A}_{13} + \hat{A}_{14} + \hat{A}'_{15}.$$

Отсасывающие ящики

P_{17} – из регистражной части



P_{17} - ?; P_{18} - ?

$$D_{17} = D_{12} + D_{18} \quad ; \quad D_{17} \cdot \tilde{N}_{17} = D_{12} \cdot \tilde{N}_{12} + D_{18} \cdot \tilde{N}_{18} \quad ;$$

$$D_{17} \cdot \tilde{N}_{17} = D_{12} \cdot \tilde{N}_{12} + D_{17} \cdot \tilde{N}_{18} - D_{12} \cdot \tilde{N}_{18} \quad ;$$

$$D_{17} = \frac{D_{12} \cdot (\tilde{N}_{12} - \tilde{N}_{18})}{\tilde{N}_{17} - \tilde{N}_{18}} \quad ; \quad \dot{A}_{17} = D_{17} \cdot \frac{\tilde{N}_{17}}{100} \quad ;$$

$$\hat{A}_{17} = D_{17} - \dot{A}_{17} \quad ; \quad D_{18} = D_{17} - D_{12} \quad ; \quad \dot{A}_{18} = D_{18} \cdot \frac{\tilde{N}_{18}}{100} \quad ;$$

$$\hat{A}_{18} = D_{18} - \dot{A}_{18}.$$

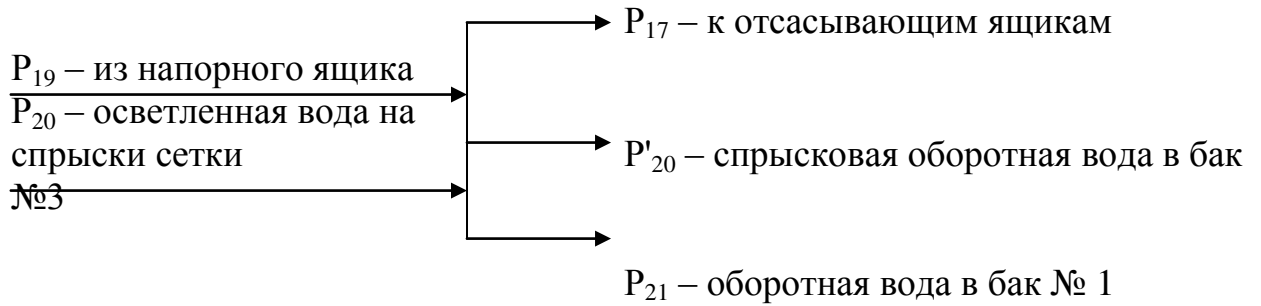
На отсасывающие ящики поступает:

$$A_{17}, B_{17}.$$

С отсасывающих ящиков уходит:

$$A_{12} + A_{18}, B_{12} + B_{18}.$$

Регистровая часть



P_{19} - ?, P_{21} - ?

$$P'_{20} = \frac{P_{20} \cdot (100 - C_{20})}{100 - C'_{20}}; \text{ так как } P_{20} - \frac{P_{20} \cdot C_{20}}{100} = P'_{20} - \frac{P'_{20} \cdot C'_{20}}{100};$$

$$\dot{A}'_{20} = D'_{20} \cdot \frac{\tilde{N}'_{20}}{100}; \quad \hat{A}'_{20} = D'_{20} - \dot{A}'_{20};$$

$$D_{19} + D_{20} = D_{17} + D_{21} + D'_{20};$$

$$D_{19} \cdot \tilde{N}_{19} + D_{20} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{17} \cdot \tilde{N}_{17} + D_{21} \cdot \tilde{N}_{21} + D'_{20} \cdot \tilde{N}'_{20};$$

$$D_{19} \cdot \tilde{N}_{19} + D_{20} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{17} \cdot \tilde{N}_{17} + D_{19} \cdot \tilde{N}_{21} + D_{20} \cdot \tilde{N}_{21} - D_{17} \cdot \tilde{N}_{21} - D'_{20} \cdot \tilde{N}_{21} + D'_{20} \cdot \tilde{N}'_{20};$$

$$P_{19} = \frac{P_{20} \cdot (C_{21} - C_{15}) + P_{17} \cdot (C_{17} - C_{21}) + P'_{20} \cdot (C'_{20} - C_{21})}{C_{19} - C_{21}};$$

$$\dot{A}_{19} = D_{19} \cdot \frac{\tilde{N}_{19}}{100}; \quad \hat{A}_{19} = D_{19} - \dot{A}_{19}; \quad \dot{A}_{20} = D_{20} \cdot \frac{\tilde{N}_{20}}{100};$$

$$\hat{A}_{20} = D_{20} - \dot{A}_{20}; \quad D_{21} = D_{19} + D_{20} - D_{17} - D'_{20};$$

$$\dot{A}_{21} = D_{21} \cdot \frac{\tilde{N}_{21}}{100}; \quad \hat{A}_{21} = D_{21} - \dot{A}_{21}.$$

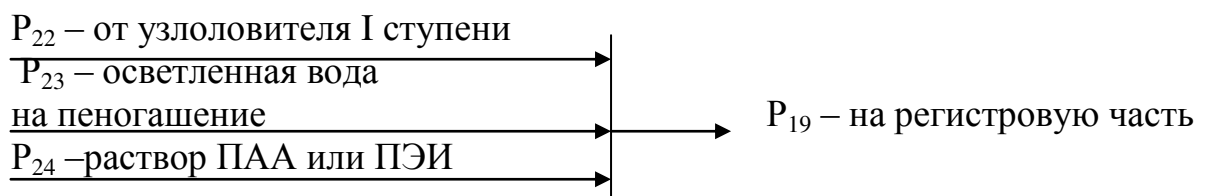
В регистровую часть поступает:

$$\dot{A}_{19} + \dot{A}_{20}; \quad \hat{A}_{19} + \hat{A}_{20}.$$

Из регистровой части уходит:

$$\dot{A}_{17} + \dot{A}'_{20} + \dot{A}_{21}; \quad \hat{A}_{17} + \hat{A}'_{20} + \hat{A}_{21}.$$

Напорный ящик



$P_{22} - ?$, $C_{22} - ?$

$$D_{24} = \frac{\dot{A}_{24} \cdot 100}{\tilde{N}_{24}} ; \hat{A}_{24} = D_{24} - \dot{A}_{24} ; \dot{A}_{23} = D_{23} \cdot \frac{\tilde{N}_{23}}{100} ;$$

$$\hat{A}_{23} = D_{23} - \dot{A}_{23} ; D_{22} = D_{19} - D_{23} - D_{24} ; \dot{A}_{22} = \dot{A}_{19} - \dot{A}_{23} - \dot{A}_{24} ;$$

$$\hat{A}_{22} = D_{22} - \dot{A}_{22} ; \tilde{N}_{22} = \frac{\dot{A}_{22} \cdot 100}{D_{22}} .$$

В напорный ящик приходит, кг:

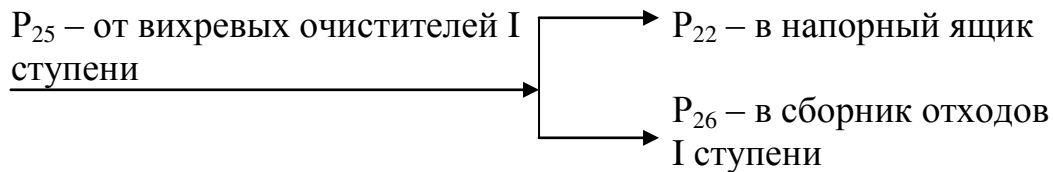
$$\dot{A}_{22} + \dot{A}_{23} + \dot{A}_{24} = 1331,08 + 0,005 + 0,03 = 1331,12$$

$$\hat{A}_{22} + \hat{A}_{23} + \hat{A}_{24} = 15360,51 + 499,995 + 1170 = 155270,51$$

Из напорного ящика уходит, кг:

$$A_{19} = 1331,11 \text{ кг}, B_{19} = 155270,51.$$

Узловитель I ступени



$P_{25} - ?$, $P_{26} - ?$, $C_{25} - ?$

$$\dot{A}_{26} = \dot{A}_{22} \cdot \frac{\sigma_6}{100 - \sigma_6} ; D_{26} = \dot{A}_{26} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{26}} ;$$

$$\hat{A}_{26} = D_{26} - \dot{A}_{26} ; D_{25} = D_{22} + D_{26} ;$$

$$\dot{A} = \dot{A}_{25} = \dot{A}_{22} + \dot{A}_{26} ;$$

$$\hat{A}_{25} = D_{25} - \dot{A}_{25} ; \tilde{N}_{25} = \frac{\dot{A}_{25} \cdot 100}{D_{25}} .$$

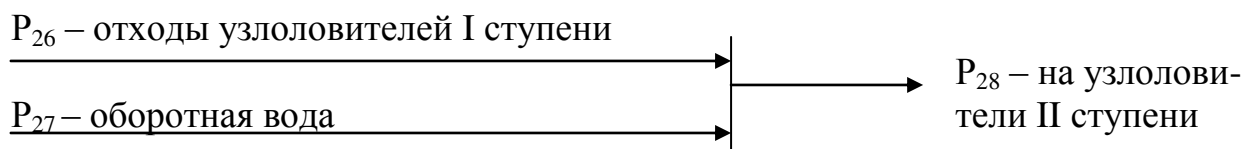
В узловитель I ступени приходит:

$$A_{25}, B_{25}.$$

Из узловителя I ступени уходит:

$$A_{22} + A_{26}, B_{22} + B_{26}.$$

Сборник отходов узловителей I ступени



$$P_{27} - ?, P_{28} - ?, C_{27} = C_{18}$$

$$D_{26} + D_{27} = D_{28} \quad ; \quad D_{26} \cdot \tilde{N}_{26} + D_{27} \cdot \tilde{N}_{18} = D_{28} \cdot \tilde{N}_{28};$$

$$D_{26} \cdot \tilde{N}_{26} + D_{27} \cdot \tilde{N}_{18} = D_{26} \cdot \tilde{N}_{28} + D_{27} \cdot \tilde{N}_{28} \quad ;$$

$$D_{27} = \frac{D_{26} \cdot (\tilde{N}_{28} - \tilde{N}_{26})}{\tilde{N}_{18} - \tilde{N}_{28}} \quad ; \quad \dot{A}_{27} = D_{27} \cdot \frac{\tilde{N}_{18}}{100};$$

$$B_{27} = P_{27} - A_{27};$$

$$P_{28} = P_{26} + P_{27};$$

$$A_{28} = P_{28} \cdot \frac{C_{28}}{100};$$

$$\hat{A}_{28} = D_{28} - \dot{A}_{28}.$$

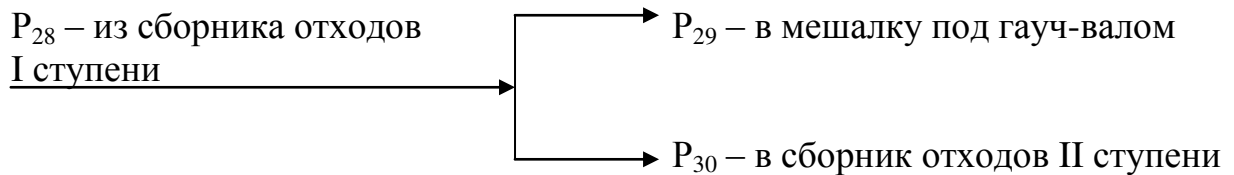
В сборник отходов приходит:

