

**А.В. Александров, Ю.Д. Алашкевич**

# **ОБОРУДОВАНИЕ ЦБП**

**Часть II. Бумагоделательные  
машины**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург  
2018**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

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

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**А.В. Александров, Ю.Д. Алашкевич**

# **ОБОРУДОВАНИЕ ЦБП**

## **Часть II. Бумагоделательные машины**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург  
2018**

УДК 676.2 (075)  
ББК 35.77я7  
А 465

Александров А.В., Алашкевич Ю.Д. Оборудование ЦБП. Часть II. Бумагоделательные машины/ ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. – 96с.: ил. 4б.- ISBN 978-5-91646-152-7

Во II части «Бумагоделательные машины» учебного пособия «Оборудование ЦБП» приведены систематизированные сведения о бумагоделательных машинах, основах их конструирования и расчета.

Учебное пособие предназначено 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 курсовых и выпускных квалификационных работ.

Рецензенты:

Александрова Т.Н. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ОПИ Санкт-Петербургского горного университета;  
Борилкевич Б.Е. – генеральный директор ООО «Р – центр».

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-91646-152-7

©Высшая школа технологии и  
энергетики СПбГУПТД, 2018  
©Александров А.В., Алашкевич Ю.Д.,  
2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ И ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ ИХ КОНСТРУИРОВАНИЯ.....	6
2. НАПУСК ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ НА СЕТКУ .....	11
3. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ НА СЕТОЧНОМ СТОЛЕ. УСТРОЙСТВО СЕТОЧНОГО СТОЛА .....	20
Грудной вал.....	21
Формующий ящик .....	21
Регистровые валики.....	23
Гидропланки.....	25
Отсасывающий гауч – вал .....	29
Сетконатяжные устройства .....	32
Сеткоправильные устройства.....	34
4. ДВУХСЕТОЧНЫЕ ФОРМУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ, УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ.....	37
5. ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ, НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИИ.....	47
5.1. Типы прессов .....	50
Обычный пресс .....	50
Отсасывающий пресс .....	50
Обратный отсасывающий пресс .....	51
Сглаживающий (офсетный) пресс .....	53
Горячий пресс .....	53
Многовальный пресс .....	54
Пресс с желобчатым валом.....	55
Пресс с промежуточным валиком .....	56
Пресс с подкладной сеткой.....	57
Пресс с усадочной сеткой.....	58
Пресс с глухосверлённым валом.....	59
Устройство прессовых валов .....	59
Обычные валы.....	59
Отсасывающие валы.....	60
Гранитный вал .....	61
Вал с регулируемым прогибом .....	63
Методы компенсации прогиба валов .....	64
5.2. Назначение, принцип работы устройств для нормальной работы пресса	66
Устройства правки сукна.....	67

Устройства натяжения сукна.....	67
5.3. Устройства промывки и механической очистки сукон.....	68
6. НАЗНАЧЕНИЕ, УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ И ЕЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ .....	70
6.1.Сушильные цилиндры .....	75
Холодильные цилиндры .....	77
6.2.Привод сушильных цилиндров.....	80
7. КАЛАНДР.....	81
8. НАКАТ .....	86
9. СУПЕРКАЛАНДР.....	88
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	96

## Введение

В технологических линиях целлюлозно-бумажного производства бумагоделательные, подобные им картоноделательные и сушильные машины являются одними из основных видов используемого оборудования, работающего в непрерывном автоматизированном режиме. С помощью этих машин осуществляется подготовка и подача бумажной массы в формующее устройство, где происходит образование бумажного полотна и его обезвоживание под вакуумом, происходит прессование, сушка и предварительная, а иногда и окончательная, отделка полотна бумаги. Сеточная (формующая) часть бумагоделательных и картоноделательных машин является узлом, характеризующим весь агрегат и во многом определяющим его технико-экономический уровень, который в большей степени определяет темпы технического прогресса отрасли промышленности.

Требования интенсификации производственных процессов, оптимизации работы, повышения производительности бумагоделательного оборудования, а также повышения качества вырабатываемой бумаги при одновременном снижении массы  $1 \text{ м}^2$  в значительной мере определяются эффективностью процессов отлива и формования бумаги, процессов ее прессования и сушки.

В настоящем учебном пособии приводятся систематизированные сведения по основным классам бумагоделательных машин, излагаются принципы конструирования, дается методика выбора и расчета основных параметров, приводится описание конструкций и их классификация по технологическим признакам.

Материал, изложенный во второй части учебного пособия «Оборудование предприятий ЦБП» важен для качественной подготовки бакалавров по направлениям подготовки 18.03.01 «Химическая технология», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» очной и заочной форм обучения. Его использование позволяет студентам достаточно быстро ознакомиться с полным объемом информации по рассматриваемым вопросам. В пособии подробно рассмотрены оборудование и теоретические основы процессов отлива и формования бумажного полотна для получения качественной продукции.

Рассмотрение устройства и принципа работы наиболее важных видов бумагоделательного оборудования и их элементов составляют большую часть объема учебного пособия.

Полученные в результате изучения материала пособия знания могут быть полезны специалистам ЦБП при эксплуатации, модернизации и реконструкции бумагоделательных и картоноделательных машин.

## 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ И ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ ИХ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Технологический процесс производства включает в себя следующие основные операции: аккумулярование бумажной массы, разбавление ее водой до необходимой концентрации и очистку от посторонних включений и узелков; напуск массы на сетку; формование бумажного полотна на сетке машины; прессование влажного полотна бумаги и удаление избытка воды; сушку; машинную отделку и намотку бумаги в рулон. Бумагоделательная машина (БДМ) состоит из: напорного ящика, сеточной, прессовой и сушильной части, каландра и наката. Кроме того к ней относятся машинный бассейн для бумажной массы, оборудование для ее очистки, насосы для перекачки воды и массы, вакуумные насосы, устройства для переработки брака, оборудование для циркуляционной смазки, приточно–вытяжная вентиляционная система, автоматизированная система управления технологическим процессом БДМ.

Система подготовки и подачи массы на машину обеспечивает постоянство композиции, концентрации массы, степени помола, не допускает осаждения волокон, выделения проклеивающих и наполняющих веществ, а также контролирует расход бумажной массы, поступающей на машину, предварительно прошедшей очистку и деаэрацию. В качестве очистного оборудования используются конические вихревые очистители и узлоловители закрытого типа. В необходимых случаях конические вихревые очистители оснащаются устройствами для аэрации массы. Для создания вакуума применяются водокольцевые вакуум – насосы и вакуум – компрессоры.

Готовая бумажная масса концентрацией 2,5 – 3,5 % из размольно–подготовительного отдела подается в машинный бассейн с циркуляционным устройством. В современных системах непрерывной подготовки бумажной массы при использовании автоматизированных систем управления технологическим процессом объем машинного бассейна принимается из расчета работы БДМ в течение 30 – 40 мин. Для выработки некоторых видов продукции после машинного бассейна устанавливаются конические или дисковые мельницы, предназначенные для рафинирования массы, т.е. устранения пучков волокон, или дополнительного размола, а также регулирования степени помола. Затем бумажная масса концентрацией 0,1 – 1,3 % (в зависимости от вида и массы  $1 \text{ м}^2$  вырабатываемой продукции) подается в напорный ящик, назначение которого – равномерная подача массы на сетку по всей ее ширине. В систему потокораспределения напорного ящика включаются коллектор переменного сечения и перфорированная плита, а для выравнивания и диспергирования потока бумажной массы служат приводные перфорированные валы. Необходимая степень разбавления бумажной массы для отлива на сетке бумагоделательной машины зависит от массы  $1 \text{ м}^2$  бумаги, вида волокна и степени помола. На процесс обезвоживания массы на сетке машины влияет также температура массы. При повышении температуры массы, когда обезвоживание ее на сетке облегчается, можно работать с большей степенью разбавления и, наоборот, при понижении температуры

массы необходимо снижать степень ее разбавления.

**Сеточная часть** включает в себя напорный ящик, сеточный стол и ряд других машин и устройств (насосы, вакуум-насосы, привод и другие механизмы для осуществления дополнительных динамических процессов, диктуемых требованиями технологии).

Назначение сеточной части – *отлив* и *формование* мокрого бумажного полотна из волокнистой суспензии. Под отливом следует понимать технологические операции, связанные с обеспечением равномерного распределения бумажной массы по ширине сетки и ее обезвоживанием.

**Формование** – технологическая операция, связанная с ориентацией волокон для создания структуры, обеспечивающей наибольший контакт между волокнами и требуемыми свойствами бумажного листа.

Основные усовершенствования, внесенные за последние годы в конструкцию сеточной части, касаются установки гидропланок и мокрых отсасывающих ящиков в сочетании с сетками из синтетических материалов.

Отдельную группу представляют бумагоделательные машины для формования бумажного полотна между двумя сетками. Такое формование позволяет получить полотно, обе поверхности которого имеют одинаковые свойства. При формовании полотна между двумя сетками исключается свободная поверхность бумажного полотна, контактирующая непосредственно с воздухом, и сокращается продолжительность формования. В настоящее время существует большое разнообразие конструкций БДМ для двухсеточного формования.

Технологическая задача **прессовой части** уплотнение структуры мокрого бумажного полотна, придание соответствующей гладкости его поверхности и удаление влаги путем отжатия. Для интенсификации обезвоживания бумажного полотна в прессовой части применяются прессы с желобчатыми валами и повышенным линейным давлением между ними, прессы с глухосверленными валами и прессы с удлиненной зоной прессования башмачного типа. Сеточную и прессовую части БДМ объединяют общим названием - «мокрая часть» машины. Из общего количества воды, удаляемой из бумажного полотна, на сеточную часть приходится 94 – 96 %, а на прессовую 3 – 4 %.

**Сушильная часть** бумагоделательной машины предназначена для удаления влаги из мокрого бумажного полотна методом испарения (когда механический отжим становится неэффективным) и разглаживания бумажного полотна.

**Каландры** заканчивают непрерывную операцию отделки бумаги, повышая методом проката между валами лоск, гладкость и объемный вес бумаги.

**Накаты** предназначены для непрерывного наматывания готовой бумаги в рулоны.

Для получения более высоких показателей плотности, гладкости и лоска большинство видов бумаги для печати, писчей и технической бумаг пропускают через **суперкаландры**.

Все бумаго- и картоноделательные машины оснащаются многодвигательными приводами; скорость машины и ее отдельных частей поддерживаются постоянными автоматически.

На современных высокопроизводительных машинах устанавливаются автоматизированные системы управления технологическими процессами выработки продукции (АСУТП), которые представляют собой многофункциональные, распределенные, иерархические и интегрированные системы управления. Отличительной чертой таких систем является организация в единое целое отдельных автономных систем различных уровней иерархии: нижнего – первого уровня (так называемых локальных систем управления) и систем управления верхнего уровня, в задачи которых входит решение проблем координированного управления не только машинами как участком производства полотна продукции (второй уровень), но и всего предприятия в целом (третий уровень) в целях поддержания оптимального режима производства на основе технико – экономических критериев.

Основной частью бумагоделательной машины является сеточная часть. Поэтому классификация бумагоделательных машин (табл.) ведется в зависимости от вида вырабатываемой продукции и вида полуфабриката по конструкциям сеточных частей, которые обеспечивают нужные технологические процессы отлива и формования бумажного полотна. Конструкция и параметры бумагоделательной машины (главным образом ширина бумажного полотна и скорость) определяются качеством и количеством вырабатываемой продукции. С другой стороны, качество продукции определяется свойствами полуфабрикатов и во многом зависит от способа их приготовления.

Наиболее распространенным видом полуфабриката является волокнистая суспензия. Водная среда оказывает физико-химическое воздействие при подготовке бумажной массы, способствует раскрытию водородных связей на поверхности волокон, гидратирует их и т.п. Водная среда наиболее удобна для транспортных операций волокнистого материала, поддержания однородности суспензии и дозирования.

В связи с неудобством применения массы, содержащей волокна большой длины (хлопок и др.) в водной суспензии и необходимостью сокращения потребления воды в процессе производства, в производство внедряется полуфабрикат в виде сухого волокнистого материала. Формование бумажного полотна из водной суспензии, поступающей на бумагоделательную машину, может осуществляться либо методом **осаждения** (наиболее распространенный), либо методом **напыления**. Сухой полуфабрикат формируется способом напыления и расчесыванием.

Для формования увлажненной волокнистой массы предложен метод **экструзии** (выдавливание массы через щель).

Для осуществления указанных выше способов формования применяются различные формующие устройства.

Формование листа можно производить на **длинносеточных** и **круглосеточных** устройствах или **комбинированных**, позволяющих

использовать преимущества обоих.

Названные три типа формирующих устройств производят одновременно отлив и формование, что связано с целым рядом технических затруднений.

При *напылении* процессы отлива и формования производятся отдельно, что позволяет регулировать их самостоятельно. Формование сухой массы производится методом напыления на длинносеточных устройствах.

*Расчесывание* длинноволокнистой массы (длина волокна свыше 5 мм) производится на кардочесальных машинах (широко распространенных в текстильной промышленности), где одновременно вместе с расчесыванием происходит формование полотна.

Метод *экструзии* формирует слой волокнистой массы путем выдавливания ее из узкой щели.

Формующее устройство определяет и конструкцию машины. Наиболее распространенной является односеточная конструкция с плоской сеткой. Для получения многослойных бумаг применяют машины, составленные из нескольких плоских сеток, производящих отдельные слои, которые после формования соединяются в общий пакет.

Особую группу вакуум-формирующих машин составляют специальные конструкции для дискретного производства бумажных изделий, работающие по принципу насасывания волокнистого слоя на формирующие устройства, конструкция которых определяет форму изделия.

Для выработки многослойных бумаг и картонов широко используются круглосеточные машины. Они имеют несколько типов конструкций.

В зависимости от направления потока волокнистой массы и движения сеточного цилиндра, они разделяются на прямоточные и противоточные. При использовании полусухих и сухих ванн преследуется цель повышения скорости отлива листа путем увеличения величины фильтрационного напора. В таких конструкциях устраняются явления смыва, которые наблюдаются в заполненных ваннах.

Увеличение скорости круглосеточных машин и достижение более высокой сухости бумажного полотна может быть обеспечено на круглосеточной машине без ванны путем установки дополнительного устройства, обеспечивающего прижим полотна сукном или сеткой. Сброс волокнистого материала после обезвоживания в машинах для напыления под действием центробежных сил приводит к его фракционированию. Для компенсации этого дефекта применяются конструкции с тремя сетками.



Сухой полуфабрикат может формироваться двумя методами: шахтным напылением и кардочесальными машинами. Многошахтная конструкция для сухого формования применяется не только для бумаг, но и для древесно-волоконистых плит.

