

**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**

**Институт технологии**

**Кафедра машин автоматизированных систем**

# **ОБОРУДОВАНИЕ ЦБП**

## **Часть II**

**Методические указания по выполнению  
контрольных работ**

**Санкт-Петербург  
2019**

УДК 676.02(072)

Оборудование ЦБП: методические указания по выполнению контрольных работ. Часть III/ сост. А.В. Александров, А.А. Гаузе, С.С. Синегубов; ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб., 2019.- 39 с.

В методических указаниях представлены требования, предъявляемые к содержанию и оформлению контрольной работы по разделу «Бумагоделательные машины» курса «Оборудование ЦБП». Дан перечень тем контрольных работ, порядок их выполнения и рекомендуемая литература.

Методические указания предназначены для студентов направлений подготовки: 18.03.01 «Химическая технология», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм обучения при выполнении контрольных работ.

Рецензенты:

Т.Н. Александрова – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой обогащения полезных ископаемых Санкт-Петербургского горного университета;

Б.Е. Борилкевич – генеральный директор ООО «Р-центр»

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой машин автоматизированных систем Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 8 от 3 апреля 2019 г.)

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 3 от 3 апреля 2019 г.)

©Александров А.В., Гаузе А.А.,  
Синегубов С.С., 2019

©Высшая школа технологии и  
энергетики СПбГУПТД, 2019

## 1. ЦЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ

Настоящие методические указания являются продолжением методических указаний по выполнению контрольных работ по курсу “Оборудование ЦБП” и включают в себя раздел: “Бумагоделательные и отделочные машины”.

Индивидуальная работа со студентом по указанному разделу включает в себя углубленное изучение теоретических положений, конструкций бумагоделательных и отделочных машин, принципа работы машины в целом и отделочных ее частей, а также наиболее сложных узлов; особенностей эксплуатации и ремонта, влияния конструкции машины на качественные и количественные показатели вырабатываемой продукции; ознакомление с литературными источниками по рассматриваемым вопросам. В процессе индивидуальной работы студент овладевает навыками и методикой выбора, обоснования и расчета основных параметров рассматриваемых машин, их частей и узлов путем чтения и проработки сборочных и узловых чертежей и выполнения индивидуального задания.

Как и при изучении первой части курса “Оборудование ЦБП” студент проводит самостоятельную разработку единого технологического потока, например, потока производства газетной, мешочной бумаги, тарного картона и т.п.

В индивидуальную работу включается выполнение следующих заданий:

1) Расчет основных параметров бумаго-картоноделательных машин: обрезной ширины, ширины бумаги на накате бумагоделательной машины, ее рабочей скорости, скорости по приводу и скорости отдельных частей машины по заданной производительности.

2) Выбор и компоновка диспергирующих элементов напорного ящика, схемы напорного ящика; расчет высоты открытия напускной щели напорного ящика, высоты напора, давления воздуха в воздушной подушке, ширины напуска, скорости выхода струи массы на сетку.

3) Выбор конструкции, размеров обезвоживающих элементов сеточного стола и их компоновка по длине стола, определение общей длины сеточного стола (или сеточной части при двухсеточном формовании бумажного полотна), расчет одного из валов сеточной части на прочность, жесткость и критическую скорость.

4) Выбор схемы и типа прессов прессовой части, расчет сухости бумаги после каждой зоны прессования; расчет одного из валов или валиков прессовой части.

5) Выбор и обоснование схемы сушильной части, а также способа проводки бумажного полотна; расчет количества сушильных и сукносушильных цилиндров, компоновка их в группы по приводу и по одежде; расчет сушильного цилиндра на прочность.

6) Выбор конструкций машинного каландра и наката, расчет валов и валиков.

7) Выбор конструкций суперкаландра и продольно-резательного станка, расчет их максимальных скоростей, расчет валов и валиков.

8) Составление общей схемы производства заданного вида бумаги, начиная от лесной биржи (на основе принятых ранее решений по всем видам рассмотренного оборудования) и составление общей спецификации на оборудование, приводимое по схеме технологического потока в соответствии с требованиями ГОСТов.

9) Ответы на контрольные вопросы по анализу конструкций и работы отдельных узлов, условиям эксплуатации, особенностям расчета и теоретическим основам процессов, протекающих на отдельных частях бумагоделательной машины; участие в дискуссии по обсуждению ответов на контрольные вопросы.

Расчеты, схемы и спецификация оформляются в виде расчетно-пояснительной записки, в которой отброшюрованы отдельные листы. Темы индивидуальных заданий приведены в табл. 1, технологические параметры для расчетов – в табл. 2.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

2.1. Приводятся основные показатели вырабатываемой продукции согласно ГОСТу.

2.2. Выбирается согласно табл. 3 и табл. 4 ширина бумагоделательной машины.

2.3. По заданной производительности и выбранной ширине бумагоделательной машины рассчитывается рабочая скорость по формуле

$$v_p = \frac{Q \cdot 10^3}{0,06 \cdot B_H \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} ,$$

где  $v_p$  – рабочая скорость, м/мин;

$Q$  – производительность машины, т/сут;

$B_H$  – ширина полотна на накате, м; она больше обрезной ширины бумаги на 50-60 мм;

$g$  – масса 1 м<sup>2</sup>, г/м<sup>2</sup>;

$K_1$  – коэффициент загрузки работы машины в течение суток (число часов фактической работы, обычно  $K_1 = 22,5 - 23$  ч);

$K_2$  – коэффициент использования рабочего хода машины (учет холостых ходов  $K_2 = 0,95 - 0,98$ );

$K_3$  – коэффициент выхода нетто (чистой) товарной продукции из брутто всей машинной продукции (учет оборотного брака  $K_3 = 0,88 - 0,98$ ).

За рабочую скорость бумагоделательной машины принимается скорость первого сушильного цилиндра в сушильной части. Скорость сеточной и

прессовой частей, как правило, меньше рабочей скорости машины, а сушильной, каландра и наката несколько больший.

Таблица 1

Варианты индивидуальных заданий по разделу  
“Бумагоделательные машины”

№ п/п	Ин- декс	Вид бумаги	ГОСТ	Производительность, т/сут		
				Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	01	Газетная	6445-74	350	450	500
2	02	Для глубокой печати	9168-80	150	200	250
3	03	Диаграммная	7717-88	30	50	70
4	04	Конденсаторная КОН	1908-88	2,0	2,5	3,0
5	05	Конденсаторная СКОН	1908-88	3,0	3,5	4,0
6	06	Копировальная	489-88	30	50	80
7	07	Оберточная	8273-75	80	100	120
8	08	Типографская для многотомных изданий	25089-81	500	600	700
9	09	Кабельная	23436-83	80	90	100
10	10	Мешочная	2228-81	400	450	500
11	11	Мундштучная	744-77	170	200	220
12	12	Основа для парафинирования	16711-84	70	90	110
13	13	Для печати офсетная	9094-89	170	200	230
14	14	Для гофрирования	53206-2008	400	450	500
15	15	Пергамент растительный	1341-97	30	50	80
16	16	Обложечная тетрадная	12051-76	180	220	250
17	17	Писчая № 1	18510-87	350	400	500
18	18	Писчая № 2	18510-87	300	380	400
19	19	Перфокартонная	7362-78	150	200	250
20	20	Подпергамент	1760-86	90	110	130
21	21	Папиросная	3479-85	12	15	18
22	22	Основа для фотобумаги	2635-77	90	120	150
23	23	Для печати типографская № 1	9095-89	400	450	500
24	24	Для печати типографская № 2	9095-89	250	280	350
25	25	Телефонная	3553-87	80	100	120

Таблица 2

## Основные параметры технологических процессов производства различных видов бумаги

№ п/п	Вид бумаги	Масса 1 м <sup>2</sup> , г	Концентрация в напорной ящике, %	Концентрация подсеточной воды, %	Провал волокна в регистровой части, г/л	Градус помола, °ШР	Уд. съём воды сушильной части, кг/ч·м <sup>2</sup>	Усадка бумаги, %	Давление пара в сушильном цилиндре,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Газетная	45-51	0,6-0,7	0,346	3,46	60-65	23-25	3,0-4,0	0,20
2	Для глубокой печати	80	0,8-1,2	0,620	2,42	30-40	16-18	2,5-3,0	0,15
3	Диаграммная	60	0,6-0,8	0,040	0,25	34-38	19-21	4,0-5,0	0,12
4	Конденсаторная КОН	7,5	0,12-0,20	0,032	0,15	95-97	2-3	8,0-10,0	0,02
5	Конденсаторная СКОН	12	0,24-0,33	0,035	0,20	94-98	4-6	9,0-12,0	0,05
6	Копировальная	14	0,3-0,35	0,045	0,225	55-70	10-12	5,0-6,0	0,13
7	Оберточная	100	0,4-0,5	0,035	0,20	27-35	4,0-8,0	2,0-3,0	0,20
8	Типографская для многолетних изданий	70	0,6-0,7	0,050	0,35	35-40	22-28	4,0-5,0	0,20
9	Кабельная	100	0,25-0,35	0,030	0,40	60-70	16-18	7,0-8,0	0,25
10	Мешочная	80	0,2-0,4	0,040	0,40	27-35	24-25	4,0-5,0	0,8
11	Мундштучная	100	0,8-1,1	0,200	0,40	40-45	21-25	2,5-3,5	0,20

