

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**Е.Г. СМИРНОВА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ, КАРТОНА**  
**И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**\*\*\***

**Учебно-практическое пособие**

**Санкт-Петербург**

**2019**

УДК 676.1(075)

ББК 35.77я7

С 506

Смирнова Е.Г. Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов: учебно-практическое пособие / ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб., 2019.- 30 с.

В пособии представлены расчеты по бумаго- и картоноделательным машинам, включающие подбор оборудования. В каждой расчетной работе содержится пять вариантов заданий. Расчетные работы предназначены для выполнения практических заданий при подготовке студентов бакалавриата по направлению 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения.

Рецензент:

Вураско А.В., доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии древесины и технологии целлюлозно-бумажных производств ФГБОУ ВПО «Уральский лесотехнический университет».

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой технологии бумаги и картона ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 10 от 6 декабря 2018).

Утверждено к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 2 от 13 декабря 2019).

Рекомендовано к изданию Редакционным издательским советом в качестве учебно-практического пособия.

© Смирнова Е.Г.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2019

## **Предисловие**

Настоящее учебное пособие предназначено для выполнения студентами практических заданий по курсу: «Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов». Выполнение студентами расчетных работ позволит закрепить знания и получить навыки расчета и подбора основного технологического оборудования, применяемого в производстве бумаги и картона, а также подготовить студентов к самостоятельной работе над курсовым проектом и выпускной квалификационной работой. Пособие предназначено для студентов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения.

## Работа № 1

### Расчет и подбор оборудования для хранения бумажной массы

В целлюлозно-бумажном производстве применяются вертикальные бассейны для хранения бумажной массы, составления композиции, переработки брака и т.д. Бассейны оснащены перемешивающими устройствами. Объем бассейна рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{P \cdot (100 - w) \cdot t \cdot k}{c \cdot z} \text{ м}^3,$$

где: P - количество в. с. материала, т/сут;

t - время хранения (в композиционном бассейне - 15 - 30 мин, в приемных бассейнах - 2 ч);

w - влажность волокнистого полуфабриката, % (для целлюлозы - 12 %, для бумаги - 5 - 8%);

c - концентрация волокнистой массы, % (2,5 - 3,5 %);

z - количество рабочих часов в сутки, ч (z = 24 ч);

k – коэффициент, учитывающий неполноту заполнения бассейна (k = 1,3).

Ёмкости бассейнов необходимо унифицировать, чтобы облегчить их изготовление, компоновку, эксплуатацию и ремонт. Пример унификации объемов бассейнов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Унификация ёмкости бассейнов

Назначение бассейна	По расчету		После унификации	
	Объем бассейна, м <sup>3</sup>	Время хранения массы, ч	Объем бассейна, м <sup>3</sup>	Время хранения массы, ч
Приемный бассейн сульфатной бленой хвойной целлюлозы	319	0,5	350	0,6

## Задание

Рассчитать ёмкости приёмных бассейнов для полуфабрикатов, композиционного бассейна и провести их унификацию.

### Варианты задания

№	Вид бумаги	Производительность, т/сут	Композиция бумаги
1	газетная	1000	5% - сульфатная беленая хвойная целлюлоза, 95% - термомеханическая масса
2	санитарно-бытовая	240	20% - сульфитная беленая хвойная целлюлоза, 80 % - химикотермомеханическая масса
3	для офсетной печати	580	40% - сульфатная беленая хвойная целлюлоза, 60% - сульфатная беленая лиственная целлюлоза
4	для гофрирования	650	30% - сульфатная небеленая хвойная целлюлоза, 70% - макулатурная масса
5	фильтровальная	450	25% - вискозная целлюлоза, 75% - сульфатная беленая хвойная целлюлоза

### Работа № 2

#### Расчет и подбор оборудования для размола волокнистых полуфабрикатов

На предприятиях, вырабатывающих массовые виды бумаги и картона, для размола волокнистых полуфабрикатов применяются дисковые мельницы. Необходимое количество дисковых мельниц определяется по затратам электроэнергии на размол:

$$A = A_0 \cdot Q \cdot (P_K - P_H), \quad \text{кВт ч/сут,}$$

где:  $A_0$  - удельный расход электроэнергии на размол полуфабриката, кВт·ч/т °ШР;

Q - количество в. с. полуфабриката, направляемого на размол, т/сут;

$P_k, P_n$  - конечная и начальная степени помола полуфабриката, °ШР.

Суммарная мощность электродвигателей дисковых мельниц с учетом круглосуточной работы вычисляется по формуле:

$$M_{\text{эд}} = \frac{A}{t \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

где: t - количество часов работы мельницы в сутки ( $\tau = 24$  ч);

$\eta$  - коэффициент загрузки электродвигателей (0,85-0,9).

Затем определяют количество ступеней размола полуфабриката:

$$n = \frac{(P_k - P_n)}{\Delta^\circ \text{ШР}},$$

где:  $\Delta^\circ \text{ШР}$  - рекомендуемый прирост степени помола полуфабриката за одну ступень, °ШР.

Распределение суммарной мощности электродвигателей дисковых мельниц по ступеням размола: в случае размола в две ступени:

на I ступени – 60 % мощности,

на II ступени – 40 % мощности.