Необходимые конечные свойства бумаги определяются качеством и композицией бумажной массы, которая, в свою очередь, предписывает технологическую компоновку машины и ее конструктивные особенности. Например, скорость и ширину машины, длину сеточной части, номер сетки, величину применяемого вакуума, количество прессов, линейные давления между валами, количество сушильных цилиндров, температуру их поверхности, соотношение скоростей между отдельными секциями машины (в зависимости от вытяжки или усадки бумажного полотна), пределы регулирования скорости и т.д.

При выработке каждого вида бумаги необходим свой технологический расчет отлива и обезвоживания, прессования и сушки, каландрирования и суперкаландрирования, а в отдельных случаях - дополнительная обработка бумага.

В зависимости от видов вырабатываемой бумаги по конструктивному признаку и технологической компоновке односеточные бумагоделательные машины можно подразделить на 12 основных групп, из них 11 групп - для выработки отдельных классов бумага и одна группа объединяет специальные машины (сушильные машины - пресспаты, листоотливные для древесно-волоконистых плит и т.п.).

**Теоретическая производительность** любой бумагоделательной машины зависит от трех факторов: скорости, ширины бумажного полотна и массы  $1 \text{ м}^2$  бумаги:

$$Q = 0,06 \cdot B \cdot v \cdot q, \quad (1)$$

где  $Q$  - производительность бумагоделательной машины, кг/ч;

$B$  - ширина бумаги на накате, м;

$v$  - скорость бумага на накате, м/мин;

$q$  - масса  $1 \text{ м}^2$  бумаги, г/м<sup>2</sup>.

## 2. НАПУСК ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ НА СЕТКУ

Существенное влияние на качество бумажного полотна и обеспечение бесперебойной работы бумагоделательной машины оказывает конструкция массонапускного устройства (напорного ящика). Получение полотна равномерной массы  $1 \text{ м}^2$  по всей ширине машины с равномерным просветом и высокими показателями механической прочности возможно лишь при наличии массонапускного устройства, обеспечивающего подачу бумажной массы на сетку с одинаковой скоростью по всей ширине и высоте выходящего потока; скорость этого потока должна находиться в определенной

зависимости от скорости сетки. Напорный ящик должен предотвращать возможность флокуляции и ориентации волокон в потоке, обеспечивать микротурбулентный режим движения, отсутствие застойных зон, водоворотных областей и поперечных течений, сохраняя при этом равномерное распределение волокон и наполнителя. Конструкция напорного ящика должна исключать вовлечение воздуха в поток массы. Массонапускные устройства современных бумагоделательных машин подразделяются на следующие виды:

- открытые напорные ящики;
- закрытые напорные ящики: с воздушной подушкой,  
без воздушной подушки;
- напорные ящики турбулентного типа.

Напорные ящики тихоходных машин представляют собой ящики открытого типа, хотя в некоторых случаях для тихоходных машин применяются и напорные ящики других видов.

Проблема организации потока в рабочих каналах напорных ящиков заключается в регулировании этого потока с целью предотвращения завихрений и поперечных потоков, вызывающих флокуляцию волокон и являющихся причиной неравномерного распределения массы  $1 \text{ м}^2$  вырабатываемой бумаги. Анализ литературных данных свидетельствует, что избежать возникновения побочных потоков можно лишь при правильном расчете проточной части напорных ящиков. Практика эксплуатации массонапускных систем показывает, что значительно легче регулировать характер потока путем его ускорения, чем когда поток движется равномерно или с замедлением. Это положение необходимо иметь в виду при оценке конструкций напорных ящиков.

На рис.1 приведена схема открытого напорного ящика, применяемого на тихоходных (не выше 180 м/мин) бумагоделательных машинах.

Бумажная масса из массопровода подается во входной патрубок коллектора открытого напорного ящика и далее через отверстия потокораспределителя поступает в полость напорного ящика. В полости напорного ящика бумажная масса перемешивается перфорированными валами, дросселируется регулировочным щитом и через напускную щель подается на сеточную часть бумагоделательной машины.

Коллектор служит для равномерного поворота и распределения бумажной массы, выравнивания давления по ширине напорного ящика. Часть бумажной массы (до 10 % от поступающего количества) через выходное сечение в конце коллектора подается на рециркуляцию, за счет чего обеспечивается выравнивание статического давления в крайних сечениях коллектора.

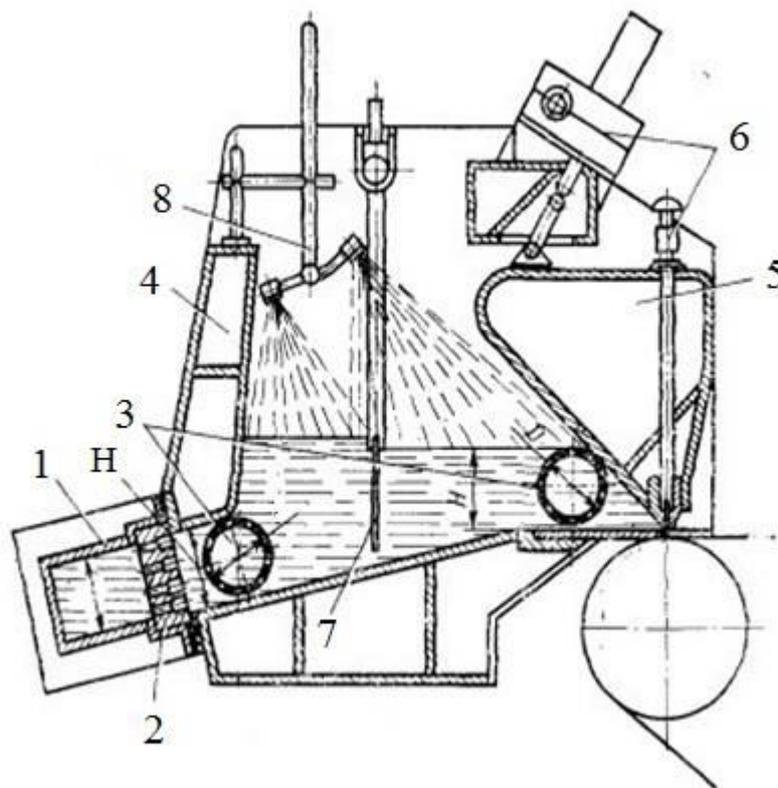


Рис.1. Напорный ящик открытого типа:

- 1 – коллектор-потокораспределитель; 2 – перфорированная плита; 3 – перфорированные валы; 4 – корпус ящика;  
 5 – передняя стенка; 6 – механизмы регулирования щели;  
 7 – щит; 8 – пеногаситель

Потокораспределитель может представлять собой как перфорированную плиту с отверстиями, так и пакеты труб. Отверстия в потокораспределителе по конфигурации представляют собой двух- либо трехступенчатые диффузоры. В первой ступени диффузора после поворота пульсации давления в потоке бумажной массы стабилизируются. В результате трения о стенки отверстий и переходов в последующие ступени, масса турбулизируется, что препятствует флокуляции волокон.

В полости открытых напорных ящиков устанавливаются перфорированные валы, поперечная перегородка для создания необходимой турбулентности потока и spryski – пеногасители. Передняя стенка ящиков выполняется подвижной. Ее можно перемещать, регулируя высоту выпускной щели, и передвигать по ходу потока, изменяя при этом место подачи бумажной массы на сеточный стол машины. Верхняя губа напорного ящика имеет приспособления для местной регулировки высоты щели и указатели, показывающие деформацию губы.

Скорость напуска потока на сеточный стол определяется высотой уровня бумажной массы в полости напорного ящика

$$v_m = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода массы;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – высота уровня массы в напорном ящике, м.

Ориентация волокон в машинном и поперечном направлениях зависит от соотношения скоростей потока массы из напорного ящика и сетки. Если скорость потока массы меньше скорости сетки, количество волокон, ориентированных в машинном направлении, увеличивается, если скорость потока массы больше скорости сетки – уменьшается. Увеличение скорости потока массы приводит к уменьшению разрывной длины бумаги в машинном направлении и к повышению в поперечном направлении. Увеличение количества волокон, ориентированных поперек полотна, уменьшает поперечную усадку при сушке.

Практика эксплуатации бумагоделательных машин и проведенные исследования показали, что лучшие условия для формирования бумажного полотна имеют место при скорости  $v_m$  выхода массы на сетку, несколько меньшей скорости  $v_c$  сетки. Отношение этих скоростей составляет:

$$\varphi = \frac{v_m}{v_c} = 0,85 \div 0,98. \quad (3)$$

Величина  $\varphi$  зависит от вида вырабатываемой бумаги, ее композиции и массы, способа передачи влажного полотна бумаги с сеточной на прессовую часть, а также от скорости машины, по мере увеличения которой значение  $\varphi$  должно возрастать. Разность скорости ( $v_c - v_m$ ) должна быть не более 30 м/мин и не менее 4,5 м/мин.

При скорости машины свыше 400 м/мин необходимая высота уровня массы в открытом напорном ящике становится значительной, что приводит к усложнению его конструкции, увеличению веса. Поэтому открытые напорные ящики заменяют закрытыми.

К напускным устройствам открытого типа относятся также напорные ящики, работающие в паре с наклонным сеточным столом, где непосредственно в полости напорного ящика начинается формирование бумажного полотна. Такие ящики не оснащаются перфорированными валами и служат для выработки специальных бумаг при низкой концентрации бумажной массы.

Закрытый напорный ящик (рис.2) включает корпус, коллекторную камеру с двухступенчатой перфорированной плитой, два перфорированных вала с регулируемой частотой вращения, переднюю стенку с механизмами регулирования, пеногасители, контрольно – регулирующую аппаратуру для поддержания постоянного уровня массы в ящике и постоянного давления воздушной подушки.

Поток массы, поступающей в напорный ящик, равномерно распределяется по ширине машины коллекторной камерой переменного прямоугольного сечения, проходит через перфорированную плиту и стабилизируется двумя вращающимися перфорированными валами.

Перфорированные валы для напорных ящиков как открытого, так и закрытого типов изготавливаются диаметрами от 200 до 500 мм из листовой кислотоупорной стали толщиной от 3 до 5 мм в зависимости от ширины машины. Валы вращаются со скоростью 0,2 – 0,3 м/с. Для устранения поперечных струй в потоке бумажной массы служат диски, устанавливаемые внутри перфорированного вала с шагом от 500 до 900 мм.

Перфорированные валы оказывают на волокнистую суспензию двойное действие: изменяют гидродинамические свойства потока – интенсивность и масштаб турбулентности, устраняют возможность повторной флокуляции волокон.

Диаметры отверстий в перфорированных валах зависят от вида вырабатываемой продукции и принимаются: первый вал по ходу потока 20 – 25 мм, второй вал (перед напускной щелью) 16 – 20 мм. Наибольшие размеры отверстий принимаются с катетом фаски не более 1 мм.

Наклонная передняя стенка ускоряет поток бумажной массы до скорости, близкой к скорости сетки. Верхняя губа, установленная в конце передней стенки, имеет приспособления для местного регулирования ширины щели и указатели, показывающие деформацию губы.

Общее открытие щели и перемещение верхней губы обеспечиваются механизмами, установленными на крышке ящика. Все внутренние поверхности ящика облицованы полированными листами нержавеющей стали. Для уменьшения прогиба передняя стенка ящика закреплена на расстоянии  $\frac{1}{4}$  от боковых стенок ящика.

Предусмотрен перелив массы, насыщенной воздухом, и пены. Для удобства промывки и ремонта коллекторная камера с перфорированной плитой откидывается вниз.

В закрытом напорном ящике происходит превращение потенциальной энергии ( $gH$ ) и энергии давления ( $PV$ ) в кинетическую энергию ( $\frac{m \cdot v^2}{2}$ ):

$$G \cdot H + P \cdot V = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \text{или} \quad m \cdot g \cdot H + P \cdot \frac{m \cdot v^2}{\gamma} = \frac{m \cdot v^2}{2}, \quad (4)$$

где  $v$  - теоретическая скорость истечения

$$v = \sqrt{2g \cdot \left(H + \frac{P}{\gamma}\right)}; \quad (5)$$

$v_m$  – фактическая скорость выхода массы на сетку

$$v_m = \mu \cdot \sqrt{2g \cdot \left(H + \frac{P}{\gamma}\right)}. \quad (6)$$

Независимо от скорости машины уровень массы  $H$  в ящике поддерживается на одной высоте, а необходимая скорость выхода массы создается за счет избыточного давления воздуха  $P$ .

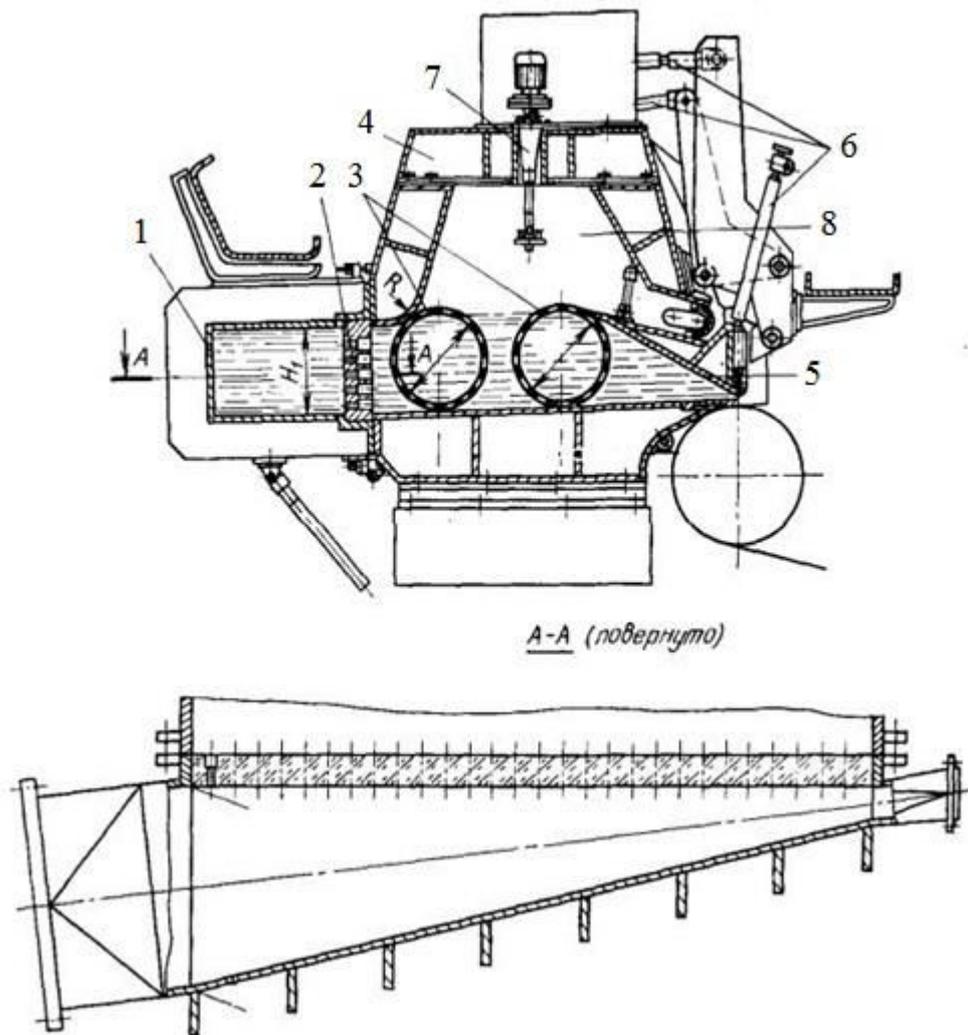


Рис.2. Напорный ящик закрытого типа:

- 1 – коллектор-потокораспределитель;
- 2 – перфорированная плита; 3 – перфорированные валы;
- 4 – корпус ящика; 5 – передняя стенка; 6 – механизмы регулирования щели;
- 7 – пеногаситель; 8 – воздушная подушка.