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Основа для парафинирования	20	0,18-0,22	0,047	0,50	60-75	12-14	7,0-8,0	0,15
13	Для печати офсетная	100	0,8-1,2	0,300	3,40	32-38	18-20	4,0-5,0	0,13
14	Для гофрирования	125	0,6-0,7	0,040	0,50	18-20	25-28	2,5-3,0	0,6
15	Пергамент растительный	55-65	0,4-0,5	0,050	0,20	30-40	16-20	2,0-3,5	0,10
16	Обложечная тетрадная	90	0,8-1,1	0,0035	0,25	45-55	21-25	2,0-3,0	0,18
17	Писчая № 1	70	0,7-0,8	0,180	3,40	28-34	16-18	3,0-4,0	0,13
18	Писчая № 2	65	0,7-0,9	0,300	3,40	30-40	19-21	4,0-5,0	0,18
19	Перфокартонная	175	0,9-1,2	0,028	0,40	20-28	20-22	3,0-3,5	0,3
20	Подпергамент	55	0,4-0,6	0,010	0,20	68-73	8-10	5,0-8,0	0,10
21	Папиросная	20	0,3-0,35	0,040	0,25	65-70	10-12	5,0-6,0	0,06
22	Основа для фотобумаги	70	0,7-0,9	0,200	0,30	45-48	3,0-4,0	2,5-3,0	0,25
23	Для печати типографская № 1	70	0,8-1,0	0,540	3,40	28-34	16-18	3,0-4,0	0,13
24	Для печати типографская № 2	65	0,7-0,9	0,520	3,40	30-40	19-21	2,5-3,5	0,12
25	Телефонная	36	0,18-0,22	0,055	0,30	55-60	10-12	7,0-8,0	0,25



Рекомендуемая обрезная ширина бумагоделательных  
и картоноделательных машин

№ п/п	Виды продукции	Обрезная ширина, мм
1	Бумага газетная. Технические условия, ГОСТ 6445-74	4200, 5300, 6720, 8400, 10080
2	Бумага для печати типографская ГОСТ 9095-89	2100, 2520, 3200, 3750, 4200, 5300, 6300, 8400
3	Бумага для печати офсетная, ГОСТ 9094-89	2100, 2520, 3200, 3750, 4200, 5300, 6300, 8400
4	Бумага для глубокой печати ГОСТ 9168-80	2100, 2520, 3200, 3750, 4200, 5300, 6300
5	Бумага писчая и тетрадная ГОСТ 18510-87	2100, 2520, 3200, 3750, 4200, 5300, 6300, 8400
6	Бумага мешочная ГОСТ 2228-81	1250, 2520, 4200, 5300, 6300
7	Бумага для гофрирования ГОСТ Р 53206-2008	1250, 2520, 4200, 6300, 8400, 10500
8	Изделия из бумаги бытового и санитарно-гигиенического назначения ГОСТ Р 52354-2005	2100, 4200, 5300, 6300
9	Бумага конденсаторная ГОСТ 1908-88	1680, 2520, 4200
10	Бумага кабельная ГОСТ 23436-83	
11	Бумаги электроизоляционная пропиточная, телефонная, патронная ГОСТ 3441-88, ГОСТ 3553-87, ГОСТ 876-73	2100, 2520, 4200 2520, 4200
12	Бумаги сигаретная, папиросная ГОСТ 5709-86, ГОСТ 3479-85	2100, 2520, 4200
13	Бумага афишная и билетная ГОСТ 11836-76	3200, 4200
14	Бумага-основа для обоев ГОСТ 6749-2005	1680, 2100, 2520, 3750, 4200, 6300
15	Картон для потребительской тары ГОСТ 7933-89	1250, 2100, 4200, 6300

Машины бумагоделательные, картоноделательные и сушильные.  
Основные параметры и размеры

Типы машин	Обрезная ширина полотна бумаги или картона, мм	Наибольшая скорость по приводу (конструктивная скорость), м/мин
Бумагоделательные	1680	80, 150, 250, 350
	2100	150, 250, 300, 350, 450, 600, 950, 1800
	2520	150, 200, 250, 300, 350, 450
	3200	250, 350, 450, 600, 750, 1000, 1250, 1500
	4200	200, 250, 350, 450, 600, 750, 1000, 1250, 1500, 1750
	5300	450, 600, 750, 1000, 1800
	6300	450, 600, 750, 1000, 1250
	6720	1000, 1250
	8400	600, 750, 1000, 1250
	10080	1250
Картоноделательные	2100	150, 200, 250, 350, 450
	3200	150, 250, 350, 450, 600
	4200	150, 200, 350, 450
	6300	350, 450, 600, 750
	8400	600, 750
	10500	1000

2.4. Рассчитывается скорость бумагоделательной машины по приводу

$$v_{\text{пр}} = (1,15 - 1,25) \cdot v_p$$

Скорость по приводу уточняется согласно табл. 4 и принимается равной ближайшему большему значению.

### 3. НАПОРНЫЙ ЯЩИК

При выполнении индивидуального задания по теме “Напорный ящик” определяется высота открытия щели напорного ящика для подачи бумажной массы на сетку, ширина выпускной щели, расход массы и напор в напорном ящике. После расчета приводится схема напускного устройства.

3.1. Высота потока бумажной массы, подаваемой на сетку, вычисляется по формуле

$$r = \frac{B_H \cdot v \cdot g \cdot S_K}{100c(100 - m)\gamma \cdot v_M \cdot B_M},$$

где  $r$  – высота потока бумажной массы, подаваемой на сетку, мм;

$B_H$  – ширина бумаги на накате, м;  
 $v$  – скорость бумаги на накате, м;  
 $g$  – масса бумаги, г/м<sup>2</sup>;  
 $S_K$  – сухость бумаги на накате, %;  
 $c$  – концентрация массы в напорном ящике, %  
 $\gamma$  – объемный вес массы ( $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$ );  
 $m$  – коэффициент провала волокна, %;  
 $v_M$  – скорость выхода массы на сетку, м/мин;  
 $B_M$  – ширина потока выходящей массы, м.

### 3.2. Ширина потока напускаемой на сетку массы

$$B_M = \frac{B_H + 100}{100 - \varepsilon} + 2A,$$

где  $B_H$  – ширина полотна на накате, мм;  
 $A$  – ширина отсекаемой кромки перед гауч-валом ( $A=30-100$  мм);  
 $\varepsilon$  – поперечная усадка полотна на бумагоделательной машине, %.

### 3.3. Расход выходящей на сетку массы

$$Q_M = \frac{Q_\delta \cdot S_K}{(C_{\text{ящ}} - C_{\text{рег}}) \cdot 3,6 \cdot 10^6},$$

где  $Q_M$  – расход массы, выходящей на сетку, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_\delta$  – производительность машины по бумаге, кг/ч;  
 $S_K$  – сухость бумаги на накате, %;  
 $C_{\text{ящ}}$  – концентрация в напорном ящике, %;  
 $C_{\text{рег}}$  – концентрация регистровой воды, %.

3.4. Для обеспечения заданной скорости поступления бумажной массы на сетку необходимый напор рассчитывается по формуле

$$H = \frac{\alpha_1^2 \cdot \alpha_2^2 \cdot v_p^2 \cdot 10^3}{2 \cdot g \cdot \varphi^2},$$

где  $H$  – напор, необходимый для обеспечения заданной скорости, мм;  
 $\alpha_1$  – отношение скорости сетки к скорости машины ( $\alpha_1 = 0,93$  – без пересасывающего устройства,  $\alpha_1 = 1,0$  с пересасывающим устройством);  
 $\alpha_2$  – отношение скорости струи к скорости сетки ( $\alpha_2 = 0,9 \div 1,1$ );  
 $v_p$  – скорость машины (по сушильной части), м/с;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\varphi$  – коэффициент скорости (обычно  $\varphi = 0,97 \div 0,98$ ).

Для определения давления воздуха в напорных ящиках закрытого типа нужно из найденного значения напора вычесть высоту столба массы в ящике:

$$P = H - h,$$

где  $P$  - давление воздуха в напорных ящиках закрытого типа, мм.

Если  $h > H$ , давление воздушной подушки будет отрицательным, то ящик должен работать под вакуумом.

### 3.5. Анализ конструкций и работы напорных ящиков.

1. Требования, предъявляемые к напорным ящикам, и обоснование требований.

2. Классификация напорных ящиков и их сравнительный анализ.

3. Требования к потоку бумажной массы, движущейся в системе напорного ящика, начиная от потокораспределителя, обеспечивающего его диспергированное состояние.

4. Какие диспергирующие устройства применяются в системе массоподачи и в напорном ящике? Аналитическое выражение условия диспергации потока массы.

5. Назначение поперечных линеек в напускных устройствах открытого типа. Почему уровень массы в напускном устройстве после прохождения линеек падает?

6. Назначение перфорированных валиков в напускных устройствах. Почему валикам придается вращение? С какой скоростью и в каком направлении должны вращаться перфорированные валики?

7. Каким должен быть зазор между наружной поверхностью перфорированного валика и днищем ящика? Чем обусловлена величина зазора?