$A_{26} + A_{27}, B_{26} + B_{27}.$

Из сборника отходов уходит:

$A_{28}, B_{28}.$

Узловители II ступени



$$P_{29} - ?, P_{30} - ?, C_{30} - ?$$

$$D_{28} = D_{29} + D_{30} \quad ; \quad D_{28} \cdot \tilde{N}_{28} = D_{29} \cdot \tilde{N}_{29} + D_{30} \cdot \tilde{N}_{30};$$

$$D_{28} \cdot \tilde{N}_{28} = D_{29} \cdot \tilde{N}_{29} + D_{28} \cdot \tilde{N}_{30} - D_{29} \cdot \tilde{N};$$

$$D_{29} = \frac{D_{28} \cdot (\tilde{N}_{28} - \tilde{N}_{30})}{\tilde{N}_{29} - \tilde{N}_{30}};$$

$$\dot{A}_{29} = D_{29} \cdot \frac{\tilde{N}_{29}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{29} = D_{29} - \dot{A}_{29};$$

$$P_{30} = P_{28} - P_{29};$$

$$\dot{A}_{30} = \hat{A}_{28} - \dot{A}_{29} \quad ; \quad \hat{A}_{30} = D_{30} - \dot{A}_{30};$$

$$C_{30} = \frac{A_{30} \cdot 100}{P_{30}}.$$

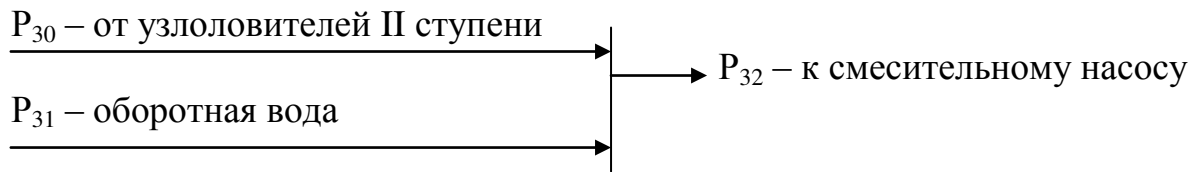
На узлоловитель II ступени приходит:

$A_{28}, B_{28}.$

Из узлоловителя II ступени уходит:

$A_{29} + A_{30}, B_{29} + B_{30}.$

Сборник отходов узлоловителей II ступени



$$P_{31} - ?, P_{32} - ?, C_{31} = C_{18}$$

$$D_{30} + D_{31} = D_{32} \quad ; \quad D_{30} \cdot \tilde{N}_{30} + D_{31} \cdot \tilde{N}_{18} = D_{32} \cdot \tilde{N}_{32};$$

$$D_{30} \cdot \tilde{N}_{30} + D_{31} \cdot \tilde{N}_{18} = D_{30} \cdot \tilde{N}_{32} + D_{31} \cdot \tilde{N}_{32};$$

$$D_{31} = \frac{D_{30} \cdot (\tilde{N}_{32} - \tilde{N}_{30})}{\tilde{N}_{18} - \tilde{N}_{32}} \quad ; \quad \dot{A}_{31} = D_{31} \cdot \frac{\tilde{N}_{18}}{100} \quad , \quad \hat{A}_{31} = D_{31} - \dot{A}_{31};$$

$$D_{32} = D_{30} + D_{31} \quad ; \quad \dot{A}_{32} = D_{32} \cdot \frac{\tilde{N}_{32}}{100};$$

$$\hat{A}_{32} = D_{32} - \dot{A}_{32}.$$

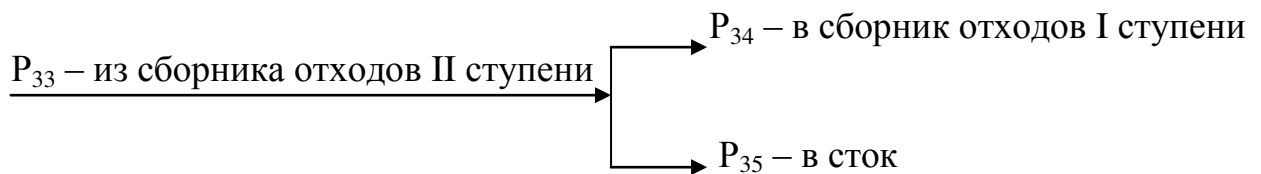
В сборник отходов узлоловителей II ступени приходит:

$$A_{30} + A_{31}, B_{30} + B_{31}.$$

Из сборника узлоловителей II ступени уходит:

$$A_{32}, B_{32}.$$

Вихревые очистители III ступени



$$P_{33} - ?, P_{34} - ?, P_{35} - ?, C_{34} - ?$$

$$D_{35} = \dot{A}_{35} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{35}} \quad ; \quad \hat{A}_{35} = D_{35} - \dot{A}_{35} \quad ; \quad \dot{A}_{33} = \dot{A}_{35} \cdot \frac{100}{\sigma_7};$$

$$D_{33} = \dot{A}_{33} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{33}} \quad ; \quad \hat{A}_{33} = D_{33} - \dot{A}_{33} \quad ; \quad D_{34} = D_{33} - D_{35};$$

$$\dot{A}_{34} = \dot{A}_{33} - \dot{A}_{35} \quad ; \quad \hat{A}_{34} = D_{34} - \dot{A}_{34};$$

$$\tilde{N}_{34} = \frac{\dot{A}_{34} \cdot 100}{D_{34}}.$$

На вихревые очистители III ступени приходит:

$$A_{33}, B_{33}.$$

Из вихревых очистителей уходит:

$$A_{34} + A_{35}, B_{34} + B_{35}.$$

Сборник отходов после вихревых очистителей III ступени

P_{36} - от вихревых очистителей II ступени

P_{37} - оборотная вода

P_{33} - к вихревым очистителям III ступени

$$P_{36} - ?, P_{37} - ?, C_{37} = C_{18};$$

$$D_{33} = D_{36} + D_{37} \quad ; \quad D_{33} \cdot \tilde{N}_{33} = D_{36} \cdot \tilde{N}_{36} + D_{37} \cdot \tilde{N}_{18};$$

$$D_{33} \cdot \tilde{N}_{33} = D_{33} \cdot \tilde{N}_{36} - D_{37} \cdot \tilde{N}_{36} + D_{37} \cdot \tilde{N}_{18};$$

$$D_{37} = \frac{D_{33} \cdot (\tilde{N}_{36} - \tilde{N}_{33})}{\tilde{N}_{36} - \tilde{N}_{18}} \quad ; \quad \dot{A}_{37} = D_{37} \cdot \frac{\tilde{N}_{18}}{100};$$

$$\hat{A}_{37} = D_{37} - \dot{A}_{37} \quad ; \quad D_{36} = D_{33} - D_{37};$$

$$\dot{A}_{36} = D_{36} \cdot \frac{\tilde{N}_{36}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{36} = D_{36} - \dot{A}_{36}.$$

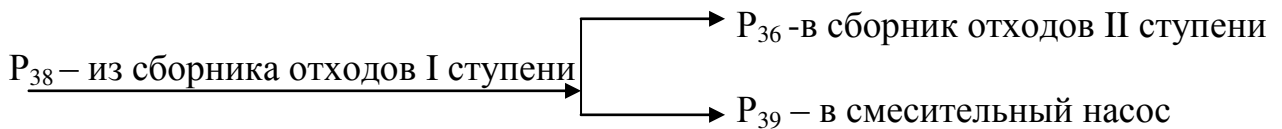
В сборник отходов вихревых очистителей II ступени приходит:

$A_{36} + A_{37}, B_{36} + B_{37}$ кг.

Из сборника отходов уходит:

A_{33}, B_{33} .

Вихревые очистители II ступени



$$P_{38} - ?, P_{39} - ?, C_{39} - ?$$

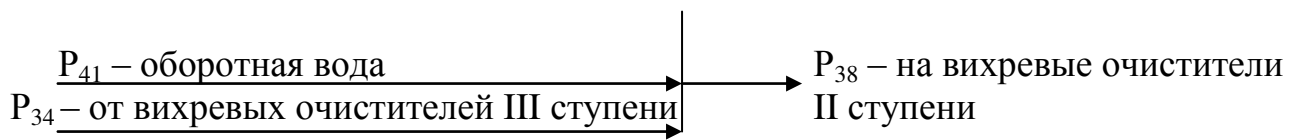
$$\dot{A}_{38} = \dot{A}_{36} \cdot \frac{100}{\sigma_8} \quad ; \quad D_{38} = \dot{A}_{38} \cdot \frac{100}{\tilde{N}_{38}} \quad ; \quad \hat{A}_{38} = D_{38} - \dot{A}_{38};$$

$$\dot{A}_{39} = \dot{A}_{36} \cdot \frac{(100 - \sigma_8)}{\sigma_8} \quad ; \quad D_{39} = D_{38} - D_{36};$$

$$\hat{A}_{39} = \hat{A}_{38} - \hat{A}_{36} \quad ; \quad \tilde{N}_{39} = \dot{A}_{39} \cdot \frac{100}{D_{39}}.$$