Работа *напорных ящиков турбулентного типа* основана на пропускании суспензии перед напуском ее на сетку через ряд узких каналов или щелей. Трение суспензии о стенки каналов приводит к возникновению интенсивной турбулентности, а размер каналов ограничивает масштаб турбулентности в потоке.

Распределение суспензии по ширине машины обеспечивается потокораспределителем с системой труб или перфорированной плитой. После небольшой промежуточной камеры суспензия проходит через турбулизирующие элементы, представляющие собой пучок труб (напорный ящик *SymFloAD*, показанный на рис. 3) или несколько гибких листов, расположенных по высоте (напорный ящик фирмы «Белойт», представленный на рис.4).

Турбулизирующие элементы располагаются по возможности ближе к выпускной щели.

Место встречи струи с сеткой регулируется либо перемещением верхней губы вдоль потока, либо перемещением всего ящика.

Для гашения пульсаций давления в потоке волокнистой суспензии некоторые конструкции напорных ящиков снабжаются уравнивающей камерой.

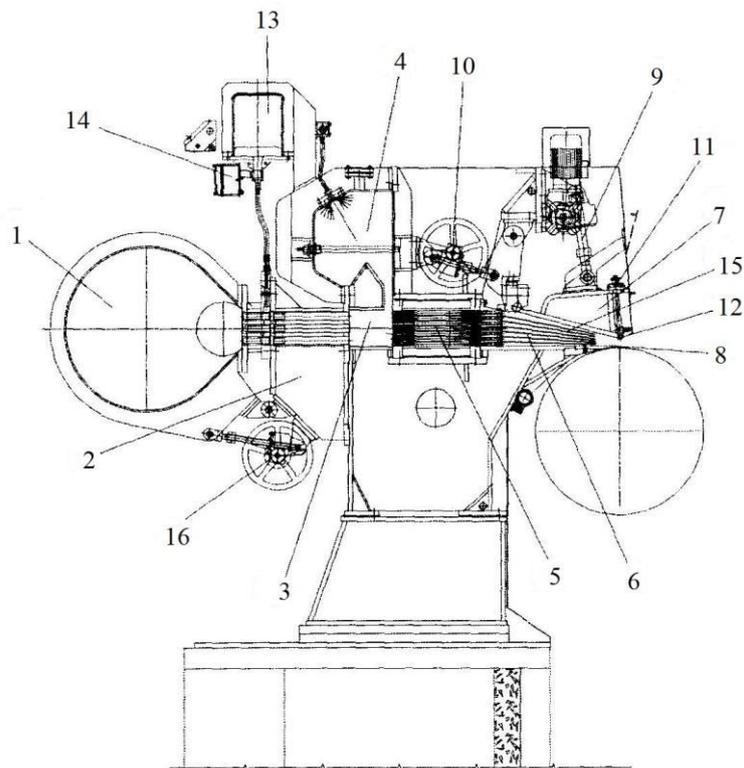


Рис. 3. Напорный ящик *SymFloAD*:

- 1 - входной коллектор; 2 - передняя часть коллектора;
- 3 - промежуточная камера; 4 - уравнивающая камера;
- 5 - генератор турбулентности; 6 - напускной канал;
- 7 - верхняя губа; 8 - губная планка; 9 - механизм перемещения верхней губы по вертикали; 10 - механизм регулирования нижней губы по горизонтали; 11 - механизм регулирования напускной губы; 12 - напускная губа; 13 - коллектор разбавляющей воды; 14 - устройства разбавления; 15 - пластины; 16 - механизм открытия входного коллектора

Анализ конструкций массонапускных систем показывает, что главным направлением в проектировании напускных систем является стремление уменьшить масштаб турбулентности потока, подаваемого в зону отлива и формирования бумаги. Сопоставление спектров турбулентности, генерируемых напорными ящиками различных типов, показывает, что у напорных ящиков с “узким” каналом наблюдается сдвиг спектра турбулентности в область высоких частот по сравнению с напорными ящиками, в конструкции которых

в качестве диспергаторов используются перфорированные валы (рис.5). Экспериментальными исследованиями установлено, что высокая интенсивность турбулентности в коротковолновой области способствует диспергированию бумажной массы и обеспечивает выработку бумаги с равномерным распределением массы  $1 \text{ м}^2$ . Влияние конструкции проточной части напорных ящиков на оптимизацию процесса формования становится все более очевидным с повышением скоростей и производительности бумагоделательных машин.

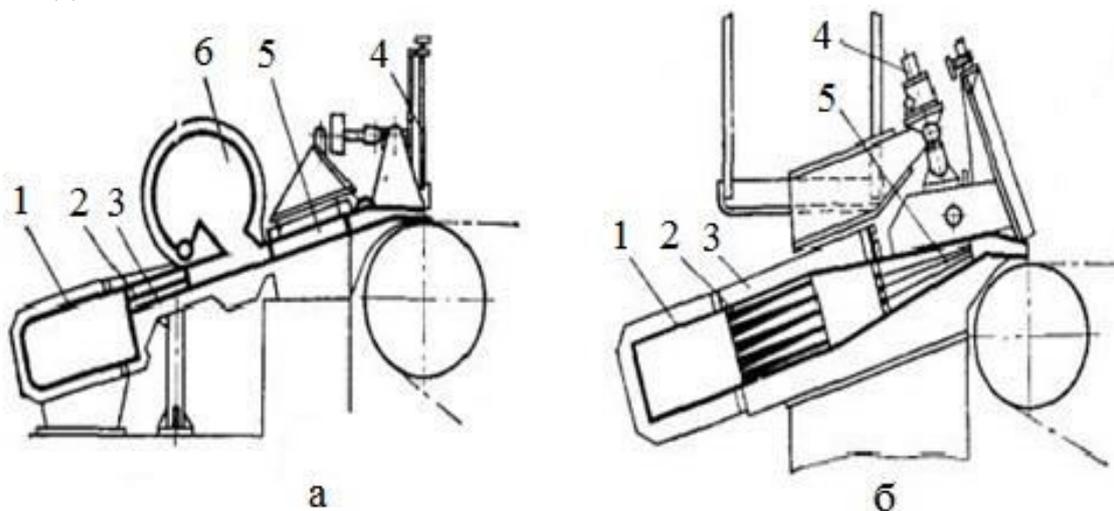


Рис. 4. Напорные ящики турбулентного типа:

а – фирмы «Валмет»; б – фирмы «Белойт»;

1 – коллектор-распределитель; 2 – распределительная система; 3 – корпус ящика; 4 – механизмы регулирования щели; 5 – турбулизирующие элементы; 6 – воздушная подушка.

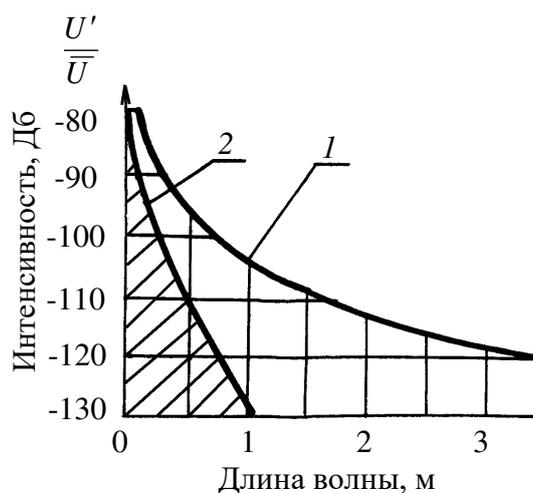


Рис.5. Сопоставление спектров турбулентности напорных ящиков различных конструкций: 1 – с перфорированными валами; 2 – турбулентного типа

Проектируемые конструкции должны обладать следующими преимуществами по сравнению с существующими напорными ящиками:

- обеспечивать регулирование гидродинамических характеристик потока, подаваемого в зону отлива и формования бумаги, что особенно важно в момент отработки оптимальных режимов отлива и при переходе на новые виды продукции;

- требовать меньших капитальных затрат и эксплуатационных расходов;
- иметь меньшие габариты.

Проточные части проектируемых напорных ящиков должны рассчитываться с учетом реологических особенностей используемых бумажных масс по всей трассе «потокораспределитель - напорный ящик».

Одним из основных направлений оптимизации конструкций напорных ящиков является дальнейшее совершенствование систем потокораспределения. Эффективная система начального распределения массы позволяет поддерживать минимальный объем массы в полости напорного ящика, устраняя необходимость применения дополнительных элементов выравнивания и диспергирования потока.

Выбор диапазона рабочих скоростей в проточных каналах турбулентных напорных ящиков представляет собой сложную задачу, поскольку формирование потока осуществляется без введения дополнительных элементов выравнивания и диспергирования потока, таких как, например, перфорированные валики. На рис.6 представлена проточная часть напорного ящика типа «Turboflo» и примерное распределение скоростей по длине проточной части.

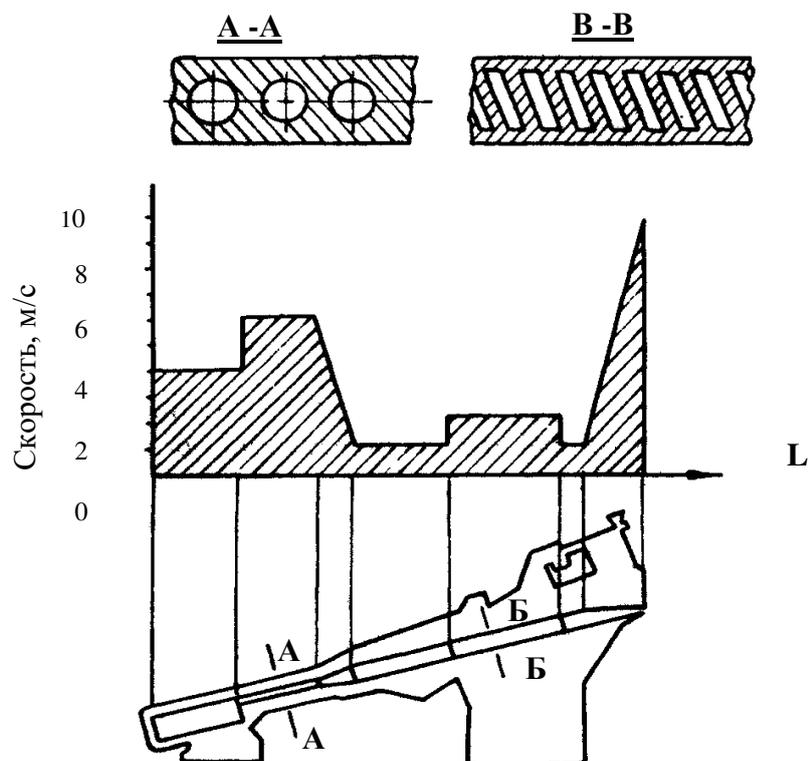


Рис.6. Распределение скоростей в напорном ящике типа «Turboflo»

Формирование структуры потока осуществляется введением специальных секций, имеющих различное живое сечение и конфигурацию, и тем самым позволяющих регулировать скорость, а, следовательно, степень диспергирования и дезориентации волокон в потоке непосредственно перед напускной щелью. Эффективность применения напорных ящиков этого типа в значительной мере определяется качеством работы распределительной системы.

Для всех видов напорных ящиков важная роль отводится напускной щели, образованной дном напорного ящика, переходящим в нижнюю губу, и передней стенкой, имеющей в нижней части верхнюю губу.

Высота открытия щели ( $h$ , мм) может быть с достаточной степенью точности определена по формуле:

$$h = \frac{q}{10 \cdot (C_0 - C_m)}, \quad (7)$$

где  $q$  – масса бумаги, г/м<sup>2</sup>;

$C_0$  - концентрация массы в напорном ящике, %;

$C_m$  - концентрация промоя, %.

Для обеспечения работы напорного ящика при разных концентрациях волокнистой суспензии и выработки продукции с различной массой 1 м<sup>2</sup> передняя стенка механизмом регулирования передвигается в двух направлениях. Кроме того, механизмы местного регулирования позволяют изменять в небольших пределах высоту открытия щели по ширине машины.

При выработке большинства видов бумаги рекомендуется регулировать щель таким образом, чтобы была получена пологая струя волокнистой суспензии, попадающая на сетку достаточно далеко от грудного вала, на первую планку грудной доски.

### 3. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ НА СЕТОЧНОМ СТОЛЕ. УСТРОЙСТВО СЕТОЧНОГО СТОЛА

*Сеточная часть* является основной частью бумагоделательной машины, где осуществляются технологические процессы, связанные с формованием и обезвоживанием бумажного полотна, определяющие производительность машины.

Обезвоживание массы происходит на отдельных участках по ходу движения сетки, таких как: *открытый участок, регистровые валики* (сплошные и желобчатые), *гидропланки, мокрые и сухие отсасывающие ящики*, как показано на рис.7.

Основным элементом сеточного стола является движущаяся бесконечная сетка, натянутая между грудным и гауч-валами. Верхняя (рабочая) ветвь сетки движется по формующему ящику, регистровым валикам, гидропланкам, мокрым отсасывающим ящикам, сухим отсасывающим ящикам, а нижняя (нерабочая) - по сетководящим, сеткоправильным и сетконатяжным устройствам, сеткоповоротному

валу.

### ***Грудной вал***

*Грудные валы*, устанавливаемые в начале сеточного стола, изготавливаются с трубчатым сечением. Наружные диаметры валов составляют от 400 до 1000 мм, толщина стенки от 6 до 8 мм; валы облицовываются твердой резиной.

При увеличении диаметра вала уменьшаются напряжения изгиба, возникающие при охвате вала сеткой. Обычно грудной вал приводится во вращение сеткой. В единичных случаях привод грудного вала осуществляется электродвигателем.