Тогда на I ступени суммарная мощность электродвигателей дисковых мельниц:  $M_{\text{эдI}} = M_{\text{эд}} \cdot 0,6$ ; на II ступени:  $M_{\text{эдII}} = M_{\text{эд}} \cdot 0,4$ .

В случае размола в три ступени:

на I ступени – 40 % мощности,

на II и III ступени – по 30 % мощности.

Тогда на I ступени суммарная мощность электродвигателей дисковых мельниц:  $M_{\text{эдI}} = M_{\text{эд}} \cdot 0,4$ ; на II и III ступени:  $M_{\text{эдII}} = M_{\text{эд}} \cdot 0,3$  и  $M_{\text{эдIII}} = M_{\text{эд}} \cdot 0,3$ .

Выбираем марку дисковых мельниц (табл. 2) и рассчитываем их количество. В качестве примера на рис. 1. приведена схема размола сульфатной бленой хвойной целлюлозы.

Таблица 2

## Технические характеристики дисковых мельниц

Фирма изготовитель	Мощность эл.двигателя, кВт	Частота вращения ротора, с <sup>-1</sup>	Диаметр диска, мм	Производительность по в. с. волокну, т/сут
Двухдисковые мельницы				
Mitsubishi Beloit (США)	55 - 110	20 - 30	330	5 - 20
	110 - 220	15 - 20	508	15 - 50
	185 - 375	12 - 15	660	30 - 90
	260 - 600	9 - 12	863	50 - 180
	520 - 1100	7,5 - 10	1067	90 - 350
	1100 - 1900	6 - 7,5	1372	140 - 400
Sutherland (США)	550	600	1067	60 - 110
	380 - 750	500	1220	90 - 170
	1100	500	1370	100 - 300
Bauer (США)	150	500 - 900	610	50
	300	450 - 600	813	100
	600	400 - 600	1120	300
Tampella (Финляндия)	200 - 400	600	760	130
	470 - 1000	500	1067	50 - 250
Сдвоенные мельницы				
Mitsubishi Beloit (США)	55 - 110	20 - 30	330	10 - 35
	110 - 220	15 - 20	508	30 - 90
	185 - 375	12 - 15	660	60 - 170
	260 - 600	9 - 12	863	100 - 360
	520 - 1100	7,5 - 10	1067	180 - 650
	1100 - 1900	6 - 7,5	1372	280 - 800
Jones (США)	150	400 - 600	864	50
	300	500 - 700	660	100
	600	400 - 600	1067	300
Sprout- Waldron (США)	150	900	508	60
	180 - 300	720	660	160
	370 - 580	600	864	300
	730 - 820	514	1067	450
Tampella (Финляндия)	315 - 500	500 - 600	760	30 - 150
	600 - 1000	500	1067	50 - 300

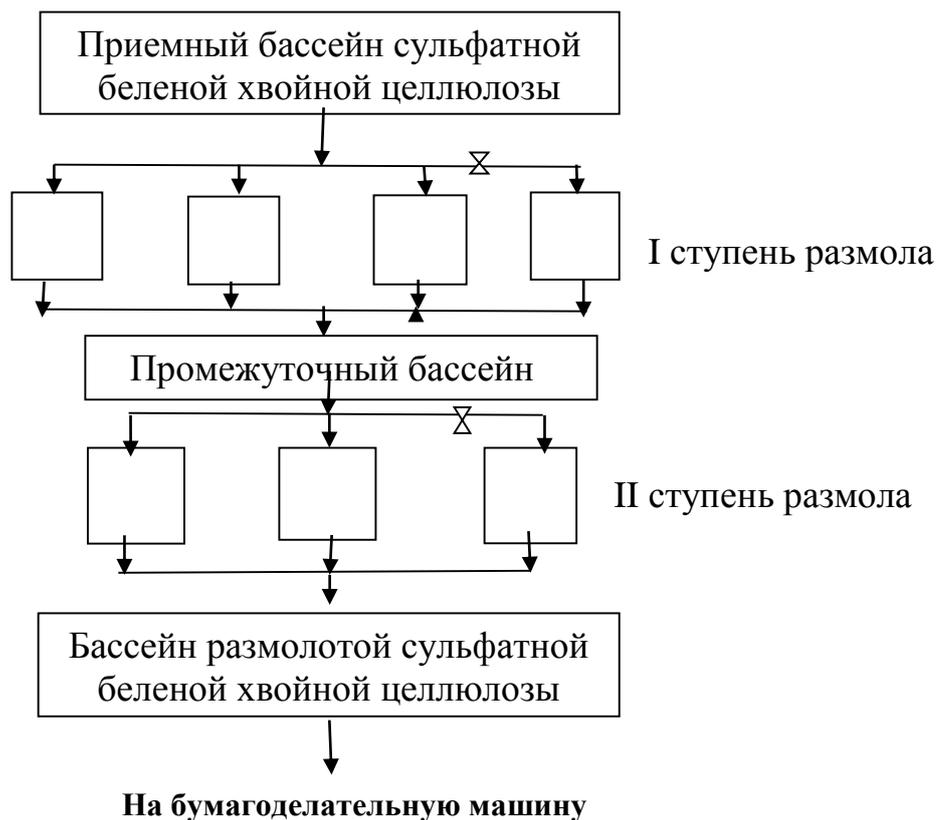


Рис. 1. Схема размола сульфатной беленой хвойной целлюлозы

### Задание

Рассчитать и подобрать дисковые мельницы для размола целлюлозы.  
Вычертить схему размола.