Сборник отходов после вихревых очистителей I ступени

P_{40} - от вихревых очистителей I ступени



$$P_{40} - ?, P_{41} - ?, C_{41} = C_{18};$$

$$D_{40} + D_{41} + D_{34} = D_{38} \quad ; \quad \tilde{N}_{40} \cdot D_{40} + \tilde{N}_{18} \cdot D_{41} + \tilde{N}_{34} \cdot D_{34} = D_{38} \cdot \tilde{N}_{38};$$

$$D_{40} \cdot \tilde{N}_{40} + D_{38} \cdot \tilde{N}_{18} - D_{40} \cdot \tilde{N}_{18} - D_{34} \cdot \tilde{N}_{18} + D_{34} \cdot \tilde{N}_{34} = D_{38} \cdot \tilde{N}_{38};$$

$$D_{40} = \frac{D_{38} \cdot (\tilde{N}_{38} - \tilde{N}_{18}) + D_{34} \cdot (\tilde{N}_{18} - \tilde{N}_{34})}{\tilde{N}_{40} - \tilde{N}_{18}};$$

$$\dot{A}_{40} = D_{40} \cdot \frac{\tilde{N}_{40}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{40} = D_{40} - \dot{A}_{40};$$

$$D_{41} = D_{38} - D_{40} - D_{34} \quad ; \quad \dot{A}_{41} = D_{41} \cdot \frac{\tilde{N}_{18}}{100};$$

$$\hat{A}_{41} = D_{41} - \dot{A}_{41}.$$

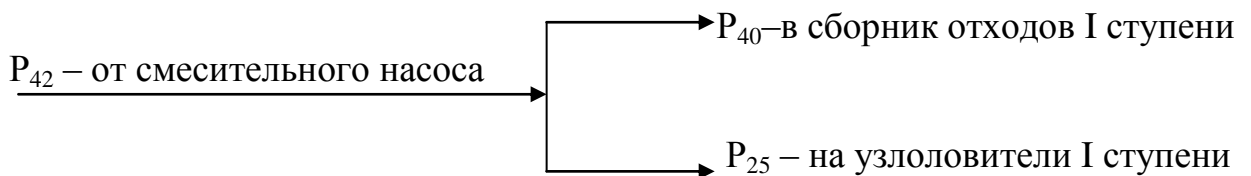
В сборник отходов после вихревых очистителей I ступени приходит:

$$A_{40} + A_{41} + A_{34}, \quad B_{40} + B_{41} + B_{34}.$$

Из сборника отходов после вихревых очистителей I ступени уходит:

$$A_{38}, \quad B_{38}.$$

Вихревые очистители I ступени

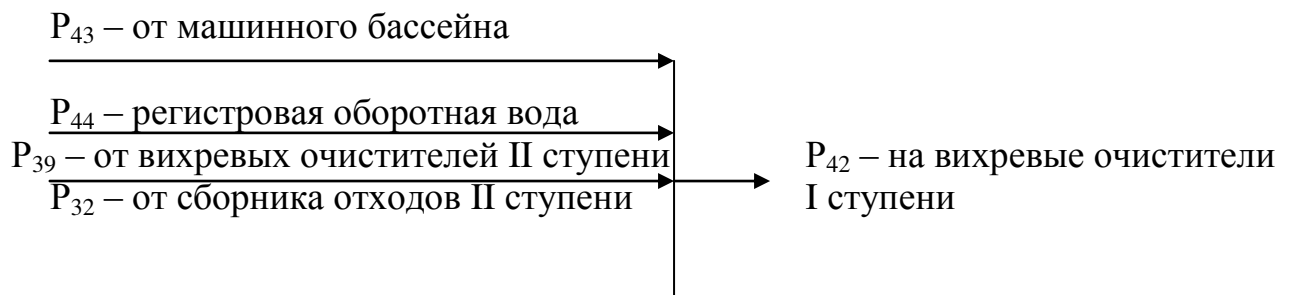


$$P_{42} - ?, C_{42} - ?$$

$$D_{42} = D_{40} + D_{25} \quad ; \quad \dot{A}_{42} = \dot{A}_{40} + \dot{A}_{25} \quad ; \quad \hat{A}_{42} = \hat{A}_{40} + \hat{A}_{25};$$

$$\tilde{N}_{42} = \dot{A}_{42} \cdot \frac{100}{D_{42}}.$$

Смесительный насос



узловителей

P_{45} – раствор глинозема

P_{43} - ?, P_{44} - ?, $C_{44} = C_{21}$, $A_{45} = 0$, $P_{45} = (\Gamma \cdot 10^3)/C_{45}$;

$$D_{43} + D_{44} + D_{39} + D_{32} + D_{45} = D_{42} \quad ;$$

$$D_{43} \cdot \tilde{N}_{43} + D_{44} \cdot \tilde{N}_{21} + D_{39} \cdot \tilde{N}_{39} + D_{32} \cdot \tilde{N}_{32} + D_{45} \cdot \tilde{N}_{45} = D_{42} \cdot \tilde{N}_{42} ;$$

$$D_{43} \cdot \tilde{N}_{43} + D_{42} \cdot \tilde{N}_{21} - D_{43} \cdot \tilde{N}_{21} - D_{39} \cdot \tilde{N}_{21} - D_{32} \cdot \tilde{N}_{21} - D_{45} \cdot \tilde{N}_{21} +$$
$$+ D_{39} \cdot \tilde{N}_{39} + D_{32} \cdot \tilde{N}_{32} + D_{45} \cdot \tilde{N}_{45} = D_{42} \cdot \tilde{N}_{42} ;$$

$$D_{43} = \frac{D_{42} \cdot (\tilde{N}_{42} - \tilde{N}_{21}) + D_{39} \cdot (\tilde{N}_{21} - \tilde{N}_{39}) + D_{32} \cdot (\tilde{N}_{21} - \tilde{N}_{32}) + D_{45} \cdot \tilde{N}_{21}}{\tilde{N}_{43} - \tilde{N}_{21}} ;$$

$$\dot{A}_{43} = \frac{D_{43} \cdot \tilde{N}_{43}}{100} \quad ;$$

$$\hat{A}_{43} = D_{43} - \dot{A}_{43} ;$$

$$D_{44} = D_{42} - D_{43} - D_{39} - D_{32} - D_{45} \quad ; \quad \dot{A}_{44} = D_{44} \cdot \frac{\tilde{N}_{44}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{44} = D_{44} - \dot{A}_{44} .$$

В смесительный насос приходит:

$$A_{43} + A_{44} + A_{39} + A_{32}, B_{43} + B_{44} + B_{39} + B_{32} + B_{45} .$$

Из смесительного насоса уходит:

$$A_{42}, B_{42} .$$

Насос перед машинным бассейном

P_{46} – из композиционного бассейна

P_{47} – осветленная вода

P_{43} – в машинный бассейн

$$P_{46} - ?, P_{47} - ?, C_{47} = C_{15} ;$$

$$D_{46} + D_{47} = D_{43} \quad ; \quad D_{46} \cdot \tilde{N}_{46} + D_{47} \cdot \tilde{N}_{47} = D_{43} \cdot \tilde{N}_{43} ;$$

$$D_{46} \cdot \tilde{N}_{46} + D_{43} \cdot \tilde{N}_{47} - D_{46} \cdot \tilde{N}_{47} = D_{43} \cdot \tilde{N}_{43} ;$$

$$D_{46} = \frac{D_{43} \cdot (\tilde{N}_{43} - \tilde{N}_{47})}{\tilde{N}_{46} - \tilde{N}_{47}} \quad ; \quad \dot{A}_{46} = \frac{D_{46} \cdot \tilde{N}_{46}}{100} \quad ;$$

$$\hat{A}_{46} = D_{46} - \dot{A}_{46} \quad ; \quad D_{47} = D_{43} - D_{46} \quad ;$$

$$\dot{A}_{47} = \frac{D_{47} \cdot \tilde{N}_{15}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{47} = D_{47} - \dot{A}_{47} .$$

В насос приходит: $A_{46} + A_{47}$, $B_{46} + B_{47}$.

Из насоса уходит: A_{43} , B_{43} .

Композиционный бассейн

P_{48} – полуфабрикаты



$P_{48} - ?$, $C_{48} - ?$

P_{49} , A_{49} и B_{49} - см. стр. 19;

$$D_{50} = \frac{1000 \cdot \tilde{N}_1 \cdot C \cdot 10^3}{100 \cdot 100 \cdot \tilde{N}_{50}} = \frac{100 \cdot \tilde{N}_1 \cdot C}{\tilde{N}_{50}};$$

$$\dot{A}_{50} = \frac{1000 \cdot \tilde{N}_1 \cdot C}{100 \cdot 100} = \frac{\tilde{N}_1 \cdot C}{10} ;$$

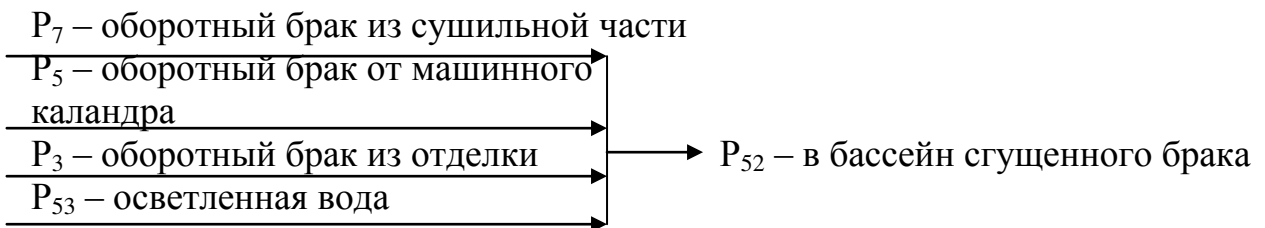
$$\hat{A}_{50} = D_{50} - \dot{A}_{50} \quad ; \quad D_{51} = \frac{\hat{E} \cdot \hat{O} \cdot 1000}{100 \cdot \tilde{N}_{51}} = \frac{10 \cdot \hat{E} \cdot \hat{O}}{\tilde{N}_{51}} ;$$

$$\dot{A}_{51} = \frac{\hat{E} \cdot \hat{O}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{51} = D_{51} - \dot{A}_{51} \quad ; \quad D_{48} = D_{46} - D_{49} - D_{50} - D_{51};$$

$$\dot{A}_{48} = \dot{A}_{46} - \dot{A}_{49} - \dot{A}_{50} - \dot{A}_{51} \quad ; \quad \hat{A}_{48} = D_{48} - \dot{A}_{48};$$

$$\tilde{N}_{48} = \frac{\dot{A}_{48} \cdot 100}{D_{48}} .$$

Гидроразбиватели



$P_{52} - ?$, $P_{53} - ?$, $C_{53} = C_{15}$;

$$D_7 + D_5 + D_3 + D_{53} = D_{52} \quad ; \quad D_7 \cdot \tilde{N}_7 + D_5 \cdot \tilde{N}_5 + D_3 \cdot \tilde{N}_3 + D_{53} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{52} \cdot \tilde{N}_{52};$$

$$D_7 \cdot \tilde{N}_7 + D_5 \cdot \tilde{N}_5 + D_3 \cdot \tilde{N}_3 + D_{52} \cdot \tilde{N}_{15} - D_7 \cdot \tilde{N}_{15} - D_5 \cdot \tilde{N}_{15} - D_3 \cdot \tilde{N}_{15} = D_{52} \cdot \tilde{N}_{52};$$

$$D_{52} = \frac{D_7 \cdot (\tilde{N}_7 - \tilde{N}_{15}) + D_5 \cdot (\tilde{N}_5 - \tilde{N}_{15}) + D_3 \cdot (\tilde{N}_3 - \tilde{N}_{15})}{\tilde{N}_{52} - \tilde{N}_{15}};$$

$$\dot{A}_{52} = \frac{D_{52} \cdot \tilde{N}_{52}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{52} = D_{52} - \dot{A}_{52}.$$

$$D_{53} = D_{52} - D_7 - D_5 - D_3 \quad ; \quad \dot{A}_{53} = \frac{D_{53} \cdot \tilde{N}_{15}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{53} = D_{53} - \dot{A}_{53}.$$

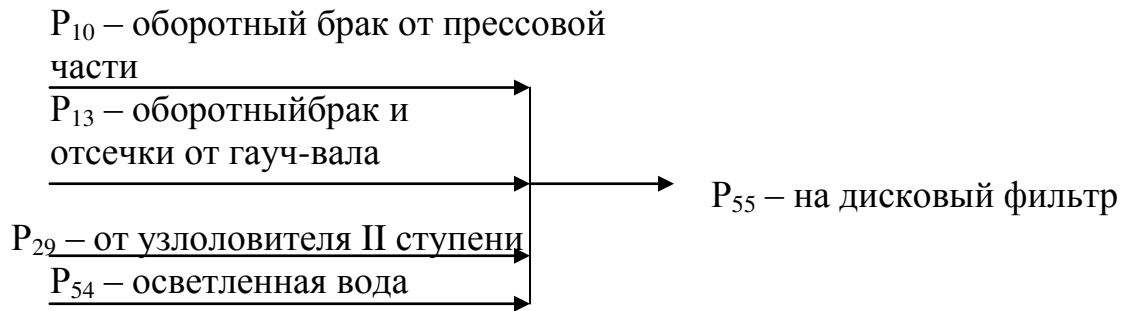
На гидроразбиватели приходит:

$A_7 + A_5 + A_3 + A_{53}$, $B_7 + B_5 + B_3 + B_{53}$.