Для нормальных условий формования относительный прогиб грудного вала не должен превышать  $\frac{1}{5000} - \frac{1}{20000}$ .

Поверхность вала очищается от волокон шабером. Для уменьшения износа вала шабер совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси вала при помощи гидравлического или пневматического устройств.

При замене сетки в целях уменьшения расстояния между осями гауча и грудного вала этот вал опускается и подвешивается к балкам сеточного стола.

Для опускания грудного вала используются пневматический гидравлический двигатель или электродвигатель, соединенный с редуктором.

### ***Формующий ящик***

*Формующий ящик* устанавливается за грудным валом и предназначается для регулирования процесса формования и обезвоживания полотна. Обычно используют сплошные формующие ящики или ящики, состоящие из отдельных планок. Переднюю кромку покрытия ящика заостряют, чтобы приблизить ее к грудному валу. На скоростных машинах иногда устанавливают гидропланки с рабочим углом 0,5°. Благодаря гидропланкам создается разрежение, прижимающее сетку к формующему ящику и предотвращающее вибрацию сетки в зоне грудного вала.

*Планки формующего ящика* изготавливают из высокомолекулярного полиэтилена или оксидной керамики, корпус - из нержавеющей стали.

При работе машины между сеткой и формующим ящиком не должно быть зазора, в который может попадать вода, нарушая стабильность процесса формования. Во избежание захватывания воздуха ячейками сетки верхнюю губу напорного ящика устанавливают таким образом, чтобы небольшая часть потока, выходящего из напорного ящика, попадала на сетку между грудным валом и формующим ящиком, а основная часть потока - на переднюю (широкую) планку формующего ящика.

После формующего ящика на участке формования и обезвоживания устанавливаются *регистрающие валики, гидропланки, мокрые и сухие отсасывающие ящики*.

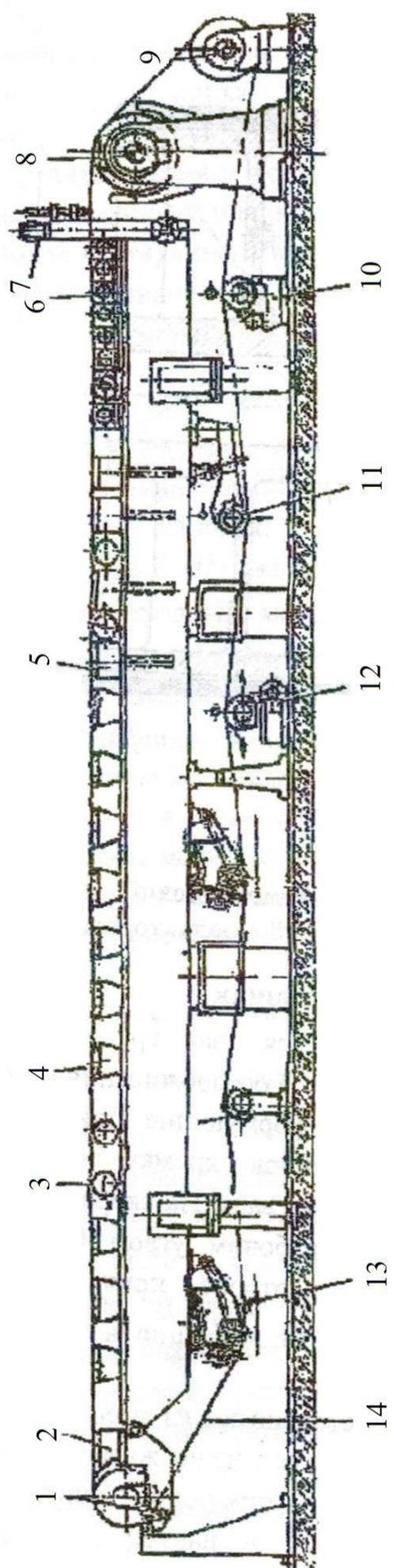


Рис. 7. Сеточная часть:

1-грудной вал; 2- формующий ящик; 3 – регистровый вал; 4 – ящик гидропланок;  
 5– мокрый отсасывающий ящик; 6 – сухой отсасывающий ящик; 7 – отсечка; 8 – гауч- вал;  
 9- сеткоповоротный вал; 10 – измерительное устройство автоматической сетконатяжки; 11 –  
 сетконатяжка для создания предварительного натяжения сетки; 12 – сеткоправка; 13 –  
 исполнительный механизм автоматической сетконатяжки; 14 – сетка

## *Регистровые валики*

На ранних конструкциях сеточных столов для поддержания сетки в горизонтальном положении устанавливаются регистровые валики, количество которых доходит до 30-35 штук.

На рис. 8 показан сеточный стол с регистровыми валиками.

На быстроходных машинах для устранения провисания сетки и заброса воды центробежной силой на соседний валик между отдельными регистровыми валиками ставятся небольшие опорные планки и дефлекторы.

Регистровые валики для небольших машин изготавливают из латунных и алюминиевых, а для больших машин - из стальных труб, которые покрывают слоем меди или резины. Диаметр регистровых валиков зависит от ширины машины и составляет от 80 до 400 мм.

Длина регистровых валиков обычно превышает ширину сетки на 130 - 150 мм. Регистровые валики должны обладать достаточной прочностью, чтобы прогиб от их собственного веса не превышал  $\frac{1}{5000}$ , и быть хорошо отбалансированы.

Плохо отбалансированный регистровый валик бьет, в результате чего бумажная масса на сетке подбрасывается, что недопустимо, поскольку при этом нарушается процесс формования бумажного листа. Регистровые валики опираются на подшипники, установленные в корпусах, расположенных на регистровых балках, имеющих приспособления для регулирования положения валика по высоте, а иногда и по горизонтали.

В процессе эксплуатации установлено, что регистровые валики не только поддерживают сетку, но и активно влияют на процесс формования и обезвоживания, особенно это проявляется при скоростях БДМ свыше 300 м/мин.

Исследования процесса формования бумажного полотна на регистровых валиках показали, что при входе сетки в зону их действия бумажная масса, находящаяся на ней, подвергается давлению, достигающему 200-240 мм рт.ст., под воздействием потока воды, продавливаемой валиком вверх. При сходе сетки с размещенной на ней бумажной массой с регистрового валика создается вакуум, достигающий в зоне между поверхностью валика и сеткой 500 мм рт.ст. (при скорости сетки 800 м/мин). Таким образом, на каждом регистровом валике волокнистый слой, размещенный на сетке, подвергается попеременному воздействию давления и разрежения, что отрицательно сказывается на процессе формования бумажного полотна.

Для устранения этих недостатков существует два направления:

- первое направление - конструкция сеточного стола остается без изменений, а вместо регистровых валиков устанавливаются гидропланки и мокрые отсасывающие ящики;
- второе направление - создание формующих устройств, отличающихся от традиционной сеточной части, где формование и обезвоживание

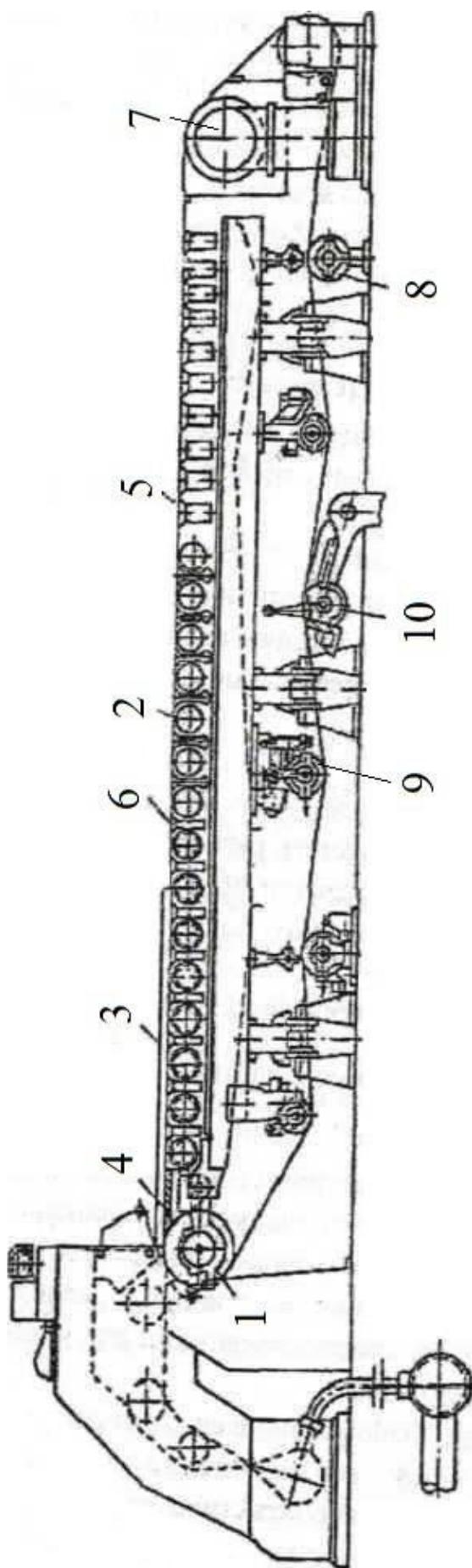


Рис. 8. Сеточный стол с регистровыми валиками:

- 1 – грудной вал; 2 – регистровые валики; 3 – ограничительные линейки; 4 – формующая доска;
- 5 – отсасывающие ящики; 6 – дефлекторы; 7 – отсасывающий гауч-вал; 8 – сетководущие валики;
- 9 – правильный валик; 10 – натяжной валик

протекает между двумя сетками, т. е. двухсеточных формирующих устройств.

В результате разработок первого направления для наиболее эффективного обезвоживания бумажной массы создан целый ряд гидропланок различных конфигураций и профилей.

### *Гидропланки*

Многочисленные конструкции гидропланок можно разделить на две группы:

- *одинарные гидропланки* (рис. 9 а), позволяющие регулировать положение рабочей (обезвоживающей) части планки по отношению к движущейся сетке;

- *пакетное расположение гидропланок* (рис.9 б) с одинаковыми конструктивными параметрами по обезвоживанию.

Применение названных конструкций гидропланок зависит от технологических параметров бумагоделательных машин, но эффективнее в эксплуатации пакетное расположение гидропланок. Стандартные гидропланки для бумагоделательных машин, работающих на скоростях до 500-550 м/мин, изготавливаются из высокомолекулярного полиэтилена низкого давления. При скоростях машин свыше 550-600 м/мин целесообразно применять керамические гидропланки, хотя они и значительно дороже.

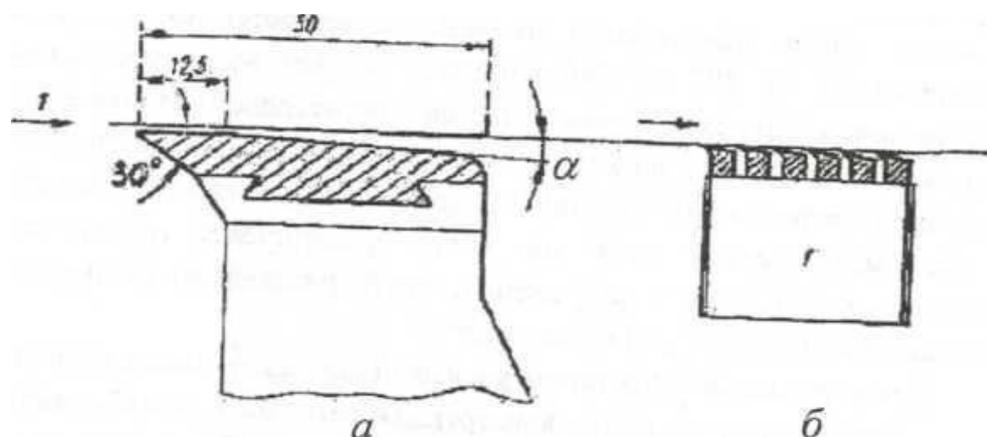


Рис.9. Схемы расположения гидропланок:  
а – одинарное; б – пакетное расположение

Процесс обезвоживания бумажного полотна с применением гидропланок делится на две стадии:

*первая стадия* - это удаление воды непосредственно из бумажной массы за счет разрежения, создаваемого на наклонной поверхности гидропланки;

*вторая стадия* - это удаление воды с нижней поверхности сетки передней направляющей гранью гидропланки.

При обезвоживании бумажной массы на гидропланках перепад давления на них примерно в 2-3 раза ниже, чем на регистровых валиках, и его численное значение можно регулировать изменением угла  $\alpha$  или длины наклонной поверхности гидропланки. Уменьшением угла и удлинением наклонной поверхности гидропланки можно уменьшить перепад давлений, не изменяя в целом площади обезвоживания, т. е., сохраняя общую обезвоживающую способность гидропланки. При этом процесс формования проходит более плавно, возрастает удерживание мелкого волокна, наполнителя и красителя в бумажном полотне, а его структура по толщине более однородна с минимальной разницей свойств между сторонами листа. В соответствии с технологическим режимом формования и обезвоживания бумажного полотна подбираются технические параметры гидропланок. Угол наклонной поверхности гидропланки может изменяться в зависимости от ее длины, концентрации бумажной массы и скорости машины, в пределах от 0,5 до 5 °.

*Мокрые отсасывающие ящики (МОЯ)* отличаются от регистровых валиков и гидропланок тем, что скорость обезвоживания и величина вакуума в них не зависят от скорости сетки. Это позволяет создавать оптимальные условия для проведения процесса формования и обезвоживания с целью получения бумажного полотна с требуемыми свойствами.

Мокрые отсасывающие ящики с успехом используются практически при любых скоростях бумагоделательных машин, особенно при низких, с целью удержания мелкого волокна, наполнителя и красителя. При работе на высоких скоростях мокрые отсасывающие ящики целесообразно устанавливать в зоне активного формования бумажного полотна, где важно поддерживать вакуум без значительных перепадов, чтобы обеспечить образование равномерной структуры бумаги по толщине листа. При скоростях бумагоделательных машин 300 - 400 м/мин поверхности планок мокрых отсасывающих ящиков покрываются полиэтиленом высокой плотности. При скоростях свыше 500 м/мин и при выработке бумаги с высокой зольностью в качестве материала гидропланок используется керамика, обеспечивающая стабильность технических параметров гидропланок, что чрезвычайно важно при работе на скоростях в диапазоне от 700 - 900 м/мин и выше.

Для удаления воды используются обычные гидрозатворы,

располагаемые по всей длине отсасывающего ящика, или отдельные трубы, нижние концы которых опущены в желоб (рис.10). Мокрый отсасывающий ящик, показанный на рис.11, представляет собой сварной нержавеющий корпус, в верхней части которого установлена плита из высокомолекулярного полиэтилена. Плита изготавливается с узкими щелями шириной 15-20 мм, направленными поперек машины. Живое сечение плиты составляет около 50 %.