8. Чем определяется расстояние между перфорированными валиками в напорном ящике?

9. В чем состоит назначение потокораспределителя? Почему потокораспределитель типа раструба (конус) применяется только на бумагоделательных машинах шириной до 4,2 м?

10. В чем состоит назначение уравнивающей камеры напорного ящика?

11. Какие функции выполняют спрыски в напорном ящике? Для чего нужен перелив в напорном ящике?

12. Перечислите основные технические мероприятия при проектировании и эксплуатации массоподающих систем, обеспечивающих гашение пульсаций в потоке бумажной массы.

13. Назначение воздушной подушки в напорных ящиках закрытого типа.

14. Назовите причины, вызывающие турбулизацию потока при его прохождении через поперечные линейки, перфорированные валики и плиты.

15. Приведите анализ конструкций верхней губы напорных ящиков с точки зрения гидравлических прессов, протекающих при напуске бумажной

массы на сетку.

16. Почему к днищу напорного ящика, его боковым и передней стенкам предъявляются требования высокой жесткости?

17. Какие технические решения при проектировании массоподающих систем применяются для устранения причин, вызывающих насыщение бумажной массы воздухом?

18. Перечислите отрицательные последствия, вызываемые воздухом, содержащемся в бумажной массе.

19. Назовите два способа расположения нижней губы напорного ящика по отношению к вертикальной оси грудного вала сеточного стола. При выработке каких видов бумаги применяется каждый из этих способов?

20. Какой должна быть скорость напуска бумажной массы на сетку по отношению к скорости сетки? Как влияет соотношение скорости массы и сетки на анизотропию бумажного полотна? Как рассчитать скорость выхода массы на сетку?

21. Что необходимо изменить в работе напорных ящиков открытого и закрытого типов при изменении скорости бумагоделательной машины?

22. Проведите сравнительный анализ напорных ящиков закрытого типа с перфорированными валиками и напускных устройств турбулентного типа.

23. По каким формулам можно рассчитать градиент скорости для круглых и плоских каналов массоподводящей системы? Какой должна быть величина градиента для получения качественной бумаги?

24. Из каких материалов изготавливаются корпус напорного ящика и перфорированные валы?

## 4. СЕТОЧНАЯ ЧАСТЬ

4.1. При выполнении индивидуальной работы по разделу “Сеточная часть” необходимо определить скорость сетки, ширину сетки, длину сеточного стола, т.е. расстояние между осями грудного и гауч-вала, количество, конструкции и основные размеры обезвоживающих элементов, дать ответы на вопросы по конструкции, работе и теории процессов, протекающих на сеточной части.

Компоновку сеточной части лучше проводить на миллиметровке; полученную длину сеточного стола следует округлять до стандартной, рекомендуемой производителями: 9,13,17,19,22 и 24 метра.

После расчета приводится схема сеточной части с внутренним обезвоживающими элементами.

### 4.2. Скорость сетки

$$v_c = (0,94 \div 0,955) \cdot v_p ,$$

где  $v_p$  – рабочая скорость бумагоделательной машины, м/мин.

#### 4.3. Ширина сетки

$$B_C = B_M + 100 \text{ мм} ,$$

где  $B_M$  – ширина потока массы, поступающей на сетку из напорного ящика, мм.

#### 4.4. Ширина бумаги, поступающей на сушильную часть

$$B_1 = \frac{(B_0 + 2C) \cdot 100}{100 - \varepsilon} ,$$

где  $B_1$  – ширина бумаги, поступающей на сушильную часть, мм;

$B_0$  – обрезная ширина бумаги, мм;

$C = 20 \div 25$  мм – ширина обрезаемых кромок на продольно-резательном станке;

$\varepsilon$  – усадка бумаги по ширине, %.

#### 4.5. Компоновка сеточного стола

Длина сеточного стола плоскосеточных машин с гидропланками определяется по следующей формуле:

$$L = 0,8n \cdot t + L_1 + L_2 ,$$

где  $L$  – длина сеточного стола, м;

$n$  – число гидропланок на сеточном столе;

$t$  – максимальный шаг между гидропланками, м;

$L_1$  – длина участка сеточного стола, занимаемая мокрыми и сухими остывающими ящиками, м;

$L_2$  – длина участка сеточного стола, занимаемая формирующим ящиком, м.

Варианты компоновки сеточной части для некоторых видов бумаги и картона приведены в табл. 5.

Ширина формирующего ящика для машин, приведенных в табл. 5, составляет – 675 мм, а ширина мокрых отсасывающих ящиков может быть принята равной 240, 420 и 700 мм с живым сечением поверхности покрытия 50 % и 220, 290 и 430 мм с живым сечением поверхности покрытия 30 ÷ 36 %.

В конце сеточной части устанавливается от 7 до 15 сухих отсасывающих ящиков, в зависимости от вида вырабатываемой продукции.

Таблица 5

## Варианты компоновки сеточной части бумагоделательных машин

Основной вид бумаги	Скорость рабочая, м/мин	Длина сеточного стола, м	Ящики гидропланок			Общее количество планок	Мокрые отсасывающие ящики, шт.	Отсасывающие ящики, шт.
			кол-во ящиков	кол-во планок	шаг, мм			
Бумага газетная 51 г/м <sup>2</sup>	800	19	5	3	375	40	4	9
			5	5	187,5			
Бумага писчая №1 45-80 г/м <sup>2</sup>	500	22	7	4	250	52	4	9
			4	6	150			
Бумага писчая №2 60-70 г/м <sup>2</sup>	700	22	4	4	333	46	4	9
			6	5	250			
Бумага для гофрирования 100-150 г/м <sup>2</sup>	550	24	6	4	250	60	6	11
			6	6	150			
Бумага мешочная 70-105 г/м <sup>2</sup>	600	24	9	3	300	55	6	11
			7	4	200			
Бумага оберточная односторонней гладкости 20-60 г/м <sup>2</sup>	450	13	3	5	250	27	2	5
			2	6	200			
Картон тарный 125-400 г/м <sup>2</sup>	550	24	6	4	250	60	6	11
			6	6				
Картон тарный 125-400 г/м <sup>2</sup>	400	17	7	3	200	41	4	11
			5	4				

В табл. 6 приведены диаметры грудного и отсасывающего гауч-вала в зависимости от ширины машины.

Таблица 6

## Размеры грудного и гауч-валов

Обрезная ширина полотна, мм	Диаметры валов, мм	
	грудной	отсасывающий гауч-вал
1680	410	800
2100	538	800
2520	538	800
4200	728	1000
6300	900	1300

6720	900	1300
------	-----	------

В табл. 7 приведены основные размеры формующего и отсасывающего ящиков в зависимости от ширины бумагоделательной машины.

Таблица 7

Параметры формующих и отсасывающих ящиков

Обрезная ширина полотна, мм	Ширина ящика, мм					
	формующие ящики			отсасывающие ящики		
	длина, мм	ширина, мм	высота, мм	длина, мм	ширина, мм	высота, мм
1680	2300	440	250	2200	220	180
2100	2800	440	250	2700	220	180
2520	3300	675	300	3300	220	180
4200	4850	675	475	5080	290	300
6300	7150	730	455	7500	430	400
6720	7500	730	420	7900	430	400

Количество гидропланок на сеточном столе может быть выбрано согласно рекомендациям, а размеры обезвоживающих элементов по справочным таблицам.

Для проведения учебных расчетов процесса обезвоживания на сеточной части бумагоделательной машины для выработки газетной бумаги на основании опыта эксплуатации бумагоделательных машин можно рекомендовать следующий вариант компоновки обезвоживающих элементов:

- формующая доска, 8 желобчатых регистровых валов с установленными между ними двухопорными дефлекторами, 10 обычных регистровых валиков с установленными между ними одноопорными дефлекторами, 2 мокрых отсасывающих ящика, 6 обычных отсасывающих ящиков.

По данным опыта эксплуатации бумагоделательных машин для проведения учебных расчетов процесса обезвоживания на сеточной части бумагоделательной машины для выработки мешочной бумаги можно рекомендовать следующую компоновку обезвоживающих элементов:

- формующая доска, 5 желобчатых регистровых валиков с установленными между ними двойными дефлекторами, 10 гладких регистровых вала с установленными между ними одиночными дефлекторами, три мокрых отсасывающих ящика, 6 отсасывающих ящиков. Регистровые валики могут быть заменены на 30-32 гидропланки.

По данным анализа компоновки обезвоживающих элементов действующих БДМ в учебных расчетах процесса обезвоживания на сеточной части бумагоделательной машины (при выработке писчепечатных видов бумаг) можно рекомендовать следующую компоновку:

- формующая доска, 6 желобчатых регистровых валиков с



установленными между ними двухопорными дефлекторами, 12 гладких регистровых валиков с установленными между ними одноопорными дефлекторами, 4 мокрых отсасывающих ящиков, 7 обычных отсасывающих ящиков с установкой ровнителя. В ходе расчетов может быть скорректировано число гладких регистровых валиков, число мокрых отсасывающих ящиков и величина разрежения в них.

4.6. Вопросы по анализу конструкции, работы и процессов, протекающих на сеточной части бумагоделательной машины.

1. В чем состоит принципиальное отличие бумажной массы, поступающей на сетку от бумажной массы, поступающей в прессовую часть? Какие новые свойства приобретает бумажная масса после сеточной части?