### Варианты задания

№	Целлюлоза	Количество целлюлозы, направляемой на размол (Q), т/сут	Начальная степень помола целлюлозы ( $P_n$ ), °ШР	Конечная степень помола целлюлозы ( $P_k$ ), °ШР	Удельный расход электроэнергии на размол ( $A_o$ ), кВтч/сут	Прирост степени помола за одну ступень ( $\Delta^\circ\text{ШР}$ ), °ШР
1	2	3	4	5	6	7
1	Сульфатная лиственная беленая	500	15	45	10	15

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
2	Сульфатная хвойная беленая	270	14	35	5	7
3	Сульфатная хвойная небеленая	630	13	50	7	5
4	Сульфитная хвойная небеленая	480	15	25	9	12
5	Сульфатная хвойная беленая	320	12	30	12	6

### Работа № 3

## Расчет часового расхода сырья и химикатов в производстве бумаги

Расход а.с. волокнистого сырья ( $M_{\text{час}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{час}} = Q_{\text{час}} \cdot K, \quad \text{кг/ч,}$$

где:  $Q_{\text{час}}$  – часовая производительность бдм, кг/ч;

$K$  – коэффициент, учитывающий величину промоев, зольность и влажность бумаги.

$$K = \left(1 + \frac{P}{100}\right) \left(1 - \frac{Z}{100}\right) \left(1 - \frac{W}{100}\right),$$

где:  $P$  – промои, %;

$Z$  – зольность бумаги, %;

$W$  – влажность бумаги, %.

Если композиция бумаги состоит из нескольких полуфабрикатов, то расход рассчитывается для каждого полуфабриката отдельно.

Расход в.с. волокнистого сырья в час рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{час}} = \frac{M_{\text{час}}}{0,88}, \text{ кг/ч,}$$

где: 0,88 – коэффициент, учитывающий влажность целлюлозы (12 %).

Расход а.с. наполнителя рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{нап}} = \frac{3}{y} \cdot Q_{\text{час}}, \quad \text{кг/ч,}$$

где: 3 – зольность бумаги, %;

y – удержание наполнителя в бумаге, %.

Расход в. с. наполнителя составит:

$$M'_{\text{нап}} = M_{\text{нап}}/n, \text{ кг/ч,}$$

где: n- коэффициент, учитывающий влажность наполнителя.

Расход химикатов ( $M_{\text{хим}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{хим}} = \frac{\text{Уд. расход} \cdot Q_{\text{час}}}{1000}, \text{ кг/ч.}$$

### Задание

Произвести расчет часового расхода волокнистого сырья и химикатов в производстве бумаги.

### Варианты задания

Вид бумаги	Вариант №				
	1	2	3	4	5
Данные	для офисной техники	писчая	типограф- ская	для офсет- ной печати	для ху- дожест- венных откры- ток
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Производительность, кг/ч	8330	12500	6250	3950	9160

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
Композиция, %: сульфатная беленая целлюлоза:					
хвойная –	20	60	30	50	75
лиственная –	80	40	70	50	25
Зольность, %	5	10	20	14	8
Удержание наполнителя, %	80	82	86	90	88
Влажность наполнителя, %	4	5	7	6	5
Влажность бумаги, %	5	6	6	7	8
Промои, %	1	0,5	0,8	0,7	0,9
Удельный расход химических веществ, кг/т:					
катионный крахмал –	10	6	8	5	2
клей –	7	4	6	3	5
оптический отбеливатель–	0,001	0,003	0,002	0,005	0,004
краситель –	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

#### Работа № 4

### Расчет часовой, суточной и годовой производительности бумагоделательной машины

Максимальная часовая производительность брутто при безобрывной работе машины вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{ч.бр.}} = 0,06 \cdot B_{\text{н}} \cdot V \cdot m, \text{ кг/ч,}$$

где: 0,06- коэффициент перевода минут в часы и граммов в килограммы;

$B_{\text{н}}$  - необрезная ширина бумаги, м ( $B_{\text{н}} = B_0 + 100\text{мм}$ );

$V$ - скорость бумагоделательной машины, м/мин;

m- масса 1м<sup>2</sup> бумаги, г.

Максимальная суточная производительность машины брутто при безобрывной работе вычисляется по формуле:

$$Q_{с.бр.} = \frac{Q_{ч.бр.}}{1000} \cdot 24, \text{ т/сут.}$$

Тогда среднесуточная производительность машины нетто:

$$Q_{с.н.} = Q_{с.бр.} \cdot K_{эф}, \text{ т/сут.},$$

где:  $K_{эф}$  – общий коэффициент использования бумагоделательной машины.

$$K_{эф} = K_{в} \cdot K_{х} \cdot K_{т}$$

где:  $K_{в}$  – коэффициент использования рабочего времени машины;

$K_{х}$  – коэффициент, учитывающий холостой ход машины;

$K_{т}$  – технологический коэффициент, учитывающий возможные колебания скорости машины, связанные с качеством полуфабрикатов и др. технологическими факторами (0,99-0,98).

$$K_{в} = \tau / 24,$$

где:  $\tau$  – фактическое время работы машины в сутки, ч ( при скорости < 750 м/мин  $\tau=22,5$ ч, при скорости >750м/мин  $\tau=22,0$  ч).

$$K_{х} = K_{м} \cdot K_{р} \cdot K_{к},$$

где:  $K_{м}$  – коэффициент, учитывающий брак на машине (0,95-0,98);

$K_{р}$  – коэффициент, учитывающий брак, образующийся на продольно-резательном станке (0,99-0,98);

$K_{к}$  – коэффициент, учитывающий брак, образующийся на суперкаландре (0,99-0,98).