Из гидроразбивателей уходит:

A_{52}, B_{52} .

Мешалка под гауч-валом



$$P_{54} - ?, P_{55} - ? \quad C_{54} = C_{15};$$

$$D_{10} + D_{13} + D_{29} + D_{54} = D_{55} \quad ;$$

$$D_{10} \cdot \tilde{N}_{10} + D_{13} \cdot \tilde{N}_{13} + D_{29} \cdot \tilde{N}_{29} + D_{54} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{55} \cdot \tilde{N}_{55} \quad ;$$

$$D_{10} \cdot \tilde{N}_{10} + D_{13} \cdot \tilde{N}_{13} + D_{29} \cdot \tilde{N}_{29} + D_{55} \cdot \tilde{N}_{15} - D_{10} \cdot \tilde{N}_{15} - D_{13} \cdot \tilde{N}_{15} - D_{29} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{55} \cdot \tilde{N}_{55};$$

$$D_{55} = \frac{D_{10} \cdot (\tilde{N}_{10} - \tilde{N}_{15}) + D_{13} \cdot (\tilde{N}_{13} - \tilde{N}_{15}) + D_{29} \cdot (\tilde{N}_{29} - \tilde{N}_{15})}{\tilde{N}_{55} - \tilde{N}_{15}};$$

$$\hat{A}_{55} = \frac{D_{55} \cdot \tilde{N}_{55}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{55} = D_{55} - \hat{A}_{55};$$

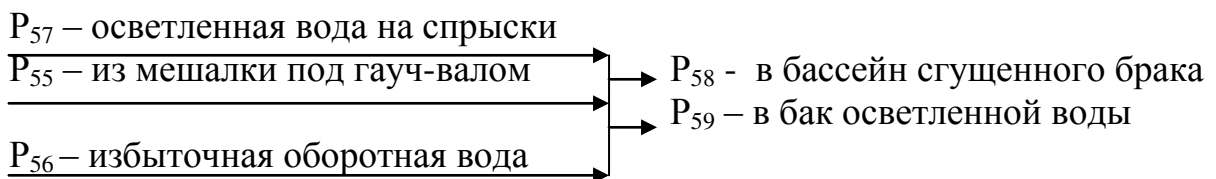
$$D_{54} = D_{55} - D_{10} - D_{13} - D_{29};$$

$$\hat{A}_{54} = \frac{D_{54} \cdot \tilde{N}_{15}}{100} \quad ; \quad \hat{A}_{54} = D_{54} - \hat{A}_{54}.$$

В мешалку под гауч-вал приходит: $A_{10} + A_{13} + A_{29} + A_{54}$,
 $B_{10} + B_{13} + B_{29} + B_{54}$.

Из мешалки под гауч-валом уходит: A_{55}, B_{55} .

Дисковый фильтр



$$P_{56} - ?, P_{58} - ?, P_{59} - ?, C_{56} - ? , C_{57} = C_{59} = C_{15}.$$

Определение количества избыточной оборотной воды (P_{56}) произведено на основе данных, представленных в таб. 1.

Таблица 1

Статья прихода - расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	Р	А	В	Р	А	В	Р	А	В
<i>Регистровая вода</i> В бак оборотной воды	P_{21}	A_{21}	B_{21}						
В смесительный насос				P_{44}	A_{44}	B_{44}			
							$P_{21} - P_{44}$	$A_{21} - A_{44}$	$B_{21} - B_{44}$
<i>Вода от отсасывающих ящиков</i> В бак оборотной воды	P_{18}	A_{18}	B_{18}						
В сборник отходов узлолов. I ступени				P_{27}	A_{27}	B_{27}			
В сборник отходов узлолов. II ступени				P_{31}	A_{31}	B_{31}			
Статья прихода - расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	Р	А	В	Р	А	В	Р	А	В
В сборник отходов центриклинеров II ступени				P_{36}	A_{36}	B_{36}			
В сборник отходов центриклинеров I ступени				P_{41}	A_{41}	B_{41}			
				P_x	A_x	B_x			
							$P_{18} - P_x$	$A_{18} - A_x$	$B_{18} - B_x$

Вода от гауч- вала и подсечная									
									Окончание табл. 1
В бак оборотной воды	P ₁₄	A ₁₄	B ₁₄						
	P' ₂₀	A' ₂₀	B' ₂₀						
							P ₁₄ + P' ₂₀	A ₁₄ + A' ₂₀	B ₁₄ + B' ₂₀
Избыточная оборотная вода							P ₅₆	A ₅₆	B ₅₆

$$\tilde{N}_{56} = \frac{\dot{A}_{56} \cdot 100}{D_{56}} ; \quad D_{57} + D_{55} + D_{56} = D_{58} + D_{59} ;$$

$$D_{57} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{55} \cdot \tilde{N}_{55} + D_{56} \cdot \tilde{N}_{56} = D_{58} \cdot \tilde{N}_{58} + D_{59} \cdot \tilde{N}_{15} ;$$

$$D_{57} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{55} \cdot \tilde{N}_{55} + D_{56} \cdot \tilde{N}_{56} = D_{58} \cdot \tilde{N}_{58} - D_{58} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{57} \cdot \tilde{N}_{15} +$$

$$+ D_{55} \cdot \tilde{N}_{15} + D_{56} \cdot \tilde{N}_{15} ;$$

$$D_{58} = \frac{D_{55} \cdot (\tilde{N}_{55} - \tilde{N}_{15}) + D_{56} \cdot (\tilde{N}_{56} - \tilde{N}_{15})}{\tilde{N}_{58} - \tilde{N}_{15}} ; \quad \dot{A}_{58} = \frac{D_{58} \cdot \tilde{N}_{58}}{100} ;$$

$$\hat{A}_{58} = D_{58} - \dot{A}_{58} ;$$

$$D_{59} = D_{55} + D_{56} + D_{57} - D_{58} ; \quad \dot{A}_{59} = \frac{D_{59} \cdot \tilde{N}_{15}}{100} ; \quad \hat{A}_{59} = D_{59} - \dot{A}_{59} .$$

На дисковый фильтр приходит: A₅₅ + A₅₆ + A₅₇ , B₅₅ + B₅₆ + B₅₇.
От дискового фильтра уходит: A₅₈ + A₅₉ , B₅₈ + B₅₉.

Бассейн сгущенного брака

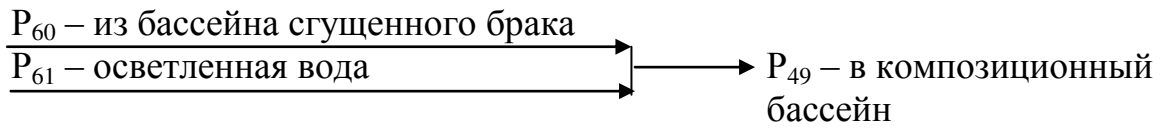


P₆₀ -?, C₆₀ - ?

$$D_{60} = D_{52} + D_{58} ; \quad \dot{A}_{60} = \dot{A}_{52} + \dot{A}_{58} ; \quad \hat{A}_{60} = D_{60} - \dot{A}_{60} ;$$

$$\tilde{N}_{60} = \frac{\dot{A}_{60} \cdot 100}{D_{60}} .$$

Насос для подачи оборотного брака в композиционный бассейн



$$P_{61} - ?, P_{49} - ?. C_{61} = C_{15};$$

$$D_{60} + D_{61} = D_{49} \quad ;$$

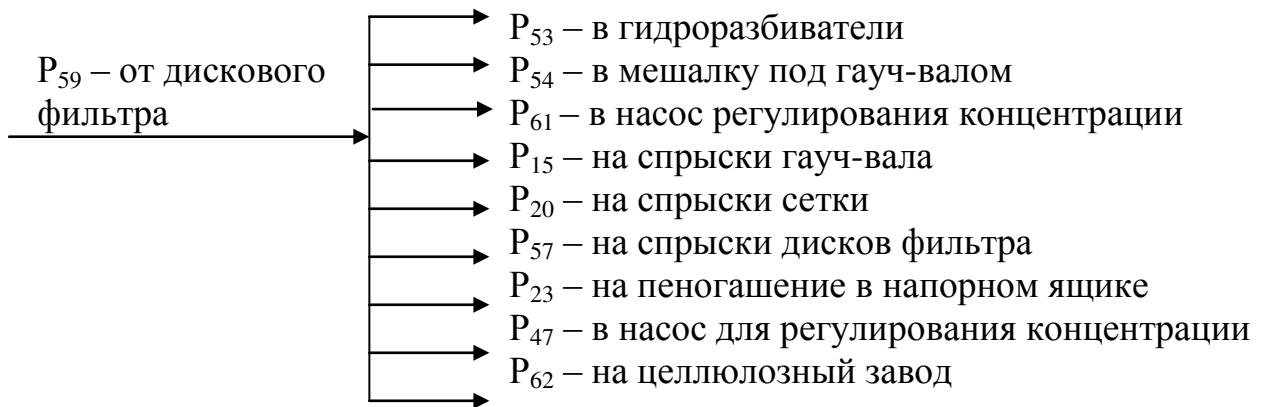
$$D_{60} \cdot \tilde{N}_{60} + D_{61} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{49} \cdot \tilde{N}_{49} \quad ; \quad D_{60} \cdot \tilde{N}_{60} + D_{49} \cdot \tilde{N}_{15} - D_{60} \cdot \tilde{N}_{15} = D_{49} \cdot \tilde{N}_{49} \quad ;$$

$$D_{49} = \frac{D_{60} \cdot (\tilde{N}_{60} - \tilde{N}_{15})}{\tilde{N}_{49} - \tilde{N}_{15}} \quad ; \quad \dot{A}_{49} = \frac{D_{49} \cdot \tilde{N}_{49}}{100};$$

$$\hat{A}_{49} = D_{49} - \dot{A}_{49} \quad ; \quad D_{61} = D_{49} - D_{60} \quad ; \quad \dot{A}_{61} = \frac{D_{61} \cdot \tilde{N}_{61}}{100};$$

$$\hat{A}_{61} = D_{61} - \dot{A}_{61}.$$

Бак осветленной воды



Количество избыточной осветленной воды (P_{62}), перекачиваемой для разбавления целлюлозы на целлюлозный завод, рассчитано на основе данных, представленных в табл. 2

Таблица 2

Наименование статей прихода-расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	Р	А	В	Р	А	В	Р	А	В
От дискового фильтра	P_{59}	A_{59}	B_{59}						
Напыски гауч-вала				P_{15}	A_{15}	B_{15}			
Напыски сетки				P_{20}	A_{20}	B_{20}			
На пеногашение в напорный ящик				P_{23}	A_{23}	B_{23}			

В насосы для регулирования концентрации				P ₄₇ P ₆₁	A ₄₇ A ₆₁	B ₄₇ B ₆₁			
В гидро-разбиватели				P ₅₃	A ₅₃	B ₅₃			
В мешалку под гауч-валом				P ₅₄					
На спрыски дискового фильтра				P ₅₇	A ₅₇	B ₅₇			
Избыток осветленной воды				P ₆₂	A ₆₂	B ₆₂			

Окончание табл. 2

Сводный баланс воды и волокна

Сводный баланс прихода и расхода абсолютно-сухих веществ и воды представлен в табл. 3.