2. Перечислите обезвоживающие элементы сеточной части, укажите их назначение и принципиальные отличия друг от друга.

3. Из каких деталей состоит регистровый валик? Каково назначение резинового покрытия регистрового валика?

4. Что такое формование бумажного полотна? Каким образом связаны процессы формования и обезвоживания на сеточном столе? Что такое критическое время формования?

5. Чем отличаются процессы формования и обезвоживания при напуске массы на чистую сетку или при напуске на грудной вал?

6. Назначение формующего ящика и грудной доски сеточного стола.

7. В чем состоит полезная и разрушительная работа регистрового валика? Как снизить отрицательный эффект работы регистрового валика?

8. Напишите уравнение баланса потоков на регистровом валике и объясните принцип его составления.

9. Каково назначение рифленых регистровых валиков? Почему они удаляют меньше воды?

10. Назначение дефлекторов, устанавливаемых между регистровыми валиками.

11. Как рассчитать напор в набегающем и сбегавшем водяном клине регистрового валика? Как рассчитать скорость, при которой прекращается рост обезвоживающей способности регистрового валика?

12. Чем обусловлены условия более эффективного формования при установке на сеточном столе гидропланок? В каких случаях применение гидропланок не рекомендуется?

13. Что такое “сухая” линия на сетке бумагоделательной машины? Что такое концентрация осевшего слоя волокон?

14. По каким параметрам рассчитываются регистровые валики? Привести основные формулы. Почему регистровые валики должны подвергаться динамической балансировке? В чем физический смысл динамической балансировки?

15. Какому закону подчиняется процесс фильтрации на регистровой части? Для чего необходимо знать скорость фильтрации? Что такое скорость

фильтрации? Как она изменяется с изменением напора, и какие выводы для практической деятельности можно сделать из анализа закона изменения скорости фильтрации от действующего напора?

16. Что такое коэффициент фильтрации и как он изменяется с увеличением и уменьшением напора? Как влияет температура массы на коэффициент фильтрации?

17. Перечислите стадии обезвоживания на отсасывающих ящиках сеточного стола. Привести продолжительность четвертой стадии обезвоживания и ее влияние на конструкцию сеточного стола.

18. В чем отличие процесса обезвоживания на регистрающей части БДМ от процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках? По какому закону протекает процесс фильтрации воды на отсасывающих ящиках?

19. Применяемые материалы для изготовления крышки отсасывающих ящиков. Приведите схему отвода мокровоздушной смеси из отсасывающих ящиков. Почему уровень воды в сборнике воды из отсасывающих ящиков должен поддерживаться на постоянном уровне?

20. Перечислите способы глушения шума отсасывающих гауч-валов. Влияние расположения отверстий на перфорированном цилиндре на интенсивность шума гауч-валов.

21. С какой целью перед смесительным насосом устанавливается бак постоянного уровня? Использование оборотной воды с регистрающей части бумагоделательной машины.

22. С какой целью применяется тряска сеточного стола? Какой зависимостью должны быть связаны амплитуда и частота колебаний сеточного стола при выборе оптимальных режимов тряски?

23. С какой целью применяются двухкамерные гауч-валы? Какова величина вакуума в отсасывающих камерах гауч-вала?

24. С какой целью применяется консольное вывешивание гауч-валов? Назовите опасное сечение в перфорированной рубашке гауч-вала при его консольном вывешивании.

25. Перечислите типы конструкций сеточных столов, их достоинства и недостатки.

26. С какой целью делается наклонный участок сетки после гауч-вала при наличии на бумагоделательной машине вакуум-пересасывающего устройства?

27. Почему на бумагоделательных машинах без вакуум-пересасывающего устройства наибольшее количество обрывов бумажного полотна происходит между гауч-валом и одеждой первого пресса? Какие силовые факторы действуют на бумажное полотно на этом участке? Какой из факторов наиболее опасный?

28. С какой целью при останове машины сначала нужно выключить спрыски, а затем остановить сетку?

29. Почему при работе машины может происходить смещение сетки на лицевую или приводную сторону машины? Сформулируйте правило, согласно которому нужно управлять сеткоправильным валиком для возвращения сетки

на середину рабочей части сетководущих валиков.

## 5. ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ

5.1. При выполнении расчетов по прессовой части БДМ определяется сухость бумажного полотна (при минимальной и максимальной степени помола бумажной массы), допускаемой технологическим регламентом, при сухости сукон при входе в пресс 50 %.

При расчете прессов с нижним необрезиненным желобчатым валом толщину иглопробивного сукна перед зоной прессования можно принимать равной 3,5 мм, в зоне прессования 2,5 ÷ 2,8 мм (в зависимости от давления прессования). Твердость резиновой облицовки валов можно принимать равной 20 ÷ 25 единицам (по прибору ТШМ-2). После расчета приводится схема прессовой части.

5.2. Сухость бумаги после прессования определяется по формуле

$$C_K = \frac{A \cdot \alpha_0 \cdot m_0 \cdot P_{cp}^\gamma \cdot C_c^\theta \cdot C_H^\omega \cdot g_6^\beta}{v_p^\varepsilon \Psi_p^\psi},$$

где  $C_K$  – сухость бумаги после прессования, %;

$A$  – коэффициент, характеризующий конструкцию пресса;

$\alpha_0$  – коэффициент вида бумаги;

$m_0$  – коэффициент, зависящий от марки сукна, массы бумаги и скорости машины пресса;

$P_{cp}$  – среднее удельное давление между валами, МПа;

$C_c$  – сухость сукна перед прессом, %;

$C_H$  – сухость бумаги перед прессом, %;

$g_6$  – масса бумаги (картона), г/м<sup>2</sup>;

$\beta$  – коэффициент массы бумаги;

$v_p$  – скорость машины, м/мин;

$\Psi_p$  – степень помола массы, °ШР;

$\gamma, \theta, \omega, \varepsilon, \psi$  – опытные коэффициенты.

5.3. Среднее удельное давление между валами

$$P_{cp} = \frac{21,74 \cdot q^{0,737}}{D^{0,4} \cdot T^{0,275}},$$

где  $P_{cp}$  – среднее удельное давление между валами, кПа;

$q$  – линейное давление между валами, Н/м;

$D$  – диаметр нижнего вала пресса мм;

T – показатель твердости облицовки (резины).

Таблица 8

Исходные данные для расчета прессовой части

№ п/п	Вид продукции	Кол-во прессов	Тип пресса	Диаметр нижнего вала, мм	Линейное давление, кН/м
1	2	3	4	5	6
1	Газетная, $g = 51 \text{ г/м}^2$	3	1 – отсасывающий 2 – отсасывающий 3 – желобчатый	1170 1170 915	60 75 90
2	Газетная, $g = 45 \text{ г/м}^2$ Для глубокой печати	1	Комбинированный четырёхвальный (валы снизу) 1 – желобчатый 2 – отсасывающий 3 – гранитный 4 – желобчатый	850 1220 1600 850	80 90 100 (120)
3	Для глубокой печати	3	1 – отсасывающий 2 – отсасывающий 3 – отсасывающий	900 850 750	50 60 70
4	Диаграммная	3	1 – отсасывающий 2 – обычный 3 – обычный	600 550 500	55 65 80
5	Конденсаторная	3	1 – отсасывающий 2 – обычный 3 – обычный или желобчатый	750 750 650	70 80 90
6	Копировальная	3	1 – отсасывающий 2 – обычный 3 – обычный	750 600 600	50 60 70
7	Оберточная	3	1 – обычный 2 – обычный 3 – обычный	650 650 600	45 55 65
8	Типографская для	1	Комбинированный		

	МНОГОТОМНЫХ изданий		четырёхвальный (валы снизу) 1 – желобчатый	1250	70
--	---------------------	--	---	------	----

Продолжение табл. 8

№ п/п	Вид продукции	Кол-во прессов	Тип пресса	Диаметр нижнего вала, мм	Линейное давление, кН/м
1	2	3	4	5	6
9	Кабельная	4	2 – отсасывающий	1300	85
			3 – гранитный	1500	100
			4 – желобчатый	1100	
10	Мешочная	4	1 – отсасывающий	800	70
			2 – отсасывающий	750	80
			3 – обычный	600	90
			4 – обычный	600	100
11	Мундштучная	3	1 – отсасывающий	750	50
			2 – обычный	650	60
			3 – отсасывающий	750	70
12	Основа для парафинирования	3	1 – отсасывающий	800	60
			2 – обычный	550	70
			3 – обычный	550	80
13	Офсетная	3	1 – отсасывающий	900	65
			2 – отсасывающий	850	75
			3 – отсасывающий	800	85
14	Основа для гофрирования	3	1 – отсасывающий	914	60
			2 – отсасывающий	914	80
			3 – желобчатый	800	100
15	Пергамент	3	1 – отсасывающий	700	60
			2 – обычный	460	70
			3 – обычный	460	90

16	Обложечная тетрадная	3	1 – отсасывающий	800	60
			2 – желобчатый	750	70
			3 – обычный	650	80