Мокрые отсасывающие ящики выпускаются шириной: 240; 420 и 700 мм.

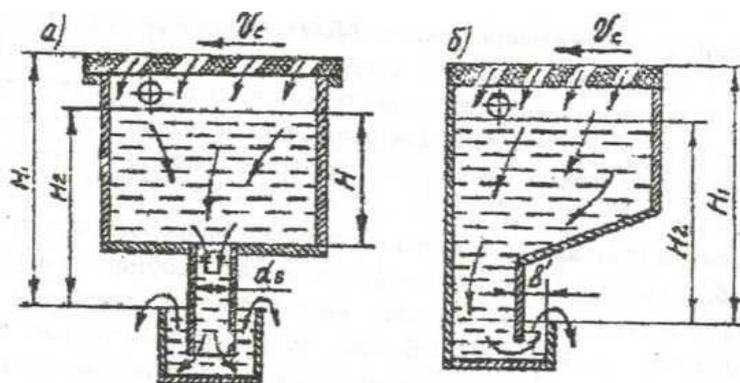


Рис.10. Схема движения воды в мокрых отсасывающих ящиках

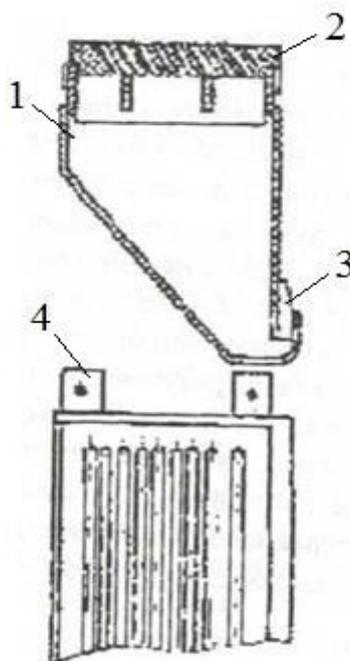


Рис. 11. Схема мокрого отсасывающего ящика:

1 – корпус; 2 – покрытие; 3 – гидрозатвор; 4 – устройство для крепления

*Сухие отсасывающие ящики (СОЯ) устанавливаются в конце сеточной*

части, и обезвоживание на них происходит под действием вакуума, создаваемого вакуумными насосами (рис.12).

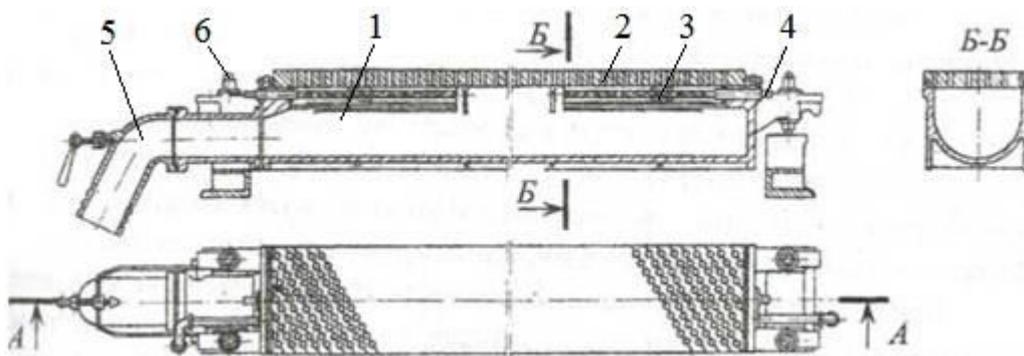


Рис.12. Отсасывающий ящик:

1 – отсасывающий ящик; 2 – верхняя крышка;  
3 – шибер для регулирования ширины отсоса; 4 – винт перемещения шибера; 5 – патрубок для отведения воды и воздуха; 6 – болты для регулировки положения ящика по высоте.

Сухость полотна бумаги после отсасывающих ящиков составляет от 6 до 14 %. Сетка скользит по крышкам отсасывающих ящиков, имеющих продолговатые или круглые отверстия. Живое сечение отверстий составляет 35-60 %.

В некоторых конструкциях крышки состоят из отдельных планок шириной 20-30 мм, установленных с просветом между ними 30-35 мм. Живое сечение крышки в этом случае составляет 40-60 %. Однако, при такой конструкции крышки износ сетки повышается, так как в результате втягивания в просветы между планками сетка изнашивается сильнее, чем на перфорированных крышках.

Ширина зоны отсоса на ящиках в зависимости от ширины бумаги на сетке регулируется форматными шиберами.

На современных машинах корпуса отсасывающих ящиков выполняются сварными из нержавеющей стали.

На высокоскоростных машинах, где удаляется значительное количество воды, глубину ящиков следует увеличивать для того, чтобы между уровнем воды в ящике и сеткой всегда было воздушное пространство.

Положение ящика по высоте регулируется, обеспечивая контакт с сеткой поверхностей крышек всех ящиков. В зависимости от вида бумаги и скорости машины устанавливаются от 3 до 12 отсасывающих ящиков шириной 200-500 мм.

При одной и той же общей ширине предпочтительно устанавливать большее число узких ящиков (шириной 200-300 мм), чем меньшее число широких, так как это обеспечивает более медленное и

плавное нарастание вакуума по ходу машины. Ящики необходимо устанавливать вплотную друг к другу. При таком расположении сокращается площадь, занимаемая отсасывающими ящиками по длине сеточной части, и повышается сухость полотна ввиду уменьшения количества воды, впитывающейся из ячеек сетки в полотно бумаги на участках между ящиками, где не происходит обезвоживания.

При увеличении вакуума интенсивность обезвоживания повышается, однако не следует поддерживать вакуум выше необходимого для нормальной работы, так как при этом ухудшается качество бумаги, увеличивается провал мелкого волокна сквозь сетку, усиливается маркировка бумаги, приводящая к большей разносторонности бумажного полотна, а также возрастают износ сетки и потребляемая сеточной частью мощность.

Для уменьшения износа сетки к материалу покрытия отсасывающих ящиков предъявляются следующие требования:

- минимальный коэффициент трения с сеткой;
- высокая износоустойчивость.

Для обеспечения этих требований в качестве материала покрытий крышек используются: фторопласт-4, высокоглиноземистая керамика, содержащая до 90-95%  $Al_2O_3$ , а также карбид кремния. Эти материалы отличаются низким коэффициентом трения с материалом сетки ( $f = 0,03 - 0,035$ ).

На современных машинах синтетические сетки применяются совместно с крышками отсасывающих ящиков, изготовленными из высокомолекулярного полиэтилена.

Практика эксплуатации бумагоделательных машин показывает, что срок службы синтетических сеток при выработке газетной бумаги доходит до 120 суток.

На современных машинах применяется схема одновременного отвода воды и воздуха из *отсасывающих* ящиков, представленная на рис.13.

Для отделения воды от воздуха каждый ящик имеет водоотделитель, вследствие чего снижается мощность, потребляемая вакуумным насосом. Водоотделитель представляет собой трубу диаметром 100 – 150 мм и длиной 1200 – 1500 мм.

Смесь воздуха и воды поступает в среднюю часть водоотделителя.

Верхняя часть водоотделителя соединена с вакуумным насосом через регулятор вакуума. Вода, отделившаяся под действием силы тяжести, стекает в нижнюю часть водоотделителя, а оттуда по барометрической трубе в сборник оборотной воды отсасывающих ящиков.

### ***Отсасывающий гауч – вал***

После отсасывающих ящиков бумажное полотно обезвоживается на отсасывающем *гауч-вале* до сухости 17 – 22 %.

*Гауч-вал* состоит из нижнего отсасывающего вала и верхнего легкого прижимного валика, уплотняющего бумажное полотно. Отсасывающий

камерный вал состоит из вращающегося перфорированного цилиндра, внутри которого находится неподвижная отсасывающая камера шириной от 180 до 230 мм.

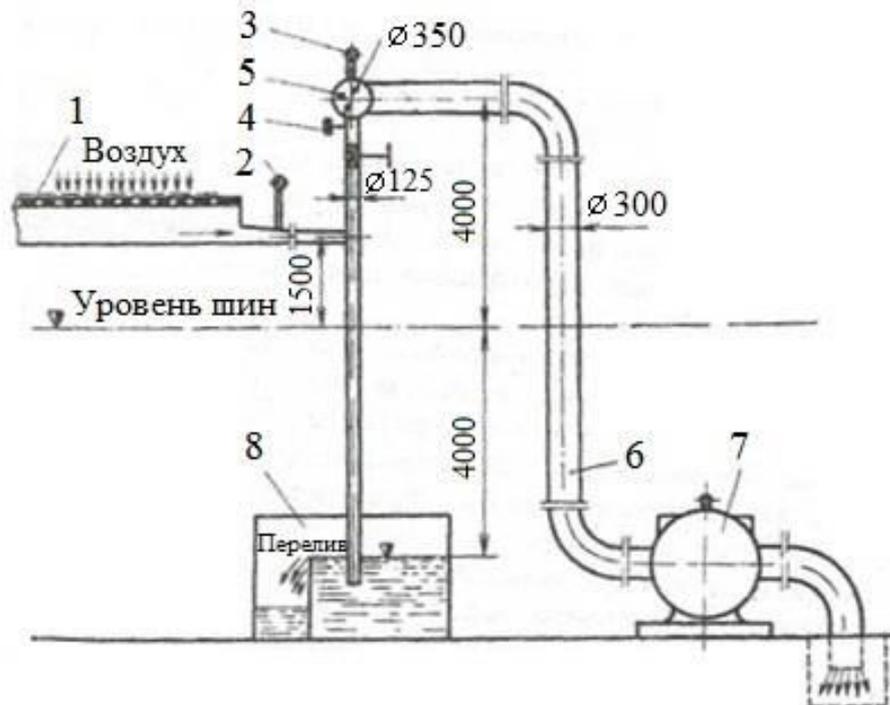


Рис.13. Схема отвод воды и воздуха из отсасывающих ящиков:

- 1 – отсасывающий ящик; 2 и 3 – вакуумметры;
- 4 – регулятор вакуума; 5 – воздушный коллектор;
- 6 – трубопровод к вакуумному насосу; 7 – вакуумный насос; 8 – сборник воды из отсасывающих ящиков

Под действием вакуума в камере и давления вышележащего вала удаленная из бумажного полотна вода частично попадает в отсасывающую камеру, а основная часть воды остается в отверстиях отсасывающего вала, откуда после прохождения зоны вакуума выбрасывается под действием воздуха, входящего с большой скоростью в эти отверстия.

При увеличении скорости машины доля воды, попадающей в отсасывающую камеру, уменьшается, так как возрастает действие центробежной силы, препятствующей продвижению воды в камеру.

Основными узлами камерного отсасывающего вала (рис.14) являются перфорированный цилиндр, отсасывающая камера, крышки и подшипники.

К цилиндру с лицевой стороны болтами крепится крышка с цапфой, через которую проходит отводящий патрубок отсасывающей камеры. С приводной стороны цилиндра прикреплен крышка с удлиненной приводной цапфой, соединенная муфтой с редуктором привода. Подшипники качения или скольжения устанавливаются на цапфах. Отводящий патрубок отсасывающей камеры с лицевой стороны закреплен на станине. Хвостовик камеры с приводной стороны опирается на подшипник качения, корпус которого расположен внутри приводной цапфы. При замене сетки вал с лицевой стороны необходимо приподнять, чтобы снять подставку на лицевой стороне. Для подъема вала предусмотрен нажимной механизм (винтовой или

гидравлический), расположенный на конце приводной цапфы. В поднятом положении вал располагается консольно и опирается на подшипник, расположенный с приводной стороны машины.

При выборе диаметра цилиндра исходят из конструктивных соображений. В первую очередь необходимо учитывать ширину отсасывающей камеры и жесткость вала. При однокамерных валах (с отсасывающей камерой шириной до 230 мм) для машин шириной 2520 мм и 4200 мм диаметры цилиндров соответственно равны 600 и 800 мм. При двухкамерных валах диаметр цилиндра составляет 800 мм для машин шириной 2520 мм и 1000 мм - для машин шириной 4200 мм. При трехкамерных валах для машин шириной 5880 мм диаметр вала - 1200 мм, а для машин шириной 8500 мм - 1500 мм.

Цилиндры отливаются из бронзы центробежным литьём. Толщина стенки такого цилиндра определяется необходимой жесткостью и прочностью и составляет 25 - 30 мм для машин шириной 2520 мм и 35 - 60 мм - для машин шириной до 8400 мм.

Литые или сварные цилиндры изготавливаются также из нержавеющей стали. Это не только приводит к экономии цветного металла, но и позволяет уменьшить толщину стенки цилиндра. В связи с этим в отверстиях вала находится меньшее количество воды, которая затем выбрасывается из отверстий воздухом, входящим с большой скоростью в отверстия, и частично может попасть на бумажное полотно. Стальные валы целесообразно использовать в прессовой части, где валы более нагружены по сравнению с сеточной частью. Кроме того, в прессовой части отсасывающие валы покрываются резиной, которая плохо контактирует с бронзой и хорошо — со сталью.

На поверхности цилиндра в определенном порядке расположены сквозные отверстия диаметром 7-8 мм. Для увеличения площади отсоса и уменьшения маркировки бумажного полотна отверстия зенкуют на глубину 5 мм (диаметр зенковки 13-14 мм).

Ширина отсасывающей камеры зависит от массы  $1\text{ м}^2$  бумажного полотна и скорости машины. Чем эти показатели выше, тем шире отсасывающая камера. Ширина камеры при одной зоне отсоса доходит до 230 мм, а при двух зонах - до 400 мм. В некоторых конструкциях отсасывающих камер ширину зоны отсоса можно регулировать в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и скорости машины.

От ширины зоны отсоса зависит мощность, потребляемая вакуумными насосами. Отсасывающие камеры устанавливаются под углом к вертикали так, чтобы зона отсоса была полностью охвачена бумажным полотном. Оптимальное расположение камеры определяется в процессе эксплуатации машины. Для этого предусмотрена возможность поворота камеры с лицевой стороны вручную при помощи

червячной передачи. Перед выкатыванием из вала для замены уплотнений или для чистки камера устанавливается вертикально.

При выкатывании камера опирается с приводной стороны на ролики. Отсасывающие камеры изготавливаются из чугуна или стали. Между внутренней поверхностью цилиндра и отсасывающей камерой устанавливаются уплотнения, продольные вдоль оси вала и поперечные по ширине камеры. Предусмотрена возможность перемещения поперечных уплотнений вдоль оси вала в зависимости от ширины вырабатываемой бумаги. Для уменьшения износа цилиндра и уплотнений устанавливается спрыск, подающий воду между уплотнением и цилиндром.