Годовая производительность бумагоделательной машины вычисляется по формуле:

$$Q_{год} = \frac{Q_{с.н.} \cdot Z}{1000}, \text{ тыс. т/год,}$$

где:  $Q_{с.н.}$  – среднесуточная производительность бумагоделательной машины нетто, т/сут;

Z - количество дней работы машины в году (Z = 345 дней).

### Пример расчета:

**Дано:**  $B_0 = 6,3$  м;  $B_H = 6,4$  м;  $V = 700$  м/мин;  $m = 60$  г/м<sup>2</sup>;

$$Q_{\text{ч.бр}} = 0,06 \times 6,4 \times 760 \times 60 = 16128 \text{ кг/ч};$$

$$Q_{\text{с.бр}} = (16128/1000) \times 24 = 387,1 \text{ т/сут};$$

$$K_B = 22,5/24 = 0,938.$$

**Примем:**  $K_m - 0,96$ ;

$$K_P - 0,99;$$

$$K_K - 0,99;$$

$$K_X = 0,96 \times 0,99 \times 0,99 = 0,94;$$

$$K_{\text{эф}} = 0,938 \times 0,94 \times 0,99 = 0,87;$$

$$Q_{\text{с.н.}} = 387,1 \times 0,87 = 336,75 \text{ т/сут};$$

$$Q_{\text{год}} = (336,75 \times 345)/1000 = 116,2 \text{ тыс. т/год}.$$

### Задание

Рассчитать часовую, суточную и годовую производительность бумагоделательной машины.

### Варианты задания

№	Вид бумаги	Масса 1 м <sup>2</sup> (m), г	Обрезная ширина бумаги, (B <sub>0</sub> ) мм	Скорость бумаго- делательной машины, (V) м/мин
1	газетная	41	10000	1700
2	мешочная	70	6300	700
3	санитарно-бытовая	26	4200	2000
4	чертежная	200	6300	400
5	для офисной техники	80	8400	1400

## Работа № 5

### Расчет и подбор вакуумных насосов

Вакуумные насосы применяются для создания разряжения в отсасывающих ящиках, камерах отсасывающего гауч-вала, пересасывающего устройства (пик-ап), камерах отсасывающих прессовых валов, отсасывающих камерах сукномоек.

Производительность вакуумных насосов вычисляют по формуле:

$$Q = \frac{K \cdot B_c \cdot V}{1000}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

где:  $K$  – удельная производительность, л/мин (см. табл. 5.1.);

$B_c$  – ширина сетки бумагоделательной машины, м;

$V$  – скорость бумагоделательной машины, м/мин.

Насосы, принимаемые к установке на бумагоделательной машине, представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.1.

#### Удельная производительность вакуумных насосов

Обезвоживающие элементы	Удельная производительность, л/мин
Отсасывающие ящики	18
Гауч-вал: 1-я камера	35
2-я камера	40
Пересасывающий вал	30
1-ый и 2-ой отсасывающие прессы	35
Сукномойка (отсасывающая камера)	20

#### Пример расчета:

Рассчитать и подобрать насосы для двух отсасывающих прессов бумагоделательной машины с обрезной шириной  $B_o = 6300$  мм, шириной сетки  $B_c = 6900$  мм, шириной сукна  $B_{ш} = 6600$  мм, скоростью  $V=650$  м/мин.

Производительность вакуумного насоса отсасывающего прессы:

$Q_n = (35 \times 6,6 \times 650) / 1000 = 150,15 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Для двух насосов:  $150,15 \times 2 = 300,3 \text{ м}^3/\text{мин}$ . К установке принимаем один насос типа ВВН2-300,  $Q = 320 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,  $N = 475 \text{ кВт}$ .

Таблица 5.2.

### Характеристика вакуумных насосов

Тип насоса	Производительность, (м <sup>3</sup> /мин) при давлении всасывания		Мощность, кВт	Масса, кг, не более
	0,2 МПа	0,4 МПа		
ВВН 1-0,75	-	0,75	1,5	81,5
ВВН 1-1,5	-	1,56	2,8	134,0
ВВН 1-3	-	3,3	5,16	280,0
ВВН 1-6	-	6,0	9,6	590,0
ВВН 1-12	-	12,0	18,6	890,0
ВВН 1-25-01-01	22,0	25,0	37,0	1935,0
ВВН2-50М	50,0	-	70,0	3500,0
ВВН2-50Х	45,0	-	63,0	4000,0
ВВН2-50Н	45,0	-	63,0	4000,0
ВВН2-150	135,0	-	193,0	13700,0
ВВН2-300	320,0	-	475,0	21000,0

### Задание

Рассчитать и подобрать вакуумные насосы для установки на бумагоделательной машине.