Продолжение табл. 8

№ п/п	Вид продукции	Кол-во прессов	Тип пресса	Диаметр нижнего вала, мм	Линейное давление, кН/м
1	2	3	4	5	6
17	Писчая №1	2	Комбинированный трехвальный (валы снизу)		
			желобчатый	800	70
			гранитный	1100	80
			желобчатый	800	80
			2-отсасывающий	900	100
18	Писчая №2	1	Комбинированный четыревальный (валы снизу)		
			1 – желобчатый	800	70
			2 – отсасывающий	900	90
			3 – гранитный	1200	100
			4 – желобчатый	800	
19	Перфокарточная	4	1 – отсасывающий	850	60
			2 – отсасывающий	800	70
			3 – желобчатый	750	80
			4 – желобчатый	750	90
20	Подпергамент	3	1 – отсасывающий	800	50
			2 – отсасывающий	800	60
			3 – обычный	700	70
21	Папиросная	3	1 – отсасывающий	750	45
			2 – обычный	650	55
			3 – обычный	600	60
22	Светооснова	3	1 – отсасывающий	750	50
			2 – желобчатый	600	60
			3 – обычный	650	65
23	Типографская	1	Комбинированный		

№ п/п	Вид продукции	Кол-во прессов	Тип пресса	Диаметр нижнего вала, мм	Линейное давление, кН/м
1	2	3	4	5	6
24	Типографская №2	3	гранитный желобчатый 1 – отсасывающий 2 – отсасывающий 3 – желобчатый	1500 1100 900 900 750	60 80 100
25	Телефонная	3	1 – отсасывающий 2 – отсасывающий 3 – обычный	900 800 650	60 70 90
	№1		четырёхвальный (валы снизу) желобчатый отсасывающий	1250 1300	70 90

Окончание табл. 8

5.4. Вопросы по анализу конструкции, процессов и работы прессовой части бумагоделательных машин.

1. Каким образом классифицируются прессы по направлению движения воды в сукне? В каком направлении движется вода в обычном прессе и прессе с желобчатым валом?

2. Изобразите ход сукна в обычном и отсасывающем прессе. В чем разница положения сукна перед входом в зону прессования в обычном и отсасывающем прессах и какими факторами это обусловлено? Удаление воды в обычном и отсасывающем прессах.

3. В каком направлении смещается верхний вал в обычном и отсасывающем прессах? Какова величина этого смещения? Какими факторами обусловлено смещение? Каким образом должна устанавливаться отсасывающая камера в отсасывающем вале относительно линии центров верхнего и нижнего валов?

4. Сформулируйте условие, при котором будет отсутствовать раздавливание бумажного полотна при прессовании. Какие условия должны быть обеспечены во избежание раздавливания бумажного полотна при прессовании, и какими техническими решениями реализуются эти условия?

5. Какие явления протекают во второй половине площадки контакта прессовых валов? Какими способами можно уменьшить воздействие этих явлений на бумагу?

6. С какой целью применяются прессовые сукна, обрезаживание прессовых валов? По какому признаку можно классифицировать прессовые сукна?

7. Перечислите применяемые конструкции сукномоек и принцип их работы. Почему эффект очистки у двухщелевых сукномоек выше, чем у однощелевых? Приведите схему.

8. Почему длина рабочей поверхности гранитного вала должна быть больше длины рабочей поверхности вала, находящегося с ним в контакте?

9. Почему в качестве валов, находящихся в прямом контакте с бумагой, применяются гранитные валы? Какие компоненты входят в состав гранита?

10. Факторы, определяющие сухость бумаги после прессования. Какие из них являются основными?

11. Каково назначение вакуум-пересасывающего устройства прессовой части? С какой целью передающий пресс и первый пресс объединяются одним сукном?

12. Почему пересасывающий вал имеет две зоны отсоса? В чем состоит их назначение, какова величина вакуума в них?

13. Почему отверстия в перфорированном цилиндре отсасывающего вала на один миллиметр больше, чем в резиновой оболочке вала?

14. Почему в прессовых сукнах не устанавливаются автоматические сукнонатяжки? Сравнить с сушильной частью.

15. Что такое бомбировка прессовых валов? Как она рассчитывается и распределяется между прессовыми валами?

16. С какой целью применяются валы с регулируемым прогибом? Назовите их основные конструкции и сделайте их сравнительный анализ.

17. Перечислите основные типы механизмов прижима и подъема прессовых валов, назовите их достоинства и недостатки.

18. Из каких условий производится расчет гранитного вала? Какие усилия действуют на сердечник гранитного вала?

19. Что такое твердость резины? В каких единицах она измеряется? Какие условия должны соблюдаться при хранении обрезаженных валов? В чем достоинства валов, покрытых полиуретаном?

20. Перечислите пути интенсификации обезвоживания бумажного полотна в прессовой части.

21. Что такое прессовый импульс? Какими способами его можно повысить?

22. На что расходуется мощность электродвигателя, приводящего во вращение обычный пресс? Какие статьи расхода мощности являются наибольшими?

23. Как влияет расположение отверстий на перфорированном цилиндре отсасывающего вала на прочность и жесткость цилиндра?

24. Для чего служит на сукне контрольная нить? Приведите формулу контрольной нити при нормальных условиях работы пресса.

25. Почему происходит вытяжка средней части бумажного полотна при



его прохождении через прессовую часть? Как выровнять вытяжку бумажного полотна после прессы?

## 6. СУШИЛЬНАЯ ЧАСТЬ

При выполнении задания по сушильной части определяется необходимое количество сушильных цилиндров, производится разбивка их на группы по приводу, определяется толщина стенки корпуса цилиндра.

6.1. Необходимое количество сушильных цилиндров рассчитывается по формуле

$$n_{\text{ц}} = \frac{60\omega_{\text{м}}\rho_{\text{с.б.}}(u_0 - u_2)}{\pi D_{\text{ц}}\varphi_{\text{ц}}m_{\text{а}}},$$

где  $n_{\text{ц}}$  – число бумагосушильных цилиндров;  
 $\omega_{\text{м}}$  – скорость машины, м/мин;  
 $\rho_{\text{с.б.}}$  – масса 1 м<sup>2</sup> полотна бумаги, кг/м<sup>2</sup>;  
 $u_0$  – начальная (после прессовой части) влагосодержание бумажного полотна, кг/м<sup>2</sup>;  
 $u_2$  – конечное (на накате) влагосодержание бумажного полотна, кг/м<sup>2</sup>;  
 $D_{\text{ц}}$  – наружный диаметр цилиндра, принимаемый равным 1500 мм для бумагоделательных машин шириной до 4200 мм включительно и 1800 мм для машин шириной более 4200 мм;  
 $\varphi_{\text{ц}}$  – доля охвата сушильных цилиндров бумажным полотном;  
 $m_{\text{а}}$  – интенсивность испарения влаги, отнесенная к 1 м<sup>2</sup> активной поверхности сушильных цилиндров (удельный влагосъем).

6.2. Расчет толщины стенки цилиндра по формуле

$$S = \frac{P_{\text{max}} \cdot D_{\text{ц}}}{2[\sigma] - P_{\text{max}}},$$

где  $S$  – толщина стенки цилиндра, м;  
 $P_{\text{max}}$  – расчетное давление, равное максимальному рабочему давлению, МПа;  
 $D_{\text{ц}}$  – наружный диаметр цилиндра, м;  
 $[\sigma]$  – допускаемое напряжение при эксплуатации сушильного цилиндра, равное 15÷20 МПа.

6.3. Вопросы по анализу процессов, протекающих в сушильной части бумагоделательной машины, ее конструкции, работе и эксплуатации.

1. Дайте обоснование применения на бумагоделательной машине процесса сушки бумаги.

2. Каково назначение сушильных сукон и сеток в сушильной части бумагоделательной машины? Перечислите достоинства и недостатки применения сукон и сеток. Чем отличается улучшенная структура сушильных

сеток?

3. Дайте анализ уравнения Дальтона для скорости испарения с открытой поверхности и перечислите технические решения в реализации конструкции и технологии сукна, вытекающие из уравнения Дальтона.

4. Перечислите способы интенсификации сушки бумаги в сушильной части.

5. С какой целью производится компоновка сушильных цилиндров в группы по приводу?

6. В каком порядке располагаются сушильные цилиндры по длине сушильной части в зависимости от их фактического диаметра?

7. Для чего необходима вентиляция сушильной части? Назовите места ввода свежего воздуха и отвода отработавшего воздуха.

8. Каким образом изменяется скорость сушки по длине сушильной части? Какими факторами обусловлен характер изменения скорости сушки?

9. Какими причинами вызвано применение одноразовых сушильных частей? Чем компенсируется удлинение сушильной части в этом случае?

10. Какие факторы интенсифицируют сушку на сушильных цилиндрах с термопанками?

11. Чем вызывается пересушка кромок бумаги в сушильной части? Какими способами можно уменьшить это явление?

12. Назовите способы удаления конденсата из сушильных цилиндров. За счет каких факторов происходит удаление конденсата?

13. Каким образом производится распределение пара по сушильным цилиндрам и по длине сушильной части?

14. В чем состоит особенность конструкции подшипников сушильных цилиндров?

15. Чем вызывается вибрация бумажного полотна между цилиндрами верхнего и нижнего ярусов? Какие известны способы устранения вибраций?