### ***Сетконатяжные устройства***

Помимо формования бумажного полотна и фильтрации водных растворов сетка выполняет чисто механические функции — она приводит во вращение все валы и валики сеточного стола, преодолевает силы трения, возникающие между нею и неподвижными обезвоживающими элементами. Таким образом, сетка выполняет роль приводного ремня и транспортерной ленты. Чтобы сетка могла выполнять роль приводного ремня, необходимо обеспечить в ее ветвях предварительное натяжение. Это производится при помощи *сетконатяжки*, которая устанавливается на нижней нерабочей ветви сетки.

На современных машинах устанавливают, как минимум, два механизма натяжения сетки.

Один обеспечивает перемещение натяжного валика для компенсации отклонения длины сетки от ее номинального значения и для создания предварительного натяжения сетки после ее установки.

Второй механизм — это *автоматическое* натяжное устройство, которое поддерживает натяжение сетки во время работы.

В *винтовом* механизме натяжения сетководущий валик перемещается маховиком при помощи винтовой передачи.

В *грузовых* механизмах натяжной валик установлен на рычаге и натяжение сетки регулируется изменением величины груза или его расстояния до опоры рычага. Если рычаг удлинить вправо от опоры и на этом конце рычага установить грузы, можно вывесить вытяжной валик и создать давление на сетку меньше собственного веса валика.

По сравнению с винтовым механизмом натяжения грузовой (балансирный) обеспечивает постоянное натяжение сетки, если при удлинении угол охвата ею валика меняется в сравнительно небольших пределах.

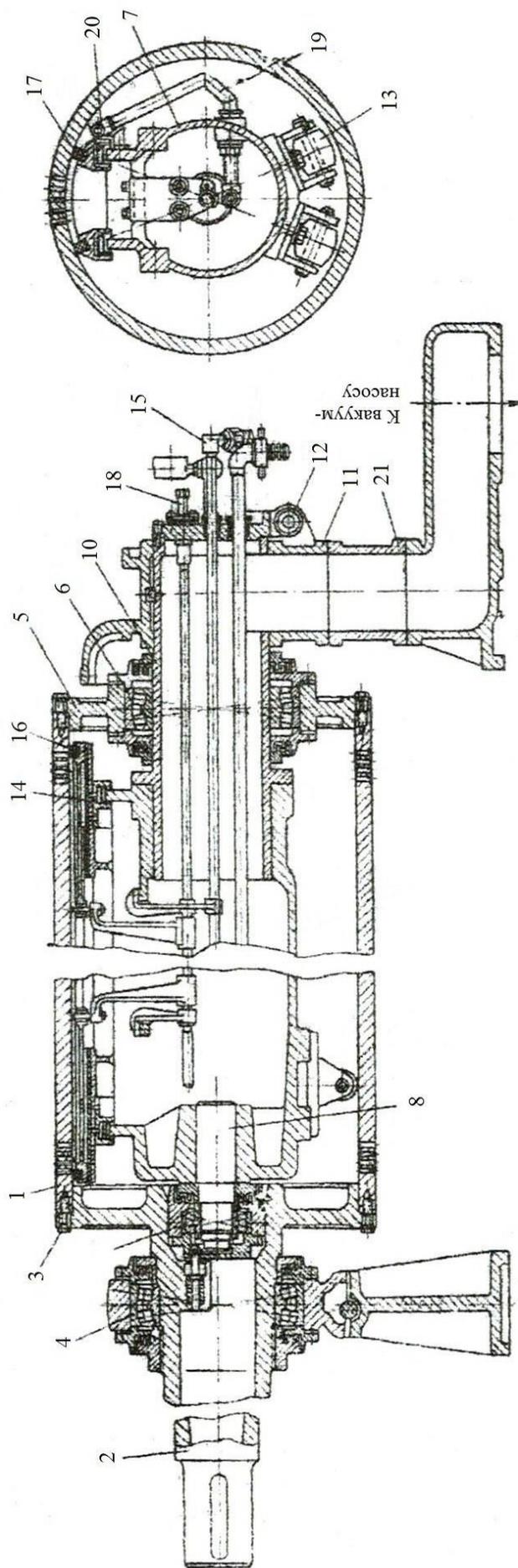


Рис. 14. Отсасывающий вал консольного типа:

1 – цилиндр; 2 – удлиненная приводная цапфа; 3 – болты для крепления цапф; 4 – подшипник качения цилиндра с приводной стороны; 5 – лицевая крышка; 6 – подшипник качения цилиндра с лицевой стороны; 7 – отсасывающая камера; 8 – хвостовик отсасывающей камеры с приводной стороны; 9 – подшипник отсасывающей камеры с приводной стороны; 10 – подшипник отсасывающей камеры с приводной стороны; 11 – лицевая сторона отсасывающего вала; 12 – механизм для поворота камеры; 13 – ролики для выкатывания камеры; 14 – шланг пневматического прижима уплотнений; 15 – труба для подачи воздуха в шланг; 16 – поперечные уплотнения камеры; 17 – продольные уплотнения камеры; 18 – винт для перемещения поперечных уплотнений; 19 – труба для подачи воды в спрыск; 20 – спрыск; 21 – подставка, вынимаемая при смене сетки

Автоматическое натяжное устройство состоит из импульсного и исполнительного устройств. Постоянное натяжение сетки во время работы контролируется датчиком, установленным на импульсном устройстве и приводящим в действие исполнительный механизм. Чувствительным элементом импульсного устройства служит сетководущий вал (силоизмерительный вал), закрепленный с одной стороны, а с другой стороны опирающийся на магнитоупругий датчик.

Исполнительный механизм представляет собой сетководущий вал, установленный на рычагах, которые с одной стороны крепятся с помощью шарнира к продольным балкам сеточного стола, а с другой - к устройству для их перемещения. Для поворота рычагов применяется винтовой механизм, состоящий из пневмодвигателя, двух червячных редукторов, соединенных между собой промежуточным валом, и пневмопровода. Поднимать и опускать сетконатяжной вал можно вручную, для чего с лицевой стороны предусмотрен маховик.

### *Сеткоправильные устройства*

В связи с возможной непараллельностью валов сеточной части, а также вследствие колебаний величины вакуума в отсасывающих ящиках по ширине машины, неравномерного удлинения сетки, колебаний концентрации массы по ширине машины, движущаяся сетка БКДМ может смещаться относительно оси машины на лицевую или на приводную стороны машины.

Для удержания сетки симметрично относительно оси машины - на нерабочей ветви сетки устанавливается механизм правки, имеющий сетководущий валик, называемый обычно сеткоправильным. Подшипник сеткоправильного валика на приводной стороне закрепляется шарнирно, а с лицевой стороны может перемещаться влево или вправо от среднего положения на 100-150 мм. Это дает возможность устанавливать правильный валик не параллельно остальным валам. В ручных механизмах правки валик перемещают маховичком посредством винтовой передачи. Схема действия механизма правки показана на рис. 15. Если сетка по ходу своего движения смещается от оси машины на величину  $a$ , то правильный валик, первоначально расположенный параллельно остальным валам сеточной части, необходимо сместить на угол  $\gamma$ .

Как правило, для правки сетки устанавливаются автоматический и ручной механизмы, которые иногда совмещаются в одном устройстве или устанавливаются на разных сторонах одного правительного вала.

В сеточной части в качестве исполнительного механизма автоматического устройства правки чаще всего используются пневмобаллоны, иногда - мембранные устройства.

Для эффективной работы угол охвата сеткоправильного вала сеткой должен быть не менее  $20^\circ$ .

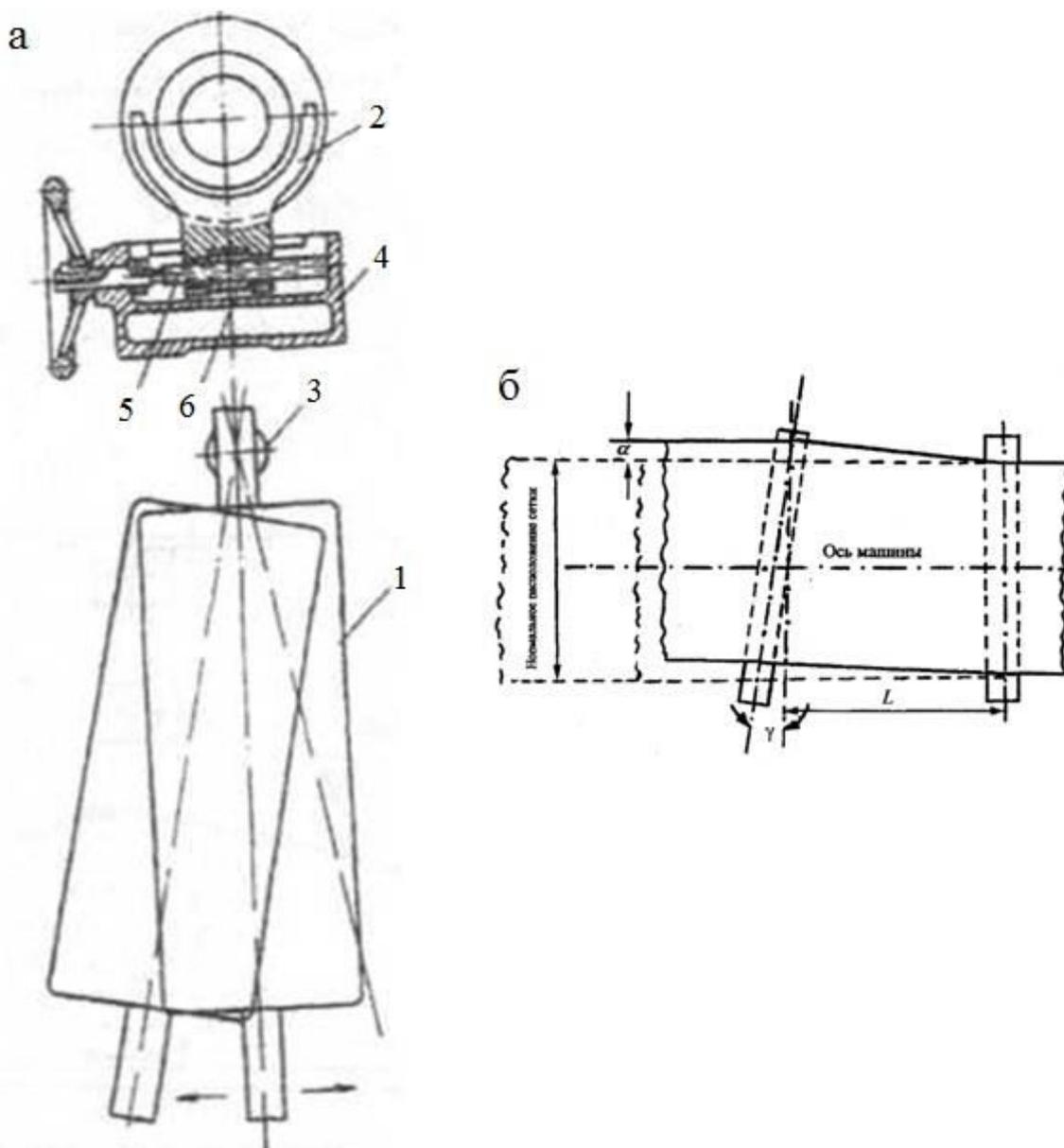


Рис. 15. Схема механизма правки:  
 а - механизм правки; б – схема действия механизма правки;  
 1 – сеткоправильный валик; 2 и 3 – подшипники с лицевой и  
 приводной сторон; 4 – корпус механизма правки сетки; 5 – винт;  
 6 – маховик

Датчик автоматической правки следует устанавливать по возможности ближе к устройству правки, чтобы система была более чувствительной. Работа правки тем эффективнее, чем больше натяжение сетки.

Различаются два основных типа автоматических сеткоправок – с контактным и бесконтактным импульсными устройствами. При контактном устройстве датчик, обычно в виде лопатки, все время соприкасается с кромкой сетки. При бесконтактном устройстве датчик соприкасается с сеткой тогда, когда она смещается от среднего

положения. При этом кромки сетки при трении ее о датчик практически не изнашиваются.

На современных машинах применяются пневматические сеткоправки (рис 16).

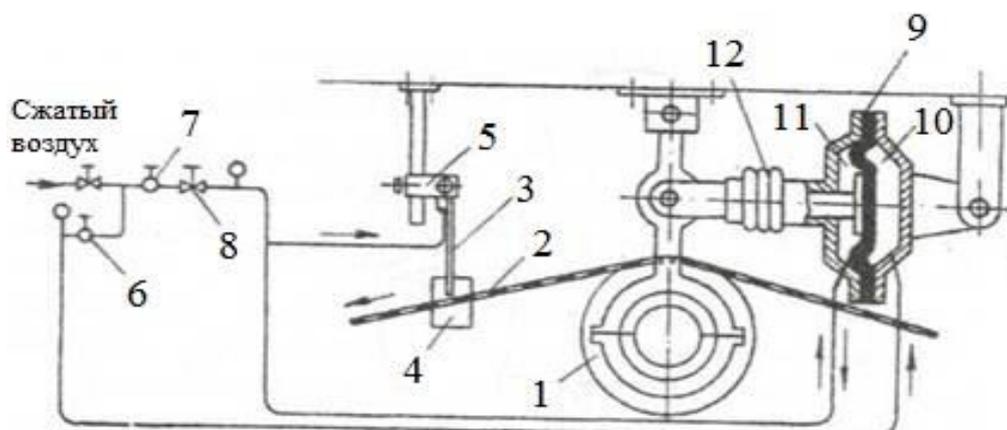


Рис.16. Схема пневматической сеткоправки:

- 1 - сеткоправильный вал; 2 - сетка; 3 - импульсное устройство;
- 4-лопатка; 5- управляющий клапан; 6 и 7 - редукционные клапаны соответственно для постоянного и переменного давления воздуха; 8 - игольчатый клапан; 9 - мембрана;
- 10 и 11 - полости постоянного и переменного давления воздуха;
- 12 - исполнительный механизм

Сеткоправка состоит из импульсного и исполнительного механизмов. Импульсный механизм представляет собой лопатку, расположенную с лицевой стороны машины и воздействующую на управляющий клапан, а исполнительный механизм - пневматическую мембрану двустороннего действия, перемещающую сеткоправильный валик, подвешенный с лицевой стороны на рычаге. К первой полости мембраны через редукционный клапан и клапан подводится воздух с постоянным давлением, которое меньше максимального давления в основной магистрали. Ко второй полости воздух подводится через управляющий клапан, связанный с лопаткой. В зависимости от перемещения лопатки изменяется степень открытия клапана. При этом во второй полости устанавливается давление, меньшее или большее, чем в первой полости, и мембрана прогибается в ту или другую сторону, перемещая правильный валик.