Таблица 3

Наименование статей прихода и расхода	Приход, кг		Расход, кг	
	волокна и химикатов	воды	волокна и химикатов	воды
Полуфабрикаты	A ₄₈	B ₄₈		
Суспензия каолина	A ₅₀	B ₅₀		
Наименование статей прихода и расхода	Приход, кг		Расход, кг	
	волокна и химикатов	воды	волокна и химикатов	воды
Раствор глинозема	-	B ₄₅		
Отсечки (свежая вода)	-	B ₁₆		
	A	B		
Бумага брутто			A ₁	B ₁
Прессы			A ₁₁	B ₁₁
Сушильная часть				B ₈

Вихревые очистители III ступени			A ₃₅	B ₃₅
Избыточная (остаточная) осветленная вода			A ₆₂	B ₆₂
			A	B

Безвозвратные потери волокна (прямой)

В соответствии с рассматриваемой технологической схемой безвозвратные потери составляют:

$$A_{\Pi} = A_{11} + A_{35} + A_{62} \quad \text{или} \quad A_{\Pi} = A_{48} - A_1 ;$$

$$\frac{A_{\Pi} \cdot 100}{A_{48}}, \quad \%$$

Пример расчета баланса воды и волокна

В учебном пособии приведен пример расчета баланса воды и волокна, необходимых для выработки одной тонны картографической бумаги на машине обрезной шириной 2540 мм при скорости 154м/мин.

Необходимые для расчета качественные показатели бумаги приняты в соответствии с ГОСТ 1339-79, а именно:

Масса 1м² – 85 г;

Массовая доля золы – 8 %;

Проклейка – 0,80 мм;

Влажность – 6 %.

Технологическая схема производства бумаги представлена на рис. 1.

Приняты следующие исходные данные для расчета:

Сухость бумажного полотна по ходу технологического процесса, %:

- после сушки C₁ = 94;
- после прессов C₆ = 42;
- после гауч-вала C₉ = 20;
- после отсасывающих ящиков C₁₂ = 14;

- после регистровой части $C_{17} = 5,5$.

Концентрация поступающей массы, %:

- на узлоловитель II ступени $C_{28} = 0,65$;
- на вихревые очистители III ступени $C_{33} = 0,50$;
- на вихревые очистители II ступени $C_{38} = 0,60$;
- в смесительный насос $C_{43} = 3,00$;
- в машинный бассейн $C_{43} = 3,00$;
- в насос $C_{46} = 3,20$.

Концентрация отсортированной массы и отходов по ступеням очистки и сортирования, %:

- отходов от узлоловителей I ступени $C_{26} = 1,40$;
- отсортированной массы от узлоловителя II ступени $C_{29} = 0,62$;
- отходов от узлоловителей II ступени $C_{30} = 1,20$;
- отходов от узлоловителей II ступени после разбавления $C_{32} = 0,8$;
- отходов от вихревых очистителей III ступени $C_{35} = 1,00$;
- отходов от вихревых очистителей II ступени $C_{36} = 1,20$;
- отходов от вихревых очистителей I ступени $C_{40} = 0,70$.

Сухость оборотного брака, %:

- в отделке $C_3 = 94,00$;
- с наката $C_5 = 94,00$;
- из сушильной части $C_7 = 80,00$;
- из прессовой части $C_{10} = 35,00$;
- с гауч-вала (в том числе отсечки) $C_{13} = 19,00$;
- в гидроразбивателях $C_{52} = 3,50$;
- во флотационной ловушке $C_{55} = 1,2$.
-

Концентрация оборотных вод, %:

- от прессов $C_{11} = 0,15$;
- от гауч-вала $C_{14} = 0,13$;
- осветленной от дискового фильтра $C_{15} = 0,001$;
- от промывки гауч-вала $C'_{15} = 0,0015$;
- от отсасывающих ящиков $C_{18} = 0,17$;
- подсеточной $C'_{20} = 0,005$;
- регистровой $C_{21} = 0,20$.

Количество бумажного брака, по отношению к массе бумаги (брутто), %:

- при отделке вне БДМ $\sigma_1 = 4,00$;
- при машинной отделке $\sigma_2 = 1,00$;
- в сушильной части $\sigma_3 = 1,00$;
- в прессовой части $\sigma_4 = 2,00$;
- на гауч-вале (включая отсечки) $\sigma_5 = 2,00$.

Количество отходов сортирования по отношению к поступающей массе, %:

- от узлоловителей $\sigma_6 = 5,00$;
- от центриклинеров III ступени $\sigma_7 = 10,00$;
- от центриклинеров II ступени $\sigma_8 = 12,00$.

Расход воды, кг/т:

- осветленной на спрыски гауч-вала $P_{15} = 1000$;
- свежей на отсечки $P_{16} = 350$;
- осветленной на спрыски сетки $P_{20} = 15000$;
- «-» на пеногашение $P_{23} = 500$.

Расход (A, кг/т), удержание (У, %) и концентрация (С, г/л) химикатов:

нейтральный клей

«Hydrores 350 M» $A_{45} = 6,3$; $C_{45} = 20$;

крахмал для внутримассной

проклейки «Emcat CF/T» $A_{51} = 4,8$; $C_{51} = 20$;

природный мел

$Y_1 = 95$; $C_{50} = 190$; $K = 15$;

зольность бумаги, %

$Z = 8,00$;

влагопрочная смола

«Кюмене 625» $A_{24} = 1,8$; $C_{24} = 0,8$;

натрий-карбоксиметил

целлюлоза

«Камцел-300» $A_{Na} = 30$ $C_{Na} = 2,5$.

Склад готовой продукции

Принимаем: $P_1 = 1000$ кг; $C_1 = 94$ %;

$$A_1 = 1000 \cdot \frac{94}{1000} = 940 \text{ кг};$$

$$\hat{A}_1 = 1000 - 940 = 60 \text{ кг.}$$

Отделка бумаги

Принимаем: $\sigma_1 = 4 \%$; P – кг; A – кг; B – кг;

$$D_2 = 1000 \cdot \frac{100}{100-4} = 1041,66 \quad ; \quad \dot{A}_2 = 1041,66 \cdot \frac{94}{100} = 979,16;$$

$$\hat{A}_2 = 1041,66 - 979,16 = 62,5 \quad ; \quad D_3 = 1041,66 - 1000 = 41,66;$$

$$\dot{A}_3 = 41,66 \cdot \frac{94}{100} = 39,16 \quad ; \quad \hat{A}_3 = 41,66 - 39,16 = 2,5.$$

На отделку поступает:

$$A_2 = 979,16 \text{ кг}; \quad B_2 = 62,5 \text{ кг.}$$

С отделки уходит:

$$A_1 + A_3 = 940 + 39,16 = 979,16 \text{ кг};$$

$$B_1 + B_3 = 60 + 2,5 = 62,5 \text{ кг.}$$

Машинный каландр и накат

Принимаем: $\sigma_2 = 1 \%$; P – кг; B – кг; A – кг;

$$D_4 = 1041,66 \cdot \frac{100}{100-1} = 1052,18; \quad \dot{A}_4 = 1052,18 \cdot \frac{94}{100} = 989,05;$$

$$\hat{A}_4 = 1052,18 - 989,05 = 63,13;$$

$$D_5 = 1052,18 - 1041,66 = 10,52; \quad \dot{A}_5 = 10,52 \cdot \frac{94}{100} = 9,89;$$

$$\hat{A}_5 = 10,52 - 9,89 = 0,63.$$

На накат поступает: $A_4 = 989,05 \text{ кг}; \quad B_4 = 63,13 \text{ кг.}$

С наката уходит: $A_2 + A_5 = 979,16 + 9,89 = 989,05 \text{ кг};$

$$B_2 + B_5 = 62,5 + 0,63 = 63,13 \text{ кг.}$$

Сушильная часть

Принимаем: $C_{Na} = 0,8 \%$; $A_{Na} = 1,8 \text{ кг}; \quad P - \text{кг}; \quad B - \text{кг};$

$$D_{Na} = \frac{\dot{A}_{Na} \cdot 100}{C_{Na}} = \frac{1,8 \cdot 100}{0,8} = 225;$$

$$B_{24} = P_{24} - A_{24} = 225 - 1,8 = 223,2 ;$$

Принимаем: $C_6 = 42 \%$, $C_7 = 80 \%$, $\sigma_3 = 1 \%$; P – кг; A – кг; B – кг;

$$D_6^I = 1052,18 + \frac{1041,66 \cdot 1}{100} = 1062,59; \quad \dot{A}_6^I = 1062,59 \cdot \frac{94}{100} = 998,84;$$

$$D_6 = 1062,59 \cdot \frac{94}{42} = 2378,18;$$

$$\dot{A}_6 = \dot{A}_6^1 = 998,84;$$

$$\hat{A}_6 = 2378,18 - 998,84 = 1379,34;$$

$$\dot{A}_7 = \frac{979,16 \cdot 1}{100} = 9,79;$$

$$\hat{A}_7 = 9,79 \cdot \frac{100 - 80}{80} = 2,45;$$

$$P_7 = 9,79 + 2,45 = 12,24 \text{ кг};$$

$$P_8 = B_8 = 1379,34 + 223,2 - 63,13 - 2,45 = 1536,96 \text{ кг}.$$

В сушильную часть приходит:

$$A_{Na} + A_6 = 1,8 + 998,84 = 1000,64 \text{ кг};$$

$$B_{Na} + B_6 = 223,2 + 1379,34 = 1602,54 \text{ кг}.$$

Из сушильной части уходит:

$$A_{Na} + A_4 + A_7 = 1,8 + 989,05 + 9,79 = 1000,64 \text{ кг};$$

$$B_4 + B_7 + B_8 = 63,13 + 2,45 + 1536,96 = 1602,54 \text{ кг}.$$

Прессовая часть машины

Принимаем: $\sigma_4 = 2\%$, $C_6 = 42\%$, $C_9 = 20\%$, $C_{10} = 35,00\%$, $C_{11} = 0,15\%$, А-кг, В – кг, Р-кг;