### Варианты задания

№	Обрезная ширина бдм (В <sub>о</sub> ), мм	Ширина сетки (В <sub>с</sub> ), мм	Ширина сукна (В <sub>ш</sub> ), мм	Скорость (V), м/мин	Оборудование
1	2	3	4	5	6
1	4200	4700	4500	800	6 отсасывающих ящиков; двухкамерный гауч-вал; пересасывающий вал; 1 отсасывающий пресс; 3 отсасывающие сукномойки

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
2	8400	8900	8600	1200	10 отсасывающих ящиков; двухкамерный гауч-вал; пересасывающий вал; 2 отсасывающих прессы; 2 отсасывающие сукно- мойки
3	6300	6800	6600	650	5 отсасывающих ящиков; однокамерный гауч-вал; 1 отсасывающий пресс; 2 отсасывающие сукно- мойки
4	10400	10900	10700	1700	8 отсасывающих ящиков; двухкамерный гауч-вал; пересасывающий вал; 1 отсасывающий пресс;
5	2500	3000	2800	450	12 отсасывающих ящиков; двухкамерный гауч-вал; 3 отсасывающих прессы; 3 отсасывающие сукно- мойки

### Работа № 6

#### Расчет количества бумагосушильных цилиндров

#### Компоновка цилиндров по приводным секциям

#### и группам по подводу пара

Количество бумагосушильных цилиндров рассчитывается по формуле:

$$n_{б.с.} = \frac{(S_k - S_n) \cdot Q_{ч.бр.}}{S_n \cdot g_3 \cdot \alpha \cdot \pi \cdot D \cdot B_n}, \text{ шт.},$$

где:  $S_k$  – конечная сухость бумаги, %;

$S_n$  – начальная сухость бумаги, %;

$g_3$  – удельный съем воды с полезной сушильной поверхности, кг/(ч·м<sup>2</sup>) (см. табл. 6.1.);

$D$  – диаметр бумагосушильных цилиндров, м ( $D = 1,5\text{м}$ );

$B_n$  – необразная ширина бумаги, м;

$\alpha$  – коэффициент обхвата сушильных цилиндров бумагой (0,60 – 0,67).

Разбивка сушильных цилиндров на приводные секции приведена в табл. 6.2. Сушильные цилиндры по подводу пара разбивают на 3, 4 или 5 групп. При разбивке на 3 группы: в 1-ой группе - 2-6 цилиндров, во 2-ой группе ~ 25 %, в 3-ей группе ~ 75% цилиндров от общего числа.

Таблица 6.1.

Параметры работы сушильной части бумагоделательных машин

Вид бумаги (картона)	Масса 1 м <sup>2</sup> , г	Скорость машины, м/мин	Удельный съем воды с рабочей поверхности сушильных цилиндров, кг/ч м <sup>2</sup>
газетная	41...45	до 1000	22...25
писчая, типографская	60...80	600...750	20...22
для гофрирования	100...150	450...600	22...28
мешочная	50...90	750...900	25...30
чертежная	80...240	до 250	12...14

Таблица 6.2.

Компоновка сушильных цилиндров по приводу

Вид бумаги	Масса 1 м <sup>2</sup> , г	Число су- шильных цилиндров	Число привод- ных групп	Компоновка по приводным группам (указано число цилиндров в группах)
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
газетная	41...46	44	6	4-6-6-10-10-8
писчая, типографская	45...80	46	5	6-10-10-10-10
		50	6	6-10-10-8-8-8
		54	6	6-10-10-10-10-8
		64	7	6-10-10-10-10-10-8

1	2	3	4	5
для гофрирования	100...150	76	7	10-12-12-12-12-10-8
мешочная	70...105	42	6	4-12-12-6-4-4
чертежная	180...220	36	5	4-8-8-8-8

### Задание

Рассчитать количество бумагосушильных цилиндров для установки на бумагоделательной машине. Произвести компоновку цилиндров по приводным секциям и группам по подводу пара.

### Варианты задания

№	Вид бумаги	Масса 1 м <sup>2</sup> (m), г	Скорость (V), м/мин	Обрезная ширина (B <sub>o</sub> ), мм	Сухость бумаги перед сушильной частью, %	Влажность бумаги на накате, %
1	газетная	41	1500	8400	50	6
2	писчая	70	1100	6300	52	4
3	для гофрирования	130	700	4200	47	7
4	мешочная	80	900	6300	42	8
5	чертежная	200	350	4200	46	5

### Работа № 7

### Расчет потребляемой мощности привода бумагоделательной машины

Фактически потребляемая мощность привода рассчитывается по формуле:

$$N = K \cdot B_c \cdot V, \text{ кВт},$$

где:  $K$  – удельный показатель расхода мощности, кВт/(м/мин·м);

$B_c$  – ширина сетки бумагоделательной машины, м ( $B_c = B_o + 500$ мм);

$V$  – скорость бумагоделательной машины, м/мин.

Удельная мощность определяется для каждой приводной секции и должна соответствовать типу машины (см. табл. 7.1.). Удельный расход мощности бумагоделательной машины ( $K$ ) складывается из удельных мощностей отдельных секций.

Таблица 7.1.