#### 4. ДВУХСЕТОЧНЫЕ ФОРМУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ, УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Плоскосеточные бумагоделательные машины приближаются к пределу своих возможностей как по производительности, так и по однородности структуры и качеству выпускаемой продукции.

Поэтому ведутся интенсивные поиски новых методов формования. При этом к качеству изготавливаемой продукции предъявляются следующие требования:

- равномерное распределение волокна по площади;
- симметричность структуры по толщине;
- управляемая ориентация волокон;
- гладкая поверхность полотна.

Формующая установка должна иметь следующие преимущества по сравнению с плоскосеточной бумагоделательной машиной:

- ✓ занимать меньше места;
- ✓ иметь более высокую производительность;
- ✓ позволять удобно и точно регулировать параметры технологического процесса и показатели качества продукции;
- ✓ требовать меньших капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

С учетом этих требований в последние годы предложен ряд конструкций бумагоделательных машин, в которых используются новые методы формования бумажного полотна.

*Двухсеточное формование* является одним из основных методов дальнейшего совершенствования отлива и формования таких видов бумаги, как бумага для печати и санитарно-бытовая.

Применение сеточных частей с двухсеточным формованием позволяет существенно повысить рабочие скорости машин и, следовательно, улучшить технико-экономические показатели их работы:

- повысить производительность;
- снизить себестоимость бумаги;
- уменьшить удельный расход волокнистых полуфабрикатов;
- улучшить печатные свойства и профиль массы квадратного метра.

Кроме того, сокращаются габариты формующего устройства и потребляемая им мощность из-за частичного или полного отказа от узлов с трением скольжения (формующих и отсасывающих ящиков, дефлекторов, гидропланок); имеется возможность применения самых современных средств автоматизации, электронно-вычислительных машин, средств контроля, регулирования и оптимизации качества вырабатываемой продукции, что, в конечном счете, повышает надежность технологического процесса.

Первыми из конструкций, связанных с отливом и формованием между двумя сетками, являются конструкции типа «Инверформ».

Формующее устройство «Инверформ» (рис. 17) состоит из нижней и нескольких верхних сеток.

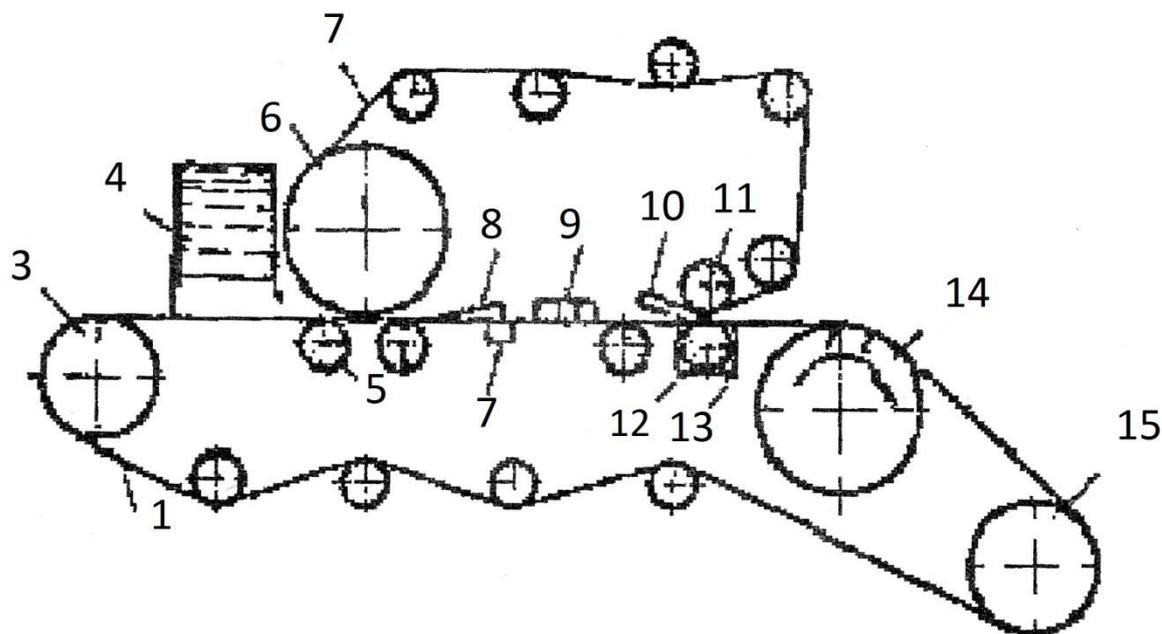


Рис. 17. Формующее устройство «Инверформ» с одной верхней и нижней сетками:

- 1, 2 – нижняя и верхняя сетки; 3 – грудной вал;
- 4 – напорный ящик; 5 – регистровый валик;
- 6 – формующий цилиндр; 7 – отсасывающий ящик;
- 8 – шабер верхней сетки; 9 – перевернутые отсасывающие ящики; 10 – отсасывающий шабер;
- 11 и 12 – верхний и нижний валы предварительного пресса; 13 – отсасывающий ящик; 14 – отсасывающий гауч; 15 – сеткоповоротный вал

*Нижняя сеточная часть* состоит из грудного вала, нескольких регистровых валиков (большого диаметра, но меньшего количества, чем на обычных машинах), нескольких отсасывающих ящиков обычной конструкции и одного «вращающегося» отсасывающего ящика (внутри него расположен вал, являющийся нижним валом предварительного пресса), гауча, а за ним - сетководящего валика.

*Верхняя сеточная часть* состоит из формующего перфорированного вала, обтянутого сеткой, шаберного устройства, «перевернутых» отсасывающих ящиков и предварительного пресса. При этом нижний вал предварительного пресса расположен в отсасывающем ящике, а верхний вал

снабжен отсасывающим шабером.

Основным, приводным элементом на нижней сетке является сеткоповоротный вал. Гауч, грудной вал и сетководущий валик, снабженный шабером, имеют вспомогательные двигатели.

На верхней сетке приводными являются либо формирующий вал, либо верхний вал предварительного пресса.

Масса из напорного ящика подается в захват между нижней и верхней сетками, при этом обеспечивается создание давления на поток жидкости.

Зазор между сетками регулируется путем вертикального перемещения формирующего вала верхней сетки при помощи гидравлического устройства. Некоторая часть воды проходит вниз через отложившийся слой волокна на нижней сетке, а основная часть проходит через верхнюю сетку. С внутренней поверхности сетки вода удаляется при помощи шабера, снабженного ножом из пластичного материала и лотком для отвода воды. Дальнейшее обезвоживание производится на обычных и «перевернутых» отсасывающих ящиках. За отсасывающими ящиками установлен предварительный пресс, и отжатая вода через верхнюю сетку удаляется при помощи отсасывающего шабера.

Установка «Инверформ» с длиной участка формования и обезвоживания 1200 мм достигла скорости 1050 м/мин при выработке газетной бумаги.

Дальнейшее увеличение скорости ухудшало качество бумаги, так как скорость фильтрации превышала предельно допустимое значение для нижней сетки, через которую удаляется около 80 % воды. Для достижения равномерного удаления воды через обе сетки было предложено их вертикальное расположение.

Одной из разновидностей системы «Инверформ» является формирующее устройство «Твинверформ», схема которого представлена на рис. 18.

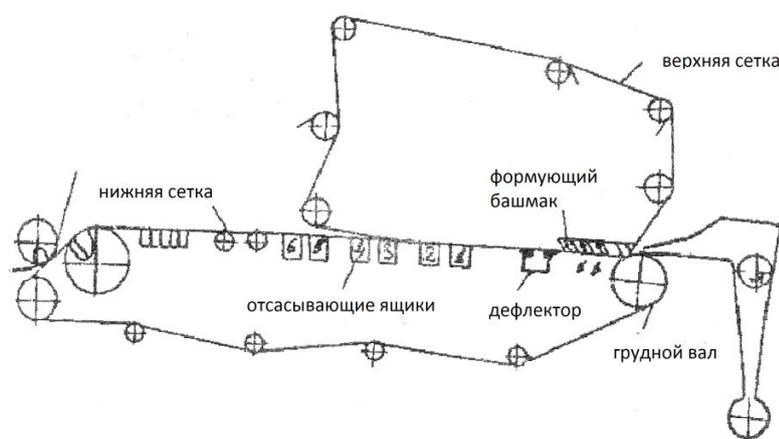


Рис. 18. Схема формирующего устройства «Твинверформ»

В отличие от схемы «Инверформ» устройство «Твинверформ» имеет только одну верхнюю сетку с формующим башмаком. Сопло напорного ящика имеет удлиненный канал (почти 2000 мм) и обеспечивает однородную структуру потока бумажной массы. Напорный ящик подаёт бумажную массу в зону между нижней сеткой и верхним обезвоживающим формующим башмаком, чем обеспечивается двухстороннее обезвоживание.

Интенсивность обезвоживания регулируется за счет давления формующего башмака на сетку, которая в зоне напуска массы не имеет опорных элементов.

В конструкции формующего устройства «Вертиформ I», представленной на рис. 19, обезвоживание происходит с обеих сторон бумажного полотна на двух вертикально перемещающихся сетках, и поэтому на обе стороны полотна осаждаются одинаковые фракции волокон.

При этом вначале осаждаются короткие и тонкие волокна, вследствие чего формируется поверхность, наиболее пригодная для печати, а в середине листа оказываются крупные волокна, что увеличивает прочность бумажного полотна.

Из напорного ящика масса подаётся в зазор между двумя грудными валами, охватываемыми двумя сетками. Затем масса проходит между двумя вертикальными сетками и обезвоживается при помощи отсасывающих ящиков, расположенных симметрично с двух сторон.

Исключение составляет лишь последний отсасывающий ящик, установленный на сетке перед отсасывающим валом. Отсасывающий вал передает полотно на сукно первого пресса. В связи с этим бумажное полотно оказывается только на одной сетке, смежной с прессовой частью. На второй сетке на расстоянии 500 мм ниже оси отсасывающего вала установлен обычный вал.

Первое промышленное устройство такого типа введено в действие в 1968 году в Канаде при модернизации машины, вырабатывающей газетную бумагу. Скорость машины после модернизации 625 м/мин, ширина сетки 7 м.

На установках «Вертиформ» в последующем достигнута скорость 1500 м/мин.

Другой разновидностью установок с вертикальными сетками являются устройства типа «Бел-Бэй-формер».

Сеточная часть «Бел-Бэй-формер» впервые была испытана специалистами фирмы «Белойт» в 1969 году на газетной бумагоделательной машине.

Скорость при испытании составляла 910 м/мин. Конструкция устройства, представленного на рис. 20, составляет 50 % от площади сеточного стола и применяется для выработки всех видов бумаги.

Отличительной особенностью машины является подача бумажной массы из напорного ящика «Конверфлоу» вертикально снизу вверх в зазор между двумя сетками.

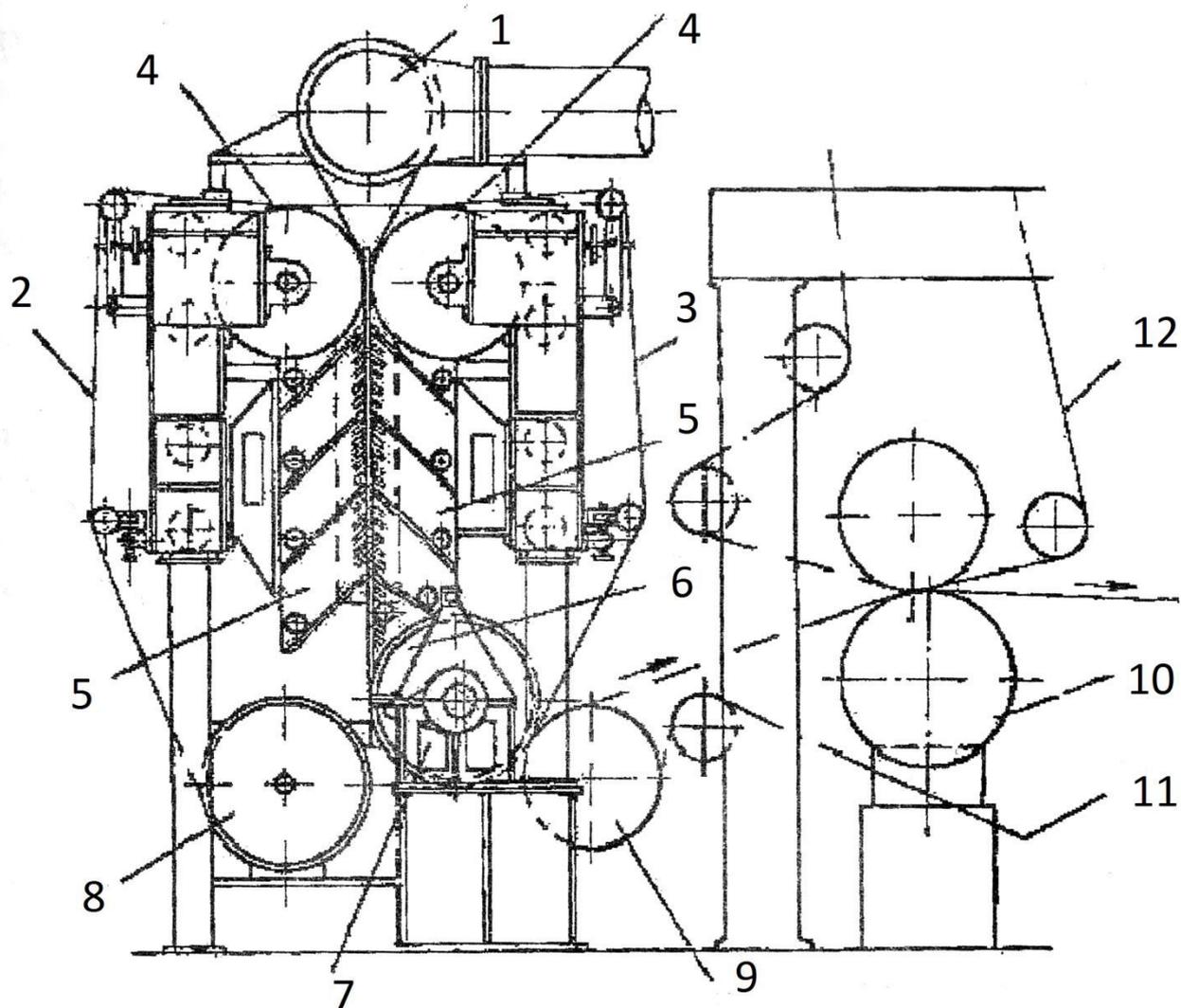


Рис. 19. Схема сеточной части «Вертиформ I»:  
 1 - напорный ящик; 2, 3 - левая и правая сетки; 4 - грудной вал;  
 5 - отсасывающие ящики; 6 - ящик, установленный на сетке,  
 где расположен отсасывающий вал; 7, 8, 9 - отсасывающий,  
 обычный и передаточный валы; 10 - пресс; 11, 12 - нижнее и  
 верхнее прессовые сукна.