$$\dot{A}_{10} = 1041,66 \cdot \frac{1 \cdot 94}{100 \cdot 100} = 9,79; \quad D_{10} = 9,79 \cdot \frac{100}{35,00} = 27,97;$$

$$\hat{A}_{10} = 27,97 - 9,79 = 18,18; \quad D_{11} = \frac{2378,18 \cdot (42 - 20) + 27,97 \cdot (35 - 20)}{20 - 0,15} = 2656,90;$$

$$\dot{A}_{11} = 2656,9 \cdot \frac{0,15}{100} = 3,99; \quad \hat{A}_{11} = 2656,9 - 3,99 = 2652,91;$$

$$D_9 = 2378,18 + 27,97 + 2656,9 = 5063,05; \quad \dot{A}_9 = 5063,05 \cdot \frac{20}{100} = 1012,61;$$

$$\hat{A}_9 = 5063,05 - 1012,61 = 4050,44.$$

В прессовую часть поступает:

$$A_9 = 1012,61 \text{ кг}; \quad B_9 = 4050,44 \text{ кг}.$$

Из прессовой части уходит:

$$A_6 + A_{10} + A_{11} = 998,84 + 9,79 + 3,99 = 1012,62 \text{ кг}.$$

Гауч-вал

Принимаем: $\sigma_5 = 2,00\%$, $C_{12} = 14\%$; $C_{13} = 19\%$; $C_{14} = 0,13\%$, $C_{15} = 0,001\%$; $C'_{15} = 0,0015\%$ кг; $P_{15} = 1000$ кг/т; $\%$, А- кг, В – кг, Р-кг; $B_{16} = P_{16} = 350$ кг;

$$\begin{aligned} \dot{A}_{13} &= 1041,66 \cdot \frac{2}{100} \cdot \frac{94}{100} = 19,58; & \dot{D}_{13} &= 19,58 \cdot \frac{100}{19} = 103,05; \\ \hat{A}_{13} &= 103,05 - 19,58 = 83,47; & \dot{A}_{15} &= 1000 \cdot \frac{0,001}{100} = 0,01; \\ \hat{A}_{15} &= 1000 - 0,01 = 999,99; & \dot{D}_{15} &= \frac{1000 \cdot (100 - 0,001)}{100 - 0,0015} = 1000,01; \\ \dot{A}'_{15} &= 1000,01 \cdot \frac{0,0015}{100} = 0,02; & \hat{A}'_{15} &= 1000,01 - 0,02 = 999,99; \\ \dot{D}_{12} &= \frac{5063,05 \cdot (20 - 0,13) + 103,5(19 - 0,13) + 1000 \cdot 0,13 + 1000,01 \cdot (0,0015 - 0,13) + 350 \cdot 0,13}{14 - 0,13} = \\ &= 7397,47; \\ \dot{A}_{12} &= 7397,47 \cdot \frac{14}{100} = 1035,65; & \hat{A}_{12} &= 7397,47 - 1035,65 = 6361,82 \\ \dot{D}_{14} &= 7397,47 + 350 + 1000 - 5063,05 - 103,05 - 1000,01 = 2581,36; \\ \dot{A}_{14} &= 2581,36 \cdot \frac{0,13}{100} = 3,35; & \hat{A}_{14} &= 2581,36 - 3,35 = 2578,01. \end{aligned}$$

На гауч-вал поступает:

$$\begin{aligned} \dot{A}_{12} + \dot{A}_{15} + \dot{A}_{16} &= 1035,65 + 0,01 = 1035,66; \\ \hat{A}_{12} + \hat{A}_{15} + \hat{A}_{16} &= 6361,82 + 999,99 + 350 = 7711,81. \end{aligned}$$

С гауч-вала уходит:

$$\begin{aligned} \dot{A}_9 + \dot{A}_{13} + \dot{A}_{14} + \dot{A}'_{15} &= 1012,61 + 19,58 + 3,35 + 0,02 = 1035,66; \\ \hat{A}_9 + \hat{A}_{13} + \hat{A}_{14} + \hat{A}'_{15} &= 4050,44 + 83,47 + 2578,01 + 999,99 = 7711,81. \end{aligned}$$

Отсасывающие ящики

Принимаем: $C_{17} = 5,5 \%$, $C_{18} = 0,17 \%$; А- кг, В – кг, Р-кг;

$$\begin{aligned} \dot{D}_{17} &= \frac{7397,47 \cdot (14 - 0,17)}{5,5 - 0,17} = 19194,56; & \dot{A}_{17} &= 19194,56 \cdot \frac{5,5}{100} = 1055,7; \\ \hat{A}_{17} &= 19194,56 - 1055,7 = 18138,86; & \dot{D}_{18} &= 19194,56 - 7397,47 = 11797,09; \\ \dot{A}_{18} &= 11797,09 \cdot \frac{0,17}{100} = 20,06; \\ \hat{A}_{18} &= 11797,09 - 20,06 = 11777,03. \end{aligned}$$

На отсасывающие ящики поступает:

$$A_{17} = 1055,7 \text{ кг}, \quad B_{17} = 18138,86 \text{ кг}.$$

С отсасывающих ящиков уходит:

$$\begin{aligned} A_{12} + A_{18} &= 1035,65 + 20,06 = 1055,7 \text{ кг}; \\ B_{12} + B_{18} &= 6361,82 + 11777,03 = 18138,85 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Регистровая часть

Принимаем: $C_{19} = 0,85 \%$, $C_{20} = C_{15} = 0,001 \%$, $C'_{20} = 0,005 \%$, $C_{21} = 0,2 \%$,
 $P_{20} = 15000$ кг, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D'_{20} = \frac{15000 \cdot (100 - 0,001)}{100 - 0,005} = 15000,60; \quad \dot{A}'_{20} = 15000,6 \cdot \frac{0,005}{100} = 0,75;$$

$$\hat{A}'_{20} = 15000,6 - 0,75 = 14999,85; \quad \dot{A}_{20} = 15000 \cdot \frac{0,001}{100} = 0,15;$$

$$\hat{A}_{20} = 15000 - 0,15 = 14999,85;$$

$$D_{19} = \frac{15000 \cdot (0,2 - 0,001) + 19194,56 \cdot (5,5 - 0,2) + 15000,6 \cdot (0,005 - 0,2)}{0,85 - 0,2} = 15660162;$$

$$\dot{A}_{19} = 15660162 \cdot \frac{0,85}{100} = 133111; \quad \hat{A}_{19} = 15660162 - 133111 = 15527051;$$

$$D_{21} = 15660162 + 15000 - 19194,56 - 15000,6 = 13740646;$$

$$\dot{A}_{21} = 13740646 \cdot \frac{0,2}{100} = 274,81;$$

$$\hat{A}_{21} = 13740646 - 274,81 = 13713165.$$

В регистровую часть поступает:

$$\dot{A}_{19} + \dot{A}_{20} = 133111 + 0,75 = 133126;$$

$$\hat{A}_{19} + \hat{A}_{20} = 15527051 + 14999,85 = 17027036.$$

Из регистровой части уходит:

$$\dot{A}_{17} + \dot{A}'_{20} + \dot{A}_{21} = 1055,7 + 0,75 + 274,81 = 1331,26;$$

$$\hat{A}_{17} + \hat{A}'_{20} + \hat{A}_{21} = 18138,86 + 14999,85 + 13713165 = 17027036.$$

Напорный ящик

Принимаем: $C_{23} = C_{15} = 0,001 \%$, $C_{24} = 2,5 \%$, $A_{24} = 30$ кг, $P_{23} = 500$ кг, А- кг,
В – кг, Р-кг;

$$\begin{aligned} D_{24} &= \frac{30 \cdot 100}{2,5} = 1200; & \hat{A}_{24} &= 1200 - 30 = 1170; \\ \dot{A}_{23} &= 500 \cdot \frac{0,001}{100} = 0,005; & \hat{A}_{23} &= 500 - 0,005 = 499,995; \\ D_{22} &= 15660162 - 500 - 1200 = 15490162; \\ \dot{A}_{22} &= 1331,11 - 0,005 - 30 = 1301,11; \\ \hat{A}_{22} &= 15490162 - 1301,11 = 15360051; \\ \tilde{N}_{22} &= \frac{1301,11 \cdot 100}{15490162} = 0,84\%. \end{aligned}$$

В напорный ящик приходит:

$$A_{22} + A_{23} + A_{24} = 1331,08 + 0,005 + 0,03 = 1331,12;$$

$$B_{22} + B_{23} + B_{24} = 153600,51 + 499,995 + 1170 = 155270,51.$$

Из напорного ящика уходит:

$$A_{19} = 1331,11 \text{ кг}, B_{19} = 155270,51 \text{ кг}.$$

Узловитель I ступени

Принимаем: $\sigma_6 = 5 \%$, $C_{26} = 1,4 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$\dot{A}_{26} = 1301,11 \cdot \frac{5}{100 - 5} = 68,48;$$

$$D_{26} = 68,48 \cdot \frac{100}{1,4} = 4891,43;$$

$$\hat{A}_{26} = 4891,43 - 68,48 = 4822,95;$$

$$D_{25} = 15490162 + 4891,43 = 15979305;$$

$$\dot{A}_{25} = 1301,11 + 68,48 = 1369,59;$$

$$\hat{A}_{25} = 15979305 - 1369,59 = 15842348;$$

$$\tilde{N}_{25} = \frac{1369,59 \cdot 100}{15979305} = 0,86 \%.$$

В узловитель I ступени приходит:

$$A_{25} = 1369,59 \text{ кг}, B_{25} = 158423,48 \text{ кг}.$$

Из узловителя I ступени уходит:

$$A_{22} + A_{26} = 1301,11 + 68,48 = 1369,59 \text{ кг};$$

$$B_{22} + B_{26} = 153600,51 + 4822,95 = 158423,46 \text{ кг}.$$

Сборник отходов узловителей I ступени

Принимаем: $C_{27} = C_{18} = 0,17 \%$, $C_{28} = 0,65 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{27} = \frac{4891,43 \cdot (0,65 - 1,4)}{0,17 - 0,65} = 7642,86; \quad \dot{A}_{27} = 7642,86 \cdot \frac{0,17}{100} = 12,99;$$

$$\hat{A}_{27} = 7642,86 - 12,99 = 7629,87;$$

$$D_{28} = 4891,43 + 7642,86 = 12534,29;$$

$$\dot{A}_{28} = 12534,29 \cdot \frac{0,65}{100} = 81,47;$$

$$\hat{A}_{28} = 12534,29 - 81,47 = 12452,82.$$

В сборник отходов приходит:

$$A_{26} + A_{27} = 68,48 + 12,99 = 81,47 \text{ кг};$$

$$B_{26} + B_{27} = 4822,95 + 7629,87 = 12452,82 \text{ кг}.$$

Из сборника отходов уходит:

$$A_{28} = 81,47 \text{ кг};$$

$$B_{28} = 12452,82 \text{ кг}.$$

Узловители II ступени

Принимаем: $C_{29} = 0,62 \%$, $C_{30} = 1,2 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{29} = \frac{12534,29 \cdot (0,65 - 1,2)}{0,62 - 1,2} = 11885,96; \quad \dot{A}_{29} = 11885,96 \cdot \frac{0,62}{100} = 73,69;$$

$$\hat{A}_{29} = 11885,96 - 73,69 = 11812,27;$$

$$D_{30} = 12534,29 - 11885,96 = 648,33;$$

$$\dot{A}_{30} = 81,47 - 73,69 = 7,78; \quad \hat{A}_{30} = 648,33 - 7,78 = 640,55;$$

$$C_{30} = \frac{7,78 \cdot 100}{648,33} = 1,2 \%$$

На узловитель II ступени приходит:

$$A_{28} = 81,47 \text{ кг};$$

$$B_{28} = 12452,82 \text{ кг}.$$

Из узловителя II ступени уходит:

$$A_{29} + A_{30} = 73,69 + 7,78 = 81,47 \text{ кг};$$

$$B_{29} + B_{30} = 11812,27 + 640,55 = 12452,82 \text{ кг}.$$

Сборник отходов узловителей II ступени

Принимаем: $C_{31} = C_{18} = 0,17 \%$, $C_{32} = 0,8 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{31} = \frac{648,33 \cdot (0,8 - 1,2)}{0,17 - 0,8} = 411,63; \quad \dot{A}_{31} = 411,63 \cdot \frac{0,17}{100} = 0,7;$$

$$\hat{A}_{31} = 411,63 - 0,7 = 410,93; \quad D_{32} = 648,33 + 411,63 = 1059,96;$$

$$\dot{A}_{32} = 1059,96 \cdot \frac{0,8}{100} = 8,48; \quad \hat{A}_{32} = 1059,96 - 8,48 = 1051,48.$$