Удельный расход мощности в зависимости от типа бумагоделательной машины

№	Секция привода	Типы машин по обрезающей ширине ( $B_o$ ), мм		
		1680; 2520	4200; 6300	6720; 8400; 10080
1	Грудной вал	-	-	0,012
2	Гауч-вал	0,085	0,060	0,055
3	Сеткоповоротный вал	-	0,050	0,044
4	Сетководущий вал	-	0,01	0,004
5	Пересасывающий вал	0,0047	0,006	0,0065
6	Отсасывающий вал прессы	0,029	0,030	0,034
7	Приводной вал башмачного прессы	-	0,043	0,043
8	Прижимной (верхний) вал прессы	0,008	0,008	0,008
9	Отсасывающий вал сукномойки	0,012	0,018	0,023
10	Прижимной (верхний) вал сукномойки	0,008	0,008	0,008
11	Цилиндр (бумагосушильный, холодильный) на 1 м диаметра	0,002	0,0019	0,0023
12	Клеильный пресс	-	0,0077	0,0077
13	Каландр:			
	двухвальный	0,0085	0,024	0,024
	шестивальный	-	0,0044	0,0044
	восьмивальный	-	0,053	0,053
14	Накат	0,0077	0,02	0,01

## Задание

Рассчитать потребляемую мощность привода бумагоделательной машины.

### Варианты задания

№	Обрезная ширина бдм ( $B_0$ ), мм	Скорость бдм ( $V$ ), м/мин	Приводное техническое оборудование
1	4200	800	Гауч-вал, пересасывающий вал, 2 отсасывающих пресса, 2 отсасывающие сукномойки, 40 сушильных цилиндров, 1 холодильный цилиндр, накат
2	6300	1000	Гауч-вал, сетководущий вал, пересасывающий вал, 3 отсасывающих пресса, 4 отсасывающие сукномойки, 52 сушильных цилиндра, 2 холодильных цилиндра, накат
3	8400	1700	Грудной вал, гауч-вал, пересасывающий вал, 2 башмачных пресса, 2 отсасывающие сукномойки, 48 сушильных цилиндров, 2 холодильных цилиндра, клеильный пресс, накат
4	10400	1400	Гауч-вал, сетководущий вал, пересасывающий вал, 2 башмачных пресса, 3 отсасывающие сукномойки, 64 сушильных цилиндра, 2 холодильных цилиндра, накат
5	4200	500	Сеткоповоротный вал, 2 отсасывающих пресса, 2 отсасывающие сукномойки, 30 сушильных цилиндров, 1 холодильный цилиндр, клеильный пресс, накат

## Работа № 8

### Расчет и подбор оборудования для переработки оборотного брака

Оборотный брак, образующийся на бумагоделательной машине, делится на мокрый брак и сухой брак. Мокрый брак образуется на сеточном столе и в

прессовой части, сухой брак образуется в сушильной части, на каландре, накате и при резке и упаковке бумаги.

Для переработки мокрого брака на бумагоделательной машине устанавливают гауч-мешалку. Располагается она под гауч-валом. Для переработки сухого брака устанавливают гидроразбиватели: один - под накатом, второй - под продольно-резательным станком (ПРС).

Объем гауч-мешалки рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{Q_{\text{ч.бр.}} \cdot (100 - n) \cdot T \cdot 1,2}{C}, \text{ м}^3,$$

где:  $Q_{\text{бр.ч}}$  – часовая производительность бумагоделательной машины

брутто, т/ч;

$n$  – влажность мокрого брака, %;

$T$  – время пребывания массы в гауч-мешалке, ч (15-30 мин);

1,2 – коэффициент запаса заполнения гауч-мешалки;

$C$  – концентрация массы в гауч-мешалке, %.

Производительность гидроразбивателя под накатом рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{гр.}} = Q_{\text{ч.бр.}} \cdot 24 \cdot 0,8, \text{ т/сут},$$

где:  $Q_{\text{бр.ч}}$  – часовая производительность бумагоделательной машины

брутто, т/ч;

24 – время работы гидроразбивателя, ч;

0,8 – коэффициент, учитывающий производительность гидроразбивателя (производительность гидроразбивателя должна составлять 80 – 100 % от суточной максимальной производительности бумагоделательной машины).

Производительность гидроразбивателя под ПРС рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{гр.}} = \frac{P \cdot Q_{\text{ч.бр.}} \cdot 24}{1000 \cdot K_c}, \text{ т/сут},$$

где:  $P$  – количество а. с. брака, образующегося на машине, кг/ч;

$Q_{бр.ч}$  – часовая производительность бумагоделательной машины

брутто, т/ч;

$K_c$  – коэффициент сухости бумаги.

Гидроразбиватели выбираем по таблицам 8.1., 8.2., 8.3.

Таблица 8.1.

Характеристики горизонтальных гидроразбивателей  
(Петрозаводскмаш)

Параметр	модель			
	ГРГ-12	ГРГ-16	ГРГ-24	ГРГ-32
Производительность, т/сут	30-120	45-160	75-240	120-320
Вместимость ванны, м <sup>3</sup>	12	16	24	32
Мощность двигателя, кВт	90	160	315	315

Таблица 8.2.

Характеристики гидроразбивателей фирмы «Sunds»

Параметр	модель							
	IP11	IP12	IP21	IP22	IP23	IP31	IP32	IP33
Производительность, т/сут	20	40	90	130	160	200	240	290
Вместимость ванны, м <sup>3</sup>	2,0	3,7	7,5	13	17	24	31	40
Мощность двигателя, кВт	37	55	75	90	110	132	160	200

Таблица 8.3.