Первоначально бумажное полотно формируется на формующем башмаке; обезвоживание происходит постепенно за счет натяжения сеток, давление между которыми составляет 75 — 125 мм вод. ст. Затем бумажное полотно обезвоживается на низковакуумном отсасывающем ящике и отсасывающем гауче большого диаметра с несколькими камерами.

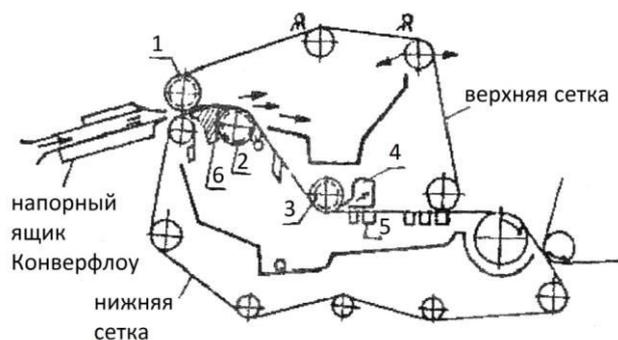


Рис. 20. Формующее устройство «Бел-Бэй-формер-I» (фирма Белойт):  
1, 2, 3 - сетчатые валы; 4 - отсасывающая линейка; 5 - плоские отсасывающие ящики; 6 - формующий сферический башмак

Первые камеры гауча работают как «сухие» отсасывающие ящики, а последняя камера имеет высокий вакуум аналогично отсасывающему гаучу обычной длинносеточной машины.

Первая промышленная установка устройства «Бел-Бэй-формер II» была введена в действие в 1972 году в Японии на машине, вырабатывающей бумагу для справочников, обрезной шириной 5650 мм на скорости 808 м/мин.

Машина с максимальной среди двухсеточных формующих устройств шириной сеток 10150 мм, введенная в эксплуатацию в Швеции в 1972 году, была оборудована двухсеточным формующим устройством типа «Бел-Бэй-формер II». Это первая двухсеточная машина, специально сконструированная для производства картона-крафтлайнера обрезной шириной 9450 мм при скорости 610 м/мин.

Буммашина в Японии с устройством «Бел-Бэй-формер II» при выработке тонкой газетной бумаги впервые достигла рабочей скорости около 1200 м/мин.

Конструкция устройства «Бел-Бэй-формер II», схема которого представлена на рис. 21, обеспечивает обезвоживание в гибкой зоне формования. Бумажная масса напускается снизу вверх в зазор между двумя формующими сетками.

В зоне формующего башмака большого радиуса (до 7-8 м), состоящего из отдельных дефлекторов, формующие сетки сходятся, обеспечивая плавное обезвоживание бумажного полотна. Обезвоживание осуществляется через нижнюю сетку благодаря давлению, оказываемому со стороны верхней сетки на бумажное полотно в зоне формующего башмака. Вода, проходящая через верхнюю сетку, удаляется далее в водосборники под действием центробежных сил в зоне криволинейного башмака, а вода, проходящая через нижнюю сетку, отводится с помощью отсасывающих ящиков и двухкамерного отсасывающего гауч-вала, после которого верхняя сетка отводится от бумажного полотна.

Бумажное полотно транспортируется нижней сеткой к вакуум-пересасывающему устройству.

В конце 1982 году фирма «Белойт» предложила новую конструкцию «Бел-Бэй-формер III». На рис. 22 представлена схема данной конструкции.

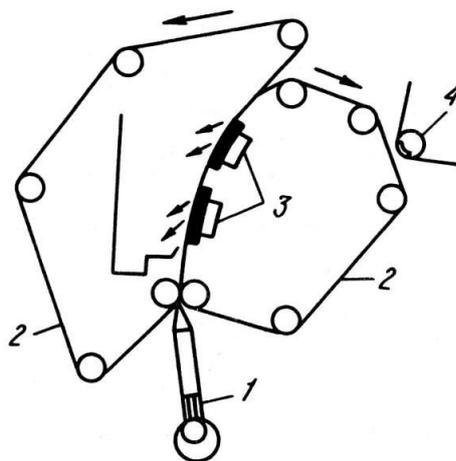


Рис. 21. Схема формирующего устройства «Бел-Бэй-формер II» фирмы «Белойт»:  
1 - напорный ящик «конферлоу»; 2 - сетка; 3 – опорные башмаки;  
4 – вакуум – пересасывающее устройство

Данная модификация «Бел-Бэй» сконструирована специально для производства бумаги с высоким содержанием наполнителей.

В конструкции удален отсасывающий ящик, устанавливаемый после формирующего башмака в варианте «Бел-Бэй-формер II» внутри нижней сетки. Ящик создавал дополнительные пульсации в бумажном полотне, что приводило к повышенным потерям мелкого волокна с оборотной водой. По этой же причине удален один дефлектор из двух, устанавливаемых на «Бел-Бэй-формер II» внутри верхней сетки. Эти изменения позволили снизить как частоту, так и масштаб пульсаций. Роль отсасывающего ящика выполняет гауч-вал, угол охвата которого двумя сетками составляет 120 °.

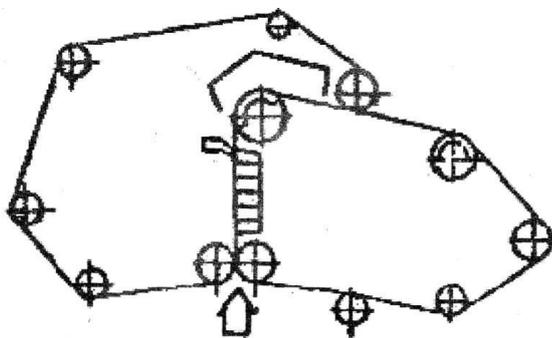


Рис. 22. Схема конструкции «Бел-Бэй-формер III» фирмы «Белойт»

В отличие от «Бел-Бэй-формер II» в данной конструкции верхняя сетка продолжает контактировать с бумажным полотном после прохождения отсасывающих камер гауч-вала. Это позволяет осуществить отвод воды, удаляемой из полотна через верхнюю сетку в специальный водосборник. Установка второго отсасывающего вала внутри нижней сетки позволила

возложить на первый отсасывающий гауч-вал функцию обезвоживания бумажного полотна при небольших величинах разрежения. В результате удаления отсасывающего ящика также снизилась мощность, потребляемая приводом, уменьшились габариты установки и длины формирующих сеток. Раздельное удаление оборотной воды с низким содержанием мелочи и наполнителей из зоны формования и зоны первого отсасывающего гауч-вала позволяет использовать эту установку в системе с замкнутым циклом водопользования бумажной фабрики.

Другим направлением в развитии двухсеточного формования явилось создание конструкций, формование бумажного полотна в которых осуществляется между двумя сетками при огибании ими отсасывающих или сплошных, одного или нескольких формирующих валов. Первая промышленная установка под названием «Паприформер» была введена в действие в 1972 году в Канаде. Машина с шириной сетки 4420 мм вырабатывала газетную бумагу обрезной шириной 4080 мм со скоростью 790 м/мин (скорость по приводу 884 м/мин).

Первый «Паприформер», схема которого представлена на рис. 23, установленный в 1974 году в США, имел ширину сетки 8280 мм и вырабатывал газетную бумагу на скорости 828 м/мин.

Корпус формирующего вала имеет ячеистую структуру. В зоне охвата вала обеими сетками установлены две отсасывающие камеры. Гауч-вал имеет перфорированный корпус, а в зоне охвата сетками в нем установлены четыре камеры: большая камера с избыточным давлением, маленькая камера с атмосферным давлением, мокрая и сухая вакуумные камеры.

Подача массы производится специальным устройством типа сопла. Диспергированная струя бумажной массы подается в зазор между двумя сетками.

Если на сеточном столе обычной бумагоделательной машины все неоднородности массовой струи из-за длительности свободного движения массы с сеткой могут снизить прочность полотна, а регистровые валики, планки могут накладывать дополнительные возмущения на процесс формования структуры бумаги, то на установке «Паприформер» подаваемая из сопла струя уже через несколько сантиметров фиксируется сетками, и неравномерности потока не успевают развиться.

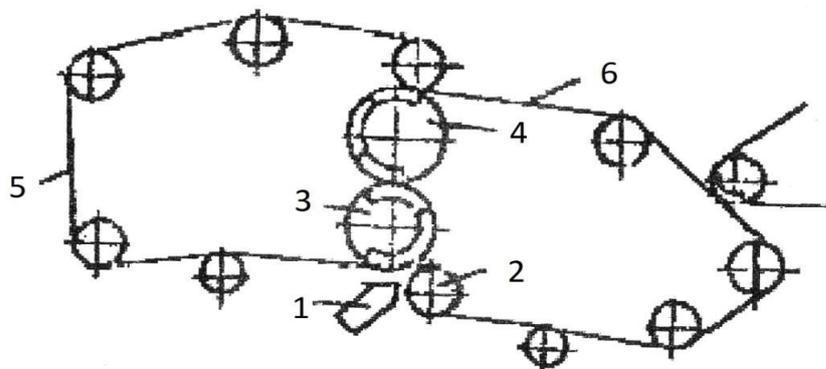


Рис. 23. Схема формующего устройства «Паприформер»:

1 - подача массы; 2 - грудной вал; 3 - формующий вал; 4 - гауч-вал;  
5 - верхняя сетка; 6 - нижняя сетка

Мелкомасштабная турбулентность потока, возникающая в напорном ящике, способствует улучшению распределения волокон в зоне начального обезвоживания. В процессе обезвоживания массы на обеих сетках на каждой из них образуется волокнистый слой, который затрудняет фильтрацию. По этой причине давление внутри струи повышается, и под действием этого давления часть нижней сетки прогибается, образуя начальную зону обезвоживания в виде клина.

Между давлением массовой струи  $P$  и усилием натяжения сетки  $Z$  устанавливается состояние равновесия:

$$P = \frac{Z}{\rho}, \quad (8)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны сетки.

Таким образом, изменяя натяжение сетки, можно регулировать давление в массовой струе и размеры жидкостного клина.

Так как для достижения некоторой сухости требуется всегда определенное время, то длина участка начального обезвоживания должна возрасти с увеличением скорости машины. Угол охвата сеткой формующего вала должен быть достаточным для образования необходимого провисания сетки при максимально возможной скорости. В результате возрастания давления в массном клине скорость продольного движения жидкости снижается, и часть кинетической энергии струи превращается в энергию давления, под действием которого происходит процесс обезвоживания. Масса попадает в клин со скоростью струи, но по мере образования на сетке волокнистого осадка эта скорость снижается. Т. е. волокна, которые уже осели, движутся со скоростью сетки, поэтому на границе волокнистого осадка и жидкой массы возникает градиент скоростей, который способствует ориентированию оседающих волокон в продольном направлении. Таким образом, меняя натяжение сетки и скорость истечения массовой струи из сопла, можно управлять ориентацией волокон в полотне и добиваться требуемого сочетания его свойств в продольном и поперечном направлениях.

Вода, проходящая сквозь нижнюю сетку, сбрасывается центробежной силой в водосборник, а вода, отжимаемая сквозь верхнюю сетку, задерживается в ячейках формующего вала за счет разрежения, а затем под действием центробежной силы попадает в водосборник. Далее полотно

поступает на гауч-вал, в первой камере которого избыточное давление воздуха в сочетании с центробежной силой обеспечивает более экономичное обезвоживание, чем при действии вакуума. Затем полотно проходит над небольшой камерой с атмосферным давлением и двумя отсасывающими камерами, повышающими сухость полотна настолько, что его можно передать в прессовую часть. Количество отданной полотном воды зависит от величины вакуума и длительности его воздействия.

Из-за большого угла охвата применение такого гауч-вала предпочтительнее обычного. Наибольшее количество воды удаляется на формирующем валу. За счёт этого повышается концентрация массы в полотне от 0,7 до 7 % при выработке газетной бумаги и от 0,5 до 9 % - при выработке документной бумаги.

При нормальных условиях работы половина воды проходит через верхнюю и половина – через нижнюю сетки. Количество влаги, отданное полотном в зоне отсасывающих камер, зависит от длительности обезвоживания, поэтому сухость полотна с ростом скорости несколько снижается, но даже при  $V = 1220$  м/мин газетная бумага имеет достаточную сухость для передачи ее в прессовую часть. Так как сетки не проходят по неподвижным элементам, их износ незначителен. Качество бумаги хорошее, причем масса  $1 \text{ м}^2$  вырабатываемой продукции практически не ограничена (вплоть до  $113 \div 162 \text{ г/м}^2$ ).

Процесс образования бумажного полотна на машине «Кивач», схематично показанный на рис. 24, является отдельным и делится на два этапа:

- ✓ предварительное обезвоживание на центробежно-отжимной установке;
- ✓ формование полотна методом напыления сгущенной массы на движущемся экране с дальнейшим обезвоживанием на обычных прессах.

Предварительное обезвоживание осуществляется центробежно-отжимным методом на устройстве, состоящем из 6 валов, охватываемых бесконечной сеткой, движущейся со скоростью от 2000 до 3000 м/мин.

Формование бумажного полотна осуществляется на подвижном сеточном экране. Сухость полотна после центробежно-отжимной части составляет 8-10 %, после прессов – до 30 %.

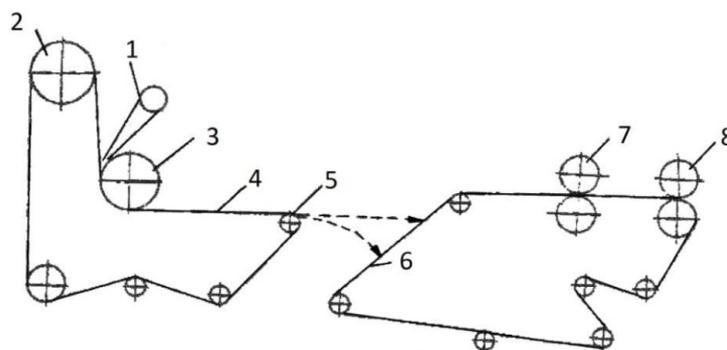


Рис. 24. Схема машины «Кивач» с отдельным формованием и обезвоживанием бумажного полотна:

- 1 – напускное устройство; 2 – приводной вал;  
 3 – обезвоживающий вал; 4 - сетка; 5 — сбрасывающий вал;  
 6 - подвижный сеточный формирующий экран с обезвоживающими валами; 7, 8- прессовые