В сборник отходов узлоловителей II ступени приходит:

$$A_{30} + A_{31} = 7,78 + 0,7 = 8,48 \text{ кг};$$

$$B_{30} + B_{31} = 640,55 + 410,93 = 1051,48 \text{ кг}.$$

Из сборника узлоловителей II ступени уходит:

$$A_{32} = 8,48 \text{ кг};$$

$$B_{32} = 1051,48 \text{ кг}.$$

Вихревые очистители III ступени

Принимаем: $C_{33} = 0,5 \%$, $C_{35} = 1,0 \%$, $A_{35} = 3 \text{ кг}$, $\sigma_7 = 10 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{35} = 3 \cdot \frac{100}{1,0} = 300; \quad \hat{A}_{35} = 300 - 3 = 297;$$

$$\dot{A}_{33} = 3 \cdot \frac{100}{10} = 30;$$

$$D_{33} = 30 \cdot \frac{100}{0,5} = 6000; \quad \hat{A}_{33} = 6000 - 30 = 5970;$$

$$D_{34} = 6000 - 300 = 5700; \quad \dot{A}_{34} = 30 - 3 = 27;$$

$$\hat{A}_{34} = 5700 - 27 = 5673; \quad \tilde{N}_{34} = \frac{27 \cdot 100}{5700} = 0,47 \%.$$

На вихревые очистители III ступени приходит:

$$A_{33} = 30 \text{ кг};$$

$$B_{33} = 5970 \text{ кг}.$$

Из вихревых очистителей уходит:

$$A_{34} + A_{35} = 27 + 3 = 30 \text{ кг};$$

$$B_{34} + B_{35} = 5673 + 297 = 5970 \text{ кг}.$$

Сборник отходов после вихревых очистителей III ступени

Принимаем: $C_{36} = 1,2 \%$, $C_{37} = C_{18} = 0,17 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{37} = \frac{6000 \cdot (1,2 - 0,5)}{1,2 - 0,17} = 4077,67;$$

$$\dot{A}_{37} = 4077,67 \cdot \frac{0,17}{100} = 6,93;$$

$$\hat{A}_{37} = 4077,67 - 6,93 = 4070,74;$$

$$D_{36} = 6000 - 4077,67 = 1922,33;$$

$$\dot{A}_{36} = 1922,33 \cdot \frac{1,2}{100} = 23,07;$$

$$\hat{A}_{36} = 1922,33 - 23,07 = 1899,26.$$

В сборник отходов вихревых очистителей II ступени приходит:

$$A_{36} + A_{37} = 23,07 + 6,93 = 30 \text{ кг};$$

$$B_{36} + B_{37} = 1899,26 + 4070,74 = 5970 \text{ кг}.$$

Из сборника отходов уходит:

$$A_{33} = 30 \text{ кг};$$

$$B_{33} = 5970 \text{ кг}.$$

Вихревые очистители II ступени

Принимаем: $C_{38} = 0,6\%$, $\sigma_8 = 12\%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$\dot{A}_{38} = 23,07 \cdot \frac{100}{12} = 192,25;$$

$$D_{38} = 192,25 \cdot \frac{100}{0,6} = 32041,67;$$

$$\hat{A}_{38} = 32041,67 - 192,25 = 31849,42;$$

$$\dot{A}_{39} = 23,07 \cdot \frac{(100-12)}{12} = 169,18;$$

$$D_{39} = 32041,67 - 1922,33 = 30119,34;$$

$$\hat{A}_{39} = 31849,42 - 1899,26 = 29950,16;$$

$$\tilde{N}_{39} = 169,18 \cdot \frac{100}{30119,34} = 0,5617 \%$$

Сборник отходов после вихревых очистителей I ступени

Принимаем: $C_{40} = 0,70 \%$, $C_{41} = C_{18} = 0,17 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{40} = \frac{32041,67 \cdot (0,6 - 0,17) + 5700 \cdot (0,17 - 0,47)}{0,7 - 0,17} = 22729,87;$$

$$\dot{A}_{40} = 22729,87 \cdot \frac{0,7}{100} = 159,11;$$

$$\hat{A}_{40} = 22729,87 - 159,11 = 22570,76;$$

$$D_{41} = 32041,67 - 22729,87 - 5700 = 3611,80;$$

$$\dot{A}_{41} = 3611,80 \cdot \frac{0,17}{100} = 6,14;$$

$$\hat{A}_{41} = 3611,80 - 6,14 = 3605,66.$$

В сборник отходов после вихревых очистителей I ступени приходит:

$$A_{40} + A_{41} + A_{34} = 159,11 + 6,14 + 27 = 192,25 \text{ кг};$$

$$B_{40} + B_{41} + B_{34} = 22570,76 + 3605,66 + 5673 = 31849,42 \text{ кг.}$$

Из сборника отходов после вихревых очистителей I ступени уходит:

$$A_{38} = 192,25 \text{ кг;}$$

$$B_{38} = 31849,42 \text{ кг.}$$

Вихревые очистители I ступени

A- кг, B – кг, P-кг;

$$D_{42} = 22729,87 + 159793,05 = 182522,92;$$

$$\dot{A}_{42} = 159,11 + 1369,59 = 1528,7;$$

$$\hat{A}_{42} = 22570,76 + 158423,48 = 180994,24;$$

$$\tilde{N}_{42} = 1528,7 \cdot \frac{100}{182522,92} = 0,8375 \%$$

Смесительный насос

Принимаем: $C_{43} = 3,00 \%$, $C_{44} = C_{21} = 0,20 \%$, A- кг, B – кг, P-кг;

$$D_{45} = 11,1 \cdot \frac{100}{2} = 555;$$

$$D_{43} = \frac{182522,92 \cdot (0,8375 - 0,2) + 30119,34 \cdot (0,2 - 0,5617) + 1059,96 \cdot (0,2 - 0,8) + 555 \cdot 0,2}{3 - 0,2} =$$

$$\frac{116358,36 + (-10894,17) + (-635,98) + 111}{2,8} = 37478,29;$$

$$\dot{A}_{43} = \frac{37478,29 \cdot 3}{100} = 1124,35;$$

$$\hat{A}_{43} = 37478,29 - 1124,35 = 36353,94;$$

$$D_{44} = 182522,92 - 37478,29 - 30119,34 - 1059,96 - 555 = 113310,33;$$

$$\dot{A}_{44} = 113310,33 \cdot \frac{0,2}{100} = 226,62;$$

$$\hat{A}_{44} = 113310,33 - 226,62 = 113083,71.$$

В смесительный насос приходит:

$$A_{43} + A_{44} + A_{39} + A_{32} = 1124,35 + 226,62 + 169,18 + 8,48 = 1528,7 \text{ кг;}$$

$$B_{43} + B_{44} + B_{39} + B_{32} + B_{45} = 36353,94 + 113083,71 + 29950,16 + 1051,48 + 555 = 180994,29 \text{ кг.}$$

Из смесительного насоса уходит:

$$A_{42} = 1528,7 \text{ кг;}$$

$$B_{42} = 180994,24 \text{ кг.}$$

Насос перед машинным бассейном

Принимаем: $C_{47} = C_{15} = 0,001 \%$, $C_{46} = 3,2 \%$, A- кг, B – кг, P-кг;

$$D_{46} = \frac{37478,29 \cdot (3 - 0,001)}{3,2 - 0,001} = 35135,04;$$

$$\dot{A}_{46} = \frac{35135,04 \cdot 3,2}{100} = 1124,32;$$

$$\hat{A}_{46} = 35135,04 - 1124,32 = 34010,72;$$

$$D_{47} = 37478,29 - 35135,04 = 2343,25;$$

$$\dot{A}_{47} = \frac{2343,25 \cdot 0,001}{100} = 0,0234;$$

$$\hat{A}_{47} = 2343,25 - 0,0234 = 2343,227.$$

В насос приходит:

$$A_{46} + A_{47} = 1124,32 + 0,0234 = 1124,34 \text{ кг};$$

$$B_{46} + B_{47} = 34010,72 + 2343,227 = 36353,947 \text{ кг}.$$

Из насоса уходит:

$$A_{43} = 1124,35 \text{ кг};$$

$$B_{43} = 36353,94 \text{ кг}.$$

Композиционный бассейн

Принимаем: $C_{50} = 190$ г/л, $Z = 8$ %, $C_{51} = 20$ г/л, $K = 15$ кг, $Y = 85$ %
 $P_{49} = 7970,05$ кг (см. стр. 40), А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{50} = \frac{100 \cdot 94 \cdot 8}{190} = 395,79;$$

$$\dot{A}_{50} = \frac{94 \cdot 8}{10} = 75,2;$$

$$\hat{A}_{50} = 395,79 - 75,2 = 320,59;$$

$$D_{51} = \frac{1000 \cdot 15 \cdot 85}{20} = 637,5;$$

$$\dot{A}_{51} = \frac{15 \cdot 85}{100} = 12,75;$$

$$\hat{A}_{51} = 637,5 - 12,75 = 624,75;$$

$$D_{48} = 35135,04 - 7970,05 - 395,79 - 637,5 = 26131,7;$$

$$\dot{A}_{48} = 1124,32 - 207,22 - 75,2 - 12,75 = 829,15;$$

$$\hat{A}_{48} = 26131,7 - 829,15 = 25302,55;$$

$$C_{48} = \frac{829,15 \cdot 100}{26131,7} = 3,17 \text{ \%}.$$

Гидроразбиватели

Принимаем: $C_{52} = 3,5$ %, $C_{53} = C_{15} = 0,001$ %, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{52} = \frac{12,24 \cdot (80 - 0,001) + 10,52 \cdot (94 - 0,001) + 41,66 \cdot (94 - 0,001)}{3,5 - 0,001} = 1681,64;$$

$$\dot{A}_{52} = \frac{1681,64 \cdot 3,5}{100} = 58,86;$$

$$\hat{A}_{52} = 1681,64 - 58,86 = 1622,78;$$

$$D_{53} = 1681,64 - 12,24 - 10,52 - 41,66 = 1617,22;$$

$$\dot{A}_{53} = \frac{1617,22 \cdot 0,001}{100} = 0,01617;$$

$$\hat{A}_{53} = 1617,22 - 0,01617 = 1617,204.$$

На гидроразбиватели приходит:

$$A_7 + A_5 + A_3 + A_{53} = 9,79 + 9,89 + 39,16 + 0,01617 = 58,86 \text{ кг};$$

$$B_7 + B_5 + B_3 + B_{53} = 2,45 + 0,63 + 2,5 + 1617,204 = 1622,78 \text{ кг}.$$