Характеристики гидроразбивателей фирмы «Mitsubishi Beloit»

Параметр	модель								
	375	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000
Производительность, т/сут	4,0	5,3	8,6	10,8	15,8	21,6	32,4	43,2	64,8
Вместимость ванны, м <sup>3</sup>	2,8	3,7	6,0	7,5	11,5	15	22,5	30	45
Мощность двигателя, кВт	45	55	75	90	110	150	185	220	300

## Задание

Рассчитать объем гауч-мешалки и производительность гидроразбивателей для бумагоделательной машины. Подобрать оборудование.

### Варианты задания

№	Производительность бдм ( $Q_{бр.ч}$ ), кг/ч	Влажность бумаги, %	Концентрация массы в гауч-мешалке, %	Количество а. с. брака (P), кг/ч	Влажность мокрого брака, %
1	20000	6	2,0	50	42
2	15000	7	3,2	62	56
3	8650	4	2,5	44	40
4	4370	5	3,0	38	38
5	10430	8	2,8	49	45

### Работа № 9

#### Расчеты баланса воды и волокна на стадиях производства бумаги и картона

Баланс воды и волокна в производстве бумаги и картона составляют для того, чтобы иметь представление о потоках массы на разных стадиях производства, определить расход свежего волокна и воды на одну тонну бумаги, а также выявить безвозвратные потери волокна (промой).

Расчет баланса воды и волокна ведется на одну тонну бумаги нетто с учетом брака в отделке и на машине. Расчет баланса начинают с готовой продукции против хода технологического потока массы. Для определения количества вещества, поступающего на данную стадию производства, зная количество выходящего с данной стадии производства вещества (часть вещества уходит с отходящими водами) можно пользоваться формулой И.И. Богоявленского:

$$x = g + k \left( \frac{100 - T_H}{T_H} x - \frac{100 - T_K}{T_K} g \right),$$

где  $x$  - количество а. с. вещества, поступающего на данную стадию производства, кг;

$g$  - количество а. с. вещества, выходящего с данной стадии производства, кг;

$k$  - концентрация отходящих вод, кг/л;

$T_H$  и  $T_K$  - начальная и конечная сухость бумаги, %.

Для определения количества сухого вещества в потоках на отдельных стадиях производства прибегают к составлению системы уравнений с двумя неизвестными: одно уравнение балансирует объемы массы, а второе - массу сухого вещества. Сумма потоков волокна и воды, поступающих на данную стадию производства, должна быть равна сумме уходящих потоков (рис. 9.1.).

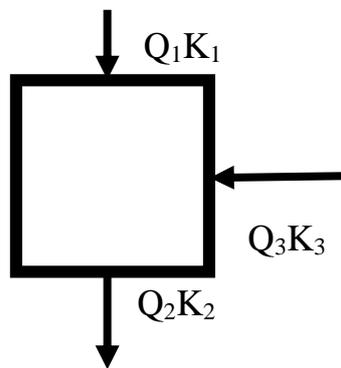


Рис. 9.1. Уравнение баланса в случае разбавления массы водой

Уравнение баланса:  $Q_2 = Q_1 + Q_3$       $Q_2 K_2 = Q_1 K_1 + Q_3 K_3$ .

Отсюда:

$$Q_1 = \frac{Q_2(K_2 - K_3)}{K_1 - K_3} \quad \text{и} \quad Q_3 = \frac{Q_2(K_2 - K_1)}{K_3 - K_1}$$

### Задание 1

Рассчитать: Сколько бумажной массы, волокна и воды поступает в прессовую часть бумагоделательной машины? Сколько уходит отжатой в прессах воды? При этом известно: количество а.с. волокна, выходящего из прессовой части, сухость полотна бумаги до и после прессовой части, концентрация отжатой в прессовой части воды.

#### Пример расчета:

Известно, что выходит из прессовой части 981,1 кг а.с. волокна, сухость перед прессовой частью – 18 %, сухость после прессовой части 40 %. Концентрация отжатой в прессовой части воды 0,0004 г/л (рис. 9.2.).



Рис. 9.2. Прессовая часть

В нашем примере на прессовую часть поступит волокна:

$$x = 981,10 + 0,0004 \left( \frac{100-18}{18} x - \frac{100-40}{40} 981,10 \right) = 982,40 \quad \text{кг}$$

Вместе с волокном на прессовую часть поступает воды:

$$\frac{100-18}{18} 982,40 = 4475,38 \text{ кг,}$$

а всего бумажной массы поступает  $982,40 + 4475,38 = 5457,78$  кг.

Уходит отжатой на прессах воды:

$$\frac{100 - 18}{18} \cdot 982,40 - \frac{100 - 40}{40} \cdot 981,1 = 3003,73 \text{ кг}$$

### Варианты задания

№	Количество волокна, выходящего из прессовой части, кг	Сухость бумаги перед прессовой частью, %	Сухость бумаги после прессовой части, %	Концентрация, отжатой в прессовой части воды, г/л
1	979,5	19	39	0,0004
2	989,7	22	42	0,0003
3	985,3	26	46	0,0004
4	977,9	20	49	0,0005
5	988,4	21	51	0,0005

### Задание 2

Рассчитать: Сколько бумажной массы, волокна и воды, поступит к смесительному насосу из машинного бассейна? Сколько требуется обратной воды для разбавления? При этом известно: количество массы после разбавления в смесительном насосе, концентрации массы до и после разбавления, концентрация обратной воды (рис. 9.3.).