16. Назовите типы приводов сушильных цилиндров, укажите их достоинства и недостатки.

17. Назначение и принцип работы холодильного цилиндра.

18. В чем состоят основные причины обрывов бумажного полотна в сушильной части?

19. Перечислите основные ремонтные работы в сушильной части бумагоделательной машины.

20. Почему сушильные цилиндры изготавливаются из чугуна?

21. Какие типы сукон применяются в сушильной части бумагоделательной машины при выработке различных видов бумаги?

22. С какой целью в сушильной части применяется обдув сукон горячим воздухом? Каким способом производится улавливание тепла отработавшего воздуха?

23. На какое время года производится расчет количества воздуха, необходимого на сушку и почему?

24. На что расходуется тепло пара, подаваемого в сушильный цилиндр?

Почему для сушки используется насыщенный, а не перегретый пар?

25. Перечислите основные причины потерь тепла в сушильной части и пути сокращения потерь.

26. В чем состоит назначение жидкой централизованной смазки подшипников сушильных цилиндров? Почему не применяется густая индивидуальная смазка подшипников сушильных цилиндров?

## 7. НАКАТ И КАЛАНДР

7.1. Подавляющая часть продукции, вырабатываемой на бумагокартоноделательных машинах, подвергается предварительной отделке на машинных каландрах для повышения гладкости, лоска и объемной массы бумаги, а также для придания ей равномерной толщины по ширине полотна.

Каландрированию не подвергаются фильтровальные виды бумаги, основа для фибры и пергамента, так как уплотнение такой бумаги ухудшает водопроницаемость и впитываемость.

На разрывную длину бумаги после каландрирования наибольшее влияние оказывают давление и скольжение между валами, число захватов между валами, продолжительность каландрирования, температура валов и влажность бумаги.

За счет давления между валами увеличивается объемная масса бумаги, выравнивается её толщина и повышается гладкость.

Скольжение между валами повышает гладкость и лоск бумаги.

Повышение температуры бумаги и влажности пластифицирует волокна и способствует увеличению эффекта каландрирования, однако при повышенной влажности увеличивается обрывность бумаги, возможно появление на бумаге темных пятен и залощенных участков. При каландрировании часть механической энергии переходит в силовую, в связи с чем влажность бумаги на каландре уменьшается, поэтому для отвода тепла предусматривается охлаждение средних валов каландра путем подачи проточной воды в отверстие, расположенное в центре вала или обдув валов воздухом.

Для каландрирования большинства видов бумаг применяются шестивальные каландры с линейным давлением в зоне максимального сжатия между нижним и вторым снизу валом от 60 до 120 кН/м в зависимости от массы 1 м<sup>2</sup> бумаги и её композиционного состава, а также требований потребителя.

Применение получили три схемы шестивальных каландров:

1) Все валы каландра сплошные литые, нижний вал приводной, цапфы промежуточных валов вывешиваются, чтобы обойтись без бомбировки промежуточных валов.

2) Все валы каландра, кроме нижнего, сплошные литые, нижний вал плавающий, причем может быть как приводным, так и не приводным. В

последнем случае приводным является второй снизу вал. Цапфы промежуточных валов вывешиваются.

3) Нижний и четвертый снизу валы плавающие, остальные валы обычной конструкции. Цапфы валов вывешиваются.

Первая схема применяется ограниченно при невысокой скорости БДМ.

Вторая – при ширине машины до 6720 мм и скорости 900-1000 м/мин.

Третья схема – при ширине машины до 10000 мм и рабочей скорости до 1400 м/мин. Применение в этой схеме плавающего вала в середине батареи валов связано с необходимостью уменьшить линейное давление, создаваемое двумя верхними валами уже в третьем захвате, считая снизу, а также в зоне максимального сжатия между нижним и вторым снизу валом.

Способ определения диаметра литых валов для всех схем каландров принципиально одинаков. Основным исходным технологическим параметром является максимальное линейное давление в нижнем захвате. В случае необходимости диаметры валов корректируются на основе результатов расчета их на прочность и устойчивость (критическую скорость) с учетом размеров корпусов подшипников по высоте, а также размеров применяемых подшипников.

Для расчета критической скорости верхнего вала определим его статический прогиб под действием собственного веса (без учета прогиба цапф)

$$f_{\text{ст}} = \frac{5 \cdot q_{6-5} \cdot b^4}{384EJ} ,$$

где  $f_{\text{ст}}$  – статический прогиб под действием собственного веса, м;

$q_{6-5}$  – линейное давление между верхним и вторым сверху валом, Н/м;

$E$  – модуль упругости чугуна, Па;

$J$  – момент инерции сечения верхнего вала, м<sup>4</sup>

$$J = 0,05D_B^4 ,$$

где  $J$  – момент инерции сечения верхнего вала, м<sup>4</sup>;

$D_B$  – диаметр верхнего вала, м.

Тогда критическая скорость вала

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}} ,$$

где  $\omega_{\text{кр}}$  – критическая скорость вала, с<sup>-1</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Максимальная угловая скорость вала при работе

$$\omega_{\text{раб}} = \frac{2 \cdot V}{60 \cdot D_{\text{в}}},$$

где  $\omega_{\text{раб}}$  – максимальная угловая скорость вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$  – скорость бумагоделательной машины по приводу, м/мин;

$D_{\text{в}}$  – диаметр верхнего вала, м

$$\frac{\omega_{\text{р}}}{\omega_{\text{кр}}} < (0,6 \div 0,8)$$

Таким образом, вал работает в устойчивой, безрезонансной зоне скоростей.

7.2. При выполнении данного задания (для каландрируемых видов бумаги) выбирается схема каландра: односеточный или двухсеточный, количество и конструкция валов, наличие или отсутствие механизма прижима валов, назначаются приводные точки, выбирается максимальное давление, производится расчет одного из валов каландра и их бомбировки (при необходимости), расчет потребляемой мощности.

Если заданием предусматривается проработка наката, то выбирается схема наката, приводится описание его работы, производится расчет цилиндра наката и его деталей, тамбурного валика и его деталей; определяется мощность, потребляемая накатом.

7.3. Вопросы по анализу процессов, конструкции и эксплуатации каландра и наката.

1. Какие факторы увеличивают лоск и гладкость бумаги при каландрировании, плотность бумаги?

2. Факторы, влияющие на качественные показатели процесса каландрирования.

3. Как изменяются прочностные показатели бумаги при каландрировании?

4. С какой целью применяется обогрев и охлаждение каландровых валов?

5. Почему каландровые валы изготавливаются из чугуна? Какой должна быть твердость поверхности валов?

6. Достоинства и недостатки односеточных и двухсеточных станин каландра.

7. Почему нижние каландровые валы широких бумагоделательных машин изготавливаются со стальными цапфами, закрепляемыми винтами?

8. С какой целью производится вывешивание цапф промежуточных валов каландра?

9. Какими достоинствами обладают валы с регулируемым прогибом “НИПКО”?

10. Перечислите способы компенсации бомбировки каландровых валов.
11. Приведите конструкцию, ее описание и принцип работы “плавающих” валов “Кюстерс”.
12. С какой целью применяются шаберы на каландровых валах, из каких материалов изготавливаются их лезвия и каков режим их работы?
13. Приведите основные конструкции механизмов прижима и подъема каландровых валов, принцип их работы.
14. На преодоление каких сопротивлений затрачивается мощность электродвигателя привода каландровой батареи?
15. Чем отличается режим смазки нижнего каландрового вала от режима смазки остальных валов каландра?
16. Приведите схемы нагрузок, действующих на промежуточные валы каландра и на нижний вал. В чем их принципиальное отличие? Воздействие каких силовых факторов учитывается при расчете цапф промежуточных валов каландра?
17. Назовите причины, вызывающие быстрый износ верхних валов каландра. Как определить необходимость перешлифовки каландровых валов? Какова частота перешлифовки каландровых валов?
18. Перечислите основные конструкции накатов бумагоделательных машин и принцип их работы.
19. Приведите конструкцию цилиндра наката и опишите принцип его работы.
20. С какой целью в опорах тамбурного валика устанавливаются два подшипника? Почему наружная поверхность корпуса подшипникового узла тамбурного валика изготавливается в виде сферы?
21. На какие нагрузки производится расчет тамбурного вала продольно-резательного станка?
22. С какой целью на некоторых бумагоделательных машинах на цилиндрах наката делается винтовая нарезка: половина с левым и половины с правым заходом?
23. Какими способами производится заправка бумаги на накат? Приведите их описание.
24. На что затрачивается мощность электродвигателя наката? Как зависит мощность наматывания от диаметра наматываемого рулона?
25. Каким образом регулируется плотность намотки рулона на накате? Каким способом контролируется плотность намотки?
26. Какими способами можно уменьшить количество “срывов” бумаги на накате бумагоделательной машины?

## 8. СУПЕРКАЛАНДР

8.1. При изучении данного раздела производится выбор схемы суперкаландра, компоновка набивных и металлических валов, бумаговедущих валиков, выбирается количество валов и их диаметр, максимальное линейное

давление в последней зоне контакта валов, выбирается конструкция механизма прижима и подъема валов. Производится расчет валов, максимальной и средней скорости, потребляемой мощности.