Из гидроразбивателей уходит:

$$A_{52} = 58,86 \text{ кг};$$

$$B_{52} = 1622,78 \text{ кг}.$$

Мешалка под гауч-валом

Принимаем: $C_{54} = C_{15} = 0,001 \%$, $C_{55} = 1,2 \%$, А- кг, В – кг, Р-кг;

$$D_{55} = \frac{27,97 \cdot (35 - 0,001) + 103,05 \cdot (19 - 0,001) + 11885,96 \cdot (0,62 - 0,001)}{1,2 - 0,001} = 8585,64;$$

$$\dot{A}_{55} = \frac{8585,64 \cdot 1,2}{100} = 103,03;$$

$$\hat{A}_{55} = 8585,64 - 103,03 = 8482,61;$$

$$D_{54} = 8585,64 - 27,97 - 103,05 - 11885,96 = -3431,34.$$

Следовательно, в данном случае нет необходимости подавать осветленную воду на разбавление массы в мешалке под гауч-валом, так как большой объем воды приносят отходы узлоловителя II ступени.

Общее количество массы в мешалке под гауч-валом составит:

$$P_{55} = P_{10} + P_{13} + P_{29} = 27,97 + 103,05 + 11885,96 = 12016,98 \text{ кг};$$

$$A_{55} = A_{10} + A_{13} + A_{29} = 9,79 + 19,58 + 73,69 = 103,06 \text{ кг};$$

$$B_{55} = P_{55} - A_{55} = 12016,98 - 103,06 = 11913,92 \text{ кг};$$

$$C_{55} = (103,06 \times 100) / 12016,98 = 0,858 \%$$

Дисковый фильтр

Принимаем: $C_{57} = C_{59} = C_{15} = 0,001 \%$, $P_{57} = 4000 \text{ кг}$, $C_{58} = 4 \%$; А- кг, В – кг, Р-кг;

Расчет количества избыточной оборотной воды – P_{56} приведен в табл. 4:

Таблица 4

Статья прихода - расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	Р	А	В	Р	А	В	Р	А	В
Регистровая вода Р ₂₁ в бак оборотной воды	1374 07,46	274, 81	137131, 65						
Р ₄₄ в смесительный насос				11331 0,33	226,62	113083, 71			
							24097, 13	48, 19	24047, 94
Вода от отсасывающи х ящиков Р ₁₈ в бак оборотной воды	1179 7,09	20,0 6	11777,0 3						
Р ₂₇ в сборник отходов узлователя I ступени				7642,8 6	12,99	7629,87			
Статья прихода - расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	Р	А	В	Р	А	В	Р	А	В
Р ₃₁ в сборник отходов узлователя II ступени				411,63	0,7	410,93			
Р ₃₇ в сборник отходов центриклине- ров II ступени				4077,6 7	6,93	4070,74			

Р ₄₁ в сборник отходов центриклинеров I ступени				3611,80	6,14	3605,66			
				15743,96	26,76	15717,2			
							-3946,8	-6,7	-3940,1
Окончание таблицы 4									
<i>Вода от гашения и подсеточная</i>									
Р ₁₄ в бак оборотной воды	2581,36	3,35	2578,01						
Р ₁₅	1000	0,01	999,99						
Р' ₂₀	15000	0,75	14999,85						
	18581,36	4,11	18577,85				18581,36	4,11	18577,85
Р ₂₆ избыточная оборотная вода							38731,62	45,6	38685,62

$$\tilde{N}_{56} = \frac{45,6 \cdot 100}{38731,62} = 0,118 \%;$$

$$\hat{A}_{57} = \frac{4000 \cdot 0,001}{100} = 0,04;$$

$$\hat{A}_{57} = 4000 - 0,04 = 3999,96;$$

$$D_{58} = \frac{12016,98 \cdot (0,858 - 0,001) + 38731,62 \cdot (0,118 - 0,001)}{4 - 0,001} = 3708,46;$$

$$\hat{A}_{58} = \frac{3708,46 \cdot 4}{100} = 148,34;$$

$$\hat{A}_{58} = 3708,46 - 148,34 = 3560,12;$$

$$D_{59} = 12016,98 + 38731,62 + 4000 - 3708,46 = 51040,14;$$

$$\hat{A}_{59} = \frac{51040,14 \cdot 0,001}{100} = 0,51;$$

$$\hat{A}_{59} = 51040,14 - 0,51 = 51039,63.$$

На дисковый фильтр приходит:

$$A_{55} + A_{56} + A_{57} = 103,06 + 45,6 + 0,04 = 148,7 \text{ кг};$$

$$B_{55} + B_{56} + B_{57} = 11913,92 + 38685,62 + 3999,96 = 54599,5 \text{ кг}.$$

От дискового фильтра уходит:

$$A_{58} + A_{59} = 148,34 + 0,51 = 148,85 \text{ кг};$$

$$B_{58} + B_{59} = 3560,12 + 51039,96 = 54599,75 \text{ кг}.$$

Бассейн сгущенного брака

A- кг, B – кг, P-кг;

$$D_{60} = 1681,64 + 3708,46 = 5390,1;$$

$$\dot{A}_{60} = 58,85 + 148,34 = 207,2;$$

$$\hat{A}_{60} = 5390,1 - 207,2 = 5182,9;$$

$$\tilde{N}_{60} = \frac{207,2 \cdot 100}{5390,1} = 3,844 \%$$

Насос для подачи оборотного брака в композиционный бассейн

Принимаем: $C_{61} = C_{15} = 0,001 \%$, $C_{49} = 2,6 \%$, A- кг, B – кг, P-кг;

$$D_{49} = \frac{5390,1 \cdot (3,844 - 0,001)}{2,6 - 0,001} = 7970,05;$$

$$\dot{A}_{49} = \frac{7970,05 \cdot 2,6}{100} = 207,22;$$

$$\hat{A}_{49} = 7970,05 - 207,22 = 7762,83;$$

$$D_{61} = 7970,05 - 5390,1 = 2579,95;$$

$$\dot{A}_{61} = \frac{2579,95 \cdot 0,001}{100} = 0,0258;$$

$$\hat{A}_{61} = 2579,95 - 0,0258 = 2579,92.$$

Бак осветленной воды

Расчет количества осветленной воды - P_{62} приведен в табл. 5:

Таблица 5

Наименование статей прихода-расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	P	A	B	P	A	B	P	A	B
От дискового фильтра P ₅₉	51040,14	0,51	51039,96						
На sprыски гауч-вала P ₁₅				1000	0,01	999,99			
На sprыски сетки P ₂₀				15000	0,15	14999,85			
На пеногашение в напорный ящик P ₂₃				500	0,005	499,995			
Наименование статей прихода-расхода	Приход, кг			Расход, кг			Остаток, кг		
	P	A	B	P	A	B	P	A	B

В насосы для регулирования концентрации P ₄₇ P ₆₁				2343,25 2579,95	0,0234 0,0258	2343,227 2579,92			
В гидро-разбиватели P ₅₃				1617,22	0,01617	1617,204			
На спрыски дискового фильтра P ₅₇				4000	0,04	3999,96			
Избыток осветленной воды P ₆₂				27040,42	0,27	27040,1			

Сводный баланс воды и волокна

В табл. 6 представлен баланс воды и волокна на одну тонну картографической бумаги марки Б:

Таблица 6

Наименование статей прихода и расхода	Приход, кг		Расход, кг	
	волокна и химикатов	воды	волокна и химикатов	воды
Полуфабрикаты A ₄₈ B ₄₈	829,15	25302,55		
Суспензия крахмального клея A ₅₀ B ₅₀	75,2	320,59		
Раствор нейтрального клея и крахмала для внутримассной проклейки A ₅₁ B ₅₁	12,75	624,75		
Раствор клея B ₄₅		555		
Раствор влагопрочной смолы A ₂₄ B ₂₄	30	1170		
Раствор NaKMЦ A _{Na} B _{Na}	1,8	223,2		
Отсечки (свежая вода) B ₁₆		350		
	948,9	28546,09		
Бумага (брутто) A ₁ , B ₁			940	60
Прессы A ₁₁ , B ₁₁			3,99	2652,91
Сушильная часть B ₈			1,8	1313,76
Вихревые очистители III ступени A ₃₅ и B ₃₅			3	297

Избыточная (остаточная) осветленная вода A_{62} , B_{62}			0,27	27040,1
			949,06	31363,77

Недостаток воды в обороте восполняют свежей водой, объем которой составляет 2817,68 м³.

Безвозвратные потери волокна (промой)

В соответствии с рассматриваемой технологической схемой, представленной на рис. 1, безвозвратные потери составляют:

$$A_n = A_{11} + A_{35} + A_{62} \text{ или } A_n = A_{48} - A_1;$$

$$A_n = 3,99 + 3 + 0,27 = 7,26 \text{ кг};$$

$$\frac{\dot{A}_n \cdot 100}{\dot{A}_{48}} = (7,26 \times 100) / 829,15 = 0,876 \%$$

Расход абсолютно-сухой целлюлозы на 1 тонну бумаги нетто составляет (кг), что соответствует $868,61 / 0,88 = 987$ кг

Библиографический список

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. - М.: Школа бумаги, 2006 – 696 с.
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. - СПб.: Политехника, 2012 – 423 с.
3. Фляте Д.М. Свойства бумаги. – СПб.: Лань, 2012 – 384 с.

Оглавление

Составление баланса воды и волокна.....	3
Исходные данные для составления баланса воды и волокна.....	5
Методика составления баланса воды и волокна.....	9
Пример расчета баланса воды и волокна.....	26
Библиографический список.....	46

Учебное издание

Людмила Леонидовна Парамонова
Александр Семенович Смолин

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТЫ ПО МАТЕРИАЛЬНОМУ БАЛАНСУ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

Учебно-методическое пособие

Редактор В.А. Басова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2018 г., поз.121

Подп.к печати 18.12.2018 Формат 60×84/16. Бумага тип. №1.

Печать офсетная. Объем 2,75 печ.л., 2,75 уч.-изд.л.

Тираж 100 экз. Изд. №121. Цена “С”.

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики, СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4