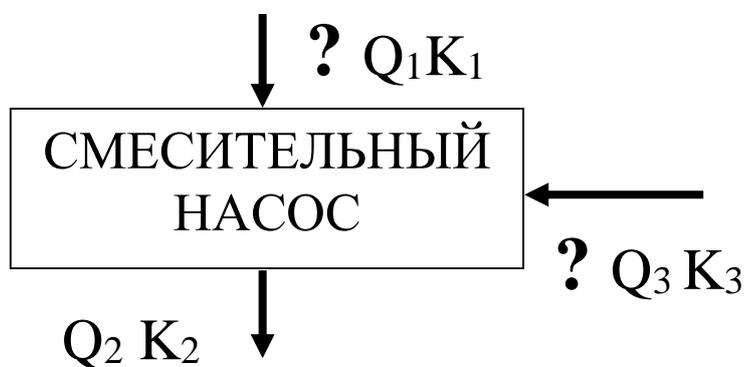


Рис. 9.3. Смесительный насос

Обозначим количество бумажной массы, поступающей к смесительному насосу из машинного бассейна -  $Q_1$ , количество бумажной массы после разбавления -  $Q_2$ , количество оборотной воды для разбавления бумажной массы -  $Q_3$ . Соответствующие концентрации бумажной массы и воды обозначим:  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ .

Составим уравнение баланса:  $Q_2 = Q_1 + Q_3$       $Q_2 K_2 = Q_1 K_1 + Q_3 K_3$ .

Отсюда:

$$Q_1 = \frac{Q_2(K_2 - K_3)}{K_1 - K_3}.$$

### Пример расчета:

Известно количество бумажной массы после разбавления в смесительном насосе  $Q_2 = 218764,37$  кг. Соответствующие значения концентрации массы и воды:  $K_1=2,5$ ;  $K_2=0,75$ ;  $K_3=0,27$ .

Количество бумажной массы, поступающей к смесительному насосу из машинного бассейна:

$$Q_1 = \frac{Q_2(K_2 - K_3)}{K_1 - K_3} = \frac{218764,37(0,75 - 0,27)}{2,5 - 0,27} = 47088,29 \text{ кг.}$$

Волокна в массе  $47088,29 \cdot 2,5 : 100 = 1177,20$  кг.

Оборотной воды для разбавления:  $Q_3 = Q_2 - Q_1 = 218764,37 - 47088,29 = 171676,08$  кг. Волокна в ней  $171676,08 \cdot 0,27 : 100 = 463,52$  кг, воды  $171676,08 - 463,52 = 171212,56$  кг.

Уходит из смесительного насоса разбавленной массы  $218764,37$  кг, волокна в ней:  $218764,37 \cdot 0,75 : 100 = 1640,73$  кг, воды:  $218764,37 - 1640,73 = 217123,64$  кг.

Поступает из машинного бассейна массы  $47088,29$  кг, волокна в ней  $1177,20$  кг, воды:  $47088,29 - 1177,20 = 45911,09$  кг.

### Варианты задания

№	Количество бумажной массы после разбавления в смесительном насосе ( $Q_2$ ), кг	Концентрация бумажной массы, поступающей в смесительный насос ( $K_1$ ), %	Концентрация бумажной массы после разбавления в смесительном насосе ( $K_2$ ), %	Концентрация оборотной воды для разбавления бумажной массы ( $K_3$ ), %
1	198656,25	2,5	0,64	0,15
2	183428, 13	2,3	0,55	0,17
3	102645,77	2,4	0,81	0,19
4	142318,89	2,6	0,73	0,21
5	166897,05	2,7	0,90	0,22

## Библиографический список

1. Пузырев С.С., Смирнова Е.Г., Храмов Ю.В. Основные технологические расчеты по бумагоделательным машинам: учебное пособие по дипломному и курсовому проектированию. - СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 42 с.
2. Производство бумаги и картона: справочные материалы ВНИИБ. Т. 2, ч.1: Технология производства и обработки бумаги и картона. - СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.
3. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Школа бумаги, 2006. – 695 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Работа № 1.</b> Расчет и подбор оборудования для хранения бумажной массы.....	4
<b>Работа № 2.</b> Расчет и подбор оборудования для размола волоконистых полуфабрикатов.....	5
<b>Работа № 3.</b> Расчет часового расхода сырья и химикатов в производстве бумаги.....	9
<b>Работа № 4.</b> Расчет часовой, суточной и годовой производительности бумагоделательной машины.....	11
<b>Работа № 5.</b> Расчет и подбор вакуумных насосов.....	14
<b>Работа № 6.</b> Расчет количества бумагосушильных цилиндров. Компоновка цилиндров по приводным секциям и группам по подводу пара.....	16
<b>Работа № 7.</b> Расчет потребляемой мощности привода бумагоделательной машины.....	18
<b>Работа № 8.</b> Расчет и подбор оборудования для переработки оборотного брака.....	20
<b>Работа № 9.</b> Расчеты баланса воды и волокна на стадиях производства бумаги и картона.....	23
Задание 1.....	25
Задание 2.....	26
<b>Библиографический список</b> .....	29