8.2. Максимальная скорость суперкаландра рассчитывается по формуле

$$v_{\max} = \frac{G}{0,06 \cdot b \cdot g \cdot m \cdot \eta} ,$$

где  $v_{\max}$  – максимальная скорость суперкаландра, м/мин;  
 $G$  – производительность суперкаландра, кг/ч;  
 $b$  – ширина каландрируемой бумаги, м;  
 $g$  – масса 1 м<sup>2</sup> бумаги, г/м<sup>2</sup>;  
 $m$  – число одновременно разматываемых рулонов;  
 $\eta$  – коэффициент полезного времени (коэффициент использования рабочего времени, равный 0,4÷0,7).

8.3. Средняя рабочая скорость суперкаландра

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{\frac{S}{v_{\max}} + t_{\text{всп}} + \frac{S}{1000} \cdot t_0} ,$$

где  $v_{\text{ср}}$  – средняя рабочая скорость суперкаландра, м/мин;  
 $S$  – длина бумаги в разматываемом рулоне, м;  
 $v_{\max}$  – максимальная скорость суперкаландра, м/мин;  
 $t_{\text{всп}}$  – вспомогательное время (время на установку и съём рулонов, равное 5÷8 мин);  
 $t_0$  – время на ликвидацию обрывов, мин.

8.4. Длина бумаги в разматываемом рулоне

$$S = \frac{\pi}{4\delta} (D_H^2 - d_T^2),$$

где  $S$  – длина бумаги в разматываемом рулоне, м;  
 $\delta$  – толщина бумаги, м;  
 $D_H$  – наружный диаметр разматываемого рулона, м;  
 $d_T$  – диаметр тамбурного валика, м.

8.5. Производится расчет валов и потребляемой мощности в соответствии с существующими методиками.

8.6. Контрольные вопросы по разделу “Суперкаландры”.

1. Назначение суперкаландров. Как изменяются прочностные свойства

каландрируемой бумаги? Для каких видов бумаги применяется суперкаландрирование?

2. В чем состоят существенные отличия конструкции суперкаландра от машинного каландра?

3. Типы станин каландров и их сравнительный анализ.

4. Какие виды бумаги применяются для набивных (бумажных) валов?

5. Закон распределения давления и скоростей между металлическим и бумажным валиками. За счет каких факторов достигается эффект каландрирования?

6. Приведите конструкцию набивного (бумажного) вала и укажите назначение его деталей.

7. Дайте описание технологии изготовления набивных валов.

8. В каких случаях применяются суперкаландры с четным и нечетным числом валов? Когда применяются промежуточные бумаговедущие валики между валами суперкаландров?

9. Приведите конструкцию механизмов прижима и подъема валов суперкаландра и дайте ее описание.

10. Приведите конструкцию механизма быстрого разведения валов суперкаландра и дайте ее описание.

11. Каким образом производится подготовка набивных валов в эксплуатации?

12. Приведите конструкцию изогнутого (расправляющего) валика с неподвижной осью и вращающейся оболочкой типа Маунт Хоуп и объясните принцип его работы.

13. Почему диаметры верхнего и нижнего валов суперкаландра больше, чем промежуточных? На какие нагрузки рассчитываются цапфы промежуточных валов?

14. Опишите конструкцию раската и наката суперкаландра.

15. Какие валы суперкаландра являются приводными и почему? На что затрачивается мощность электродвигателя суперкаландра?

16. С какой целью в суперкаландре устанавливаются два сменных набивных вала?

## **9. ПРОДОЛЬНО-РЕЗАТЕЛЬНЫЙ СТАНОК**

9.1. При выполнении индивидуальной работы по данному разделу выбирается и обосновывается схема продольно-резательного станка, рассчитывается максимальная скорость станка, определяется мощность, необходимая для привода, несущих валов, рассчитывается мощность тормозного генератора и один из валов станка. Приводится схема станка.

9.2. Скорость продольно-резательного станка определяется по формуле



$$v_{\text{ст}} = \frac{\alpha \cdot v_p}{1 - \frac{v_p \cdot t_{\text{всп}}}{S}},$$

где  $v_{\text{ст}}$  – скорость продольно-резательного станка, м/мин;  
 $\alpha$  – коэффициент запаса;  
 $v_p$  – скорость бумагоделательной машины, м/мин;  
 $t_{\text{всп}}$  – вспомогательное время на установку и снятие рулонов, склейку бумаги при обрывах и т.п. операции, равное  $5 \div 8$  мин;  
 $S$  – длина бумаги в наматываемом рулоне, рассчитываемая по формуле

$$S = \frac{\pi}{4\delta} (D_H^2 - d_T^2),$$

где  $\delta$  – толщина бумаги, м;  
 $D_H$  – наружный диаметр разматываемого рулона (800-900 мм), м;  
 $d_T$  – диаметр тамбурного валика, м.

### 9.3. Количество съёмов, получающихся с одного машинного рулона

$$n = \frac{S_1}{S},$$

где  $S_1$  – длина бумаги в разматываемом (машинном) рулоне, м;  
 $S$  – длина бумаги в наматываемом рулоне, м.

Производится расчет мощности и валов станка в соответствии с существующими методиками.

### 9.4. Контрольные вопросы для самостоятельной проработки по разделу “Продольно-резательные станки”

1. Сравнительный анализ схем продольно-резательных станков с верхней и нижней заправкой.
2. Каково назначение тормозного генератора продольно-резательного станка?
3. Способы резки бумаги на продольно-резательных станках. Область их применения. Схемы механизмов резки.
4. С какой целью несущие валы имеют винтовую и шевронную нарезку? Из какого материала изготавливаются несущие валы?
5. Какими способами регулируется плотность наматываемого рулона?
6. Схемы привода несущих валов и их сравнительный анализ.
7. Почему прижимной валик продольно-резательного станка для широкоформатных машин делается с промежуточными опорами и приводным?
8. Чем вызывается эксцентриситет наматываемого рулона и способы его устранения?
9. Какова скорость ножей по отношению к скорости бумаги при резке по

методу ножниц?

10. Какой из несущих валов на станках с нижней заправкой имеет большую скорость и чем это вызывается?

11. В чем состоят достоинства бесштанговой намотки бумаги на продольно-резательном станке?

12. Какими способами можно увеличить производительность продольно-резательного станка?

13. Почему на станках с верхней заправкой чаще происходит перехлестывание кромок в наматываемом рулоне?

14. Куда удаляются крошки бумаги, обрезаемые на продольно-резательном станке? Какова ширина обрезаемых кромок?

15. Каким способом производится быстрая остановка разматываемого рулона? Зависит ли время быстрой остановки от диаметра разматываемого рулона?

16. Каким образом изменяется давление прижимного валика на рулон в процессе намотки?

17. Какие нагрузки действуют на несущие валы во время работы станка? Приведите схему нагрузок, действующих на несущие валы.

18. Чем определяется расстояние между поверхностями несущих валов?

19. На станках с какой заправкой бумаги более вероятен выброс рулона? Напишите условие невыбрасывания рулона.

20. В каком периоде работы продольно-резательного станка создаются наиболее неблагоприятные условия для тамбурного валика разматываемого рулона?

## **10. ВАРИАНТЫ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Вариант №1.**

Тема работы: напорный ящик бумагоделательной машины производительностью 300 тонн мешочной бумаги М-78 в сутки, с разработкой потокораспределителя (корпуса напорного ящика; уравнильной камеры и диффузорной части напорного ящика; перфорированного валика; механизма перемещения передней стенки напорного ящика; механизма регулировки верхней губы напорного ящика).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели мешочной бумаги М-78.

2. Требования, предъявляемые к массоподводящей системе напорного ящика и к напорному ящику. Классификация напорных ящиков. Выбор и обоснование конструкции напорного ящика, схема выбранной конструкции.

3. Выбор ширины и расчет рабочей скорости машины. Определение скорости машины по приводу и пусковой скорости, скорости сеточной части при пуске машины и при работе в расчетном режиме.

4. Выбор концентрации массы в напорном ящике. Расчет количества

массы, необходимой для отлива бумаги.

5. Расчет площади входного и выходного сечения потокораспределителя. Выбор формы поперечного сечения потокораспределителя и определение его размеров. Выбор количества и диаметра труб, отводящих массу от потокораспределителя к уравнивательной камере.

6. Расчет давления в напорном ящике при максимальной скорости машины и на входе в потокораспределитель с учетом потерь по длине и местных сопротивлений. Расчет толщины стенки потокораспределителя с учетом ребер жесткости и величины максимальной деформации стенок с ребрами и без ребер жесткости. Выбор размеров фланцев.

7. Расчет на прочность уравнивательной камеры с учетом ребер жесткости.

8. Расчет на прочность диффузорной части напорного ящика. Расчет ширины входной и выходной части диффузора.

9. Расчет на прочность корпуса напорного ящика с учетом ребер жесткости из условия максимально допустимого прогиба стенок ящика.

10. Расчет на прочность и жесткость перфорированных валиков напорного ящика. Расчет мощности привода перфорированных валиков. Расчет на прочность цапф перфорированных валиков и подбор подшипников.

11. Расчет высоты открытия выпускной щели напорного ящика.

12. Библиографический список.

## **Вариант №2.**

Тема работы: сеточная часть бумагоделательной машины производительностью 300 тонн мешочной бумаги М-78 в сутки с разработкой отсасывающего гауч-вала (грудного, регистрового, сеткоповоротного, сеткоправильного, сетконатяжного; «мокрого» или «сухого» отсасывающего ящика, пакета гидропланок; поперечных балок сеточного стола).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели мешочной бумаги М-78.

2. Современные представления о процессе обезвоживания и формования бумажного полотна на регистровых валиках, гидропланках и отсасывающих ящиках сеточного стола.

3. Выбор чистообрезной ширины бумагоделательной машины. Расчет раочей скорости и скорости машины по приводу. Расчет скорости сеточной части машины.

4. Выбор конструкции, размеров, количества и компоновки обезвоживающих элементов сеточного стола (выполняется на миллиметровке и согласовывается с преподавателем).

5. Расчет мощности, потребляемой сеточной частью методом тяговых усилий, и выбор мощности и марки электродвигателей приводных точек сеточного стола.

6. Расчет гауч-вала на прочность и жесткость, расчет болтов крепления приводной цапфы к перфорированному цилиндру. Регистровые и сетоведущие валики рассчитываются также на критическую скорость, а их цапфы на

прочность.

7. Подбор и проверка подшипников гауч-вала (или других валов сеточной части).

8. Библиографический список.

### **Вариант №3.**

Тема работы: прессовая часть бумагоделательной машины производительностью 2 тонны конденсаторной бумаги КОН-II в сутки с разработкой отсасывающего вала прессы (или пересасывающего вала, гранитного вала, плавающего желобчатого вала, сукноведущего валика, механизма подъема и прижима прессовых валов).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Композиция и показатели конденсаторной бумаги КОН-II толщиной 8 микрометров.

2. Современные представления о процессе обезвоживания в прессовой части. Пути интенсификации обезвоживания в прессовой части.

3. Выбор чистообрезной ширины бумагоделательной машины. Расчет рабочей скорости и скорости машины по приводу. Расчет скорости прессов.

4. Выбор конструкции и размеров валов, количества и компоновки прессов. Схема выбранной для разработки прессовой части.

5. Расчет обезвоживания в прессовой части.

6. Расчет отсасывающего вала прессы (гранитного, плавающего, пересасывающего, сукноведущего) на прочность, жесткость и критическую скорость (только сукноведущие). Расчет бомбиривки прессовых валов.

7. Расчет мощности, потребляемой наиболее нагруженным прессом, методом тяговых усилий. Выбор мощности и типа электродвигателя постоянного тока.

8. Выбор и проверка подшипников отсасывающего вала (или другого рассчитываемого вала).

9. Выбор типа сукна и устройств для кондиционирования сукон.

10. Библиографический список.

### **Вариант №4.**

Тема работы: сушильная часть бумагоделательной машины производительностью 500 тонн газетной бумаги в сутки с разработкой сушильного цилиндра (холодильного цилиндра, сукноведущего валика, паразитного привода сушильных цилиндров).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Композиция и физические свойства газетной бумаги.

2. Современные представления о сушке бумаги на бумагоделательной машине. Пути интенсификации сушки бумаги на бумагоделательной машине.

3. Выбор ширины машины. Расчет рабочей скорости и скорости по приводу.

4. Расчет количества сушильных цилиндров методом удельных съемов.

Компоновка цилиндров в группы по приводу и по сукну.

5. Выбор диаметра и конструкции сушильного цилиндра и устройства для привода пара и отвода конденсата.

6. Расчет толщины стенки сушильного цилиндра, его крышки, размеров цапф, болтов крепления крышек к корпусу цилиндра.

7. Расчет мощности, потребляемой наиболее нагруженной группой сушильных цилиндров, методом тяговых усилий. Выбор мощности и типа электродвигателя.

8. Выбор и проверка подшипников сушильных цилиндров. Особенности подшипников и подшипниковых узлов сушильных цилиндров.

9. Библиографический список.

### **Вариант №5.**

Тема работы: каландр бумагоделательной машины производительностью 330 тонн газетной бумаги в сутки с разработкой каландрового вала (нижнего плавающего вала, механизма подъема и прижима каландровых валов).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели газетной бумаги.

2. Современные представления о процессе каландрирования.

3. Выбор количества и диаметра валов каландра, линейного давления между валами. Выбор типа станин каландра.

4. Расчет нижнего вала каландра на прочность и жесткость. Расчет диаметра цапф нижнего вала и подбор подшипников вала. Расчет бомбировки нижнего вала и ее распределение между нижним и вторым снизу валом.

5. Расчет мощности, потребляемой каландром, методом тяговых усилий и выбор мощности, типа и марки электродвигателя для привода каландра.

6. Расчет механизма прижима и подъема каландровых валов. Расчет станин каландра на рочность.

7. Ремонтные работы на каландре.

8. Библиографический список.

### **Вариант №6.**

Тема работы: накат бумагоделательной машины производительностью 300 тонн мешочной бумаги М-78 в сутки с разработкой цилиндра наката (тамбурного валика, механизма прижима наматываемого рулона к цилиндру наката, механизма поворота заправочных рычагов).

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели мешочной бумаги М-78.

2. Основные положения теории наматывания, способы регулирования плотности намотки, длина бумаги в рулоне.

3. Описание работы наката, конструкции и принципа работы цилиндра наката, тамбурного валика для наматывания бумаги.

4. Расчет мощности, потребляемой накатом, и выбор марки электродвигателя. Расчет на прочность цилиндра наката, его цапф, крышек,

болтов крепления крышек к корпусу цилиндра наката. Расчет тамбурного валика на прочность, жесткость (для условий работы на бумагоделательной машине) и на критическую скорость (для условий работы на продольно-резательном станке). Расчет цапф тамбурного валика на выносливость, подбор подшипников тамбурного валика (для условий работы на продольно-резательном станке).

5. Расчет механизма прижима наматываемого рулона к цилиндру наката.

6. Библиографический список.

### **Вариант №7.**

Тема работы: продольно-резательный станок для картона хром-эрзац производительностью 200 тонн в сутки.

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели картона хром-эрзац.

2. Классификация продольно-резательных станков и выбор схемы станков.

3. Расчет максимальной скорости продольно-резательного станка.

4. Расчет несущих валов, прижимного и бумаговедущего валиков на прочность, жесткость и критическую скорость. Расчет диаметра цапф несущих валов и подбор подшипников несущих валов.

5. Расчет мощности, потребляемой станком. Выбор марки электродвигателя привода несущих валов.

6. Расчет мощности тормозного генератора.

7. Библиографический список.

### **Вариант №8.**

Тема работы: суперкаландр для типографской бумаги №1 производительностью 400 тонн в сутки.

Состав расчетно-пояснительной записки:

1. Показатели типографской бумаги №1.

2. Классификация суперкаландров.

3. Сущность процесса каландрирования.

4. Влияние основных факторов (давления, скольжения, количества и температуры валов и т.д.) на процесс каландрирования.

5. Расчет нижнего вала (бомбированного или с регулируемым прогибом «Кюстерс») на прочность, жесткость и критическую скорость. Расчет диаметра цапф вала и подбор подшипников.

6. Расчет набивного вала и механизма прижима валов.

7. Расчет мощности потребляемой суперкаландром и выбор марки электродвигателя.

8. Расчет мощности тормозного генератора.

9. Библиографический список.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины для производства бумаги и картона/ под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.-646 с.
2. Александров А.В., Александрова Т.Н. Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги. Часть I. Реология и гидродинамика волокнистых суспензий/СПбГТУРП.-СПб., 2015.-132 с.
3. Александров А.В., Александрова Т.Н. Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги. Часть II. Гидродинамика процессов формования бумаги/СПбГТУРП.-СПб., 2015.-133 с.
4. Шульман Г.З., Александров А.В., Андреев А.Г. Расчет напускных устройств бумаго-картоноделательных машин: учебное пособие/СПбГТУРП.-СПб., 2011.- 48 с.
5. Шульман Г.З., Евдокимов Н.В. Сеточная часть бумагоделательных и картоноделательных машин. Расчет основных узлов: учебное пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб., 2016.- 53 с.
6. Чичаева В.А., Глезин М.Л., Екимова В.А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины.- М.: Лесная промышленность, 1981.- 264 с.
7. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. ТII. Производство бумаги и картона. Ч.1. Технология производства и обработка бумаги и картона.- СПб.: Политехника, 2005.- 423 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и содержание индивидуальной работы.....	3
2. Определение основных параметров бумагоделательной машины .....	4
3. Напорный ящик .....	9
4. Сеточная часть.....	12
5. Прессовая часть .....	18
6. Сушильная часть .....	23
7. Накат и каландр .....	26
8. Суперкаландр.....	29
9. Продольно-резательный станок.....	31
10. Варианты методических указаний по выполнению контрольной работы.....	33





Александров Александр Васильевич  
Гаузе Александр Александрович  
Синегубов Сергей Семенович

# ОБОРУДОВАНИЕ ЦБП

## Часть II

**Методические указания по выполнению  
контрольных работ**

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2019, поз.40

Подп. к печати

Формат 60x84/16. Бумага тип №1.

Печать офсетная

Объем 2,5 печ. л.; 2,5 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Изд. № 40. Цена «С». Заказ №

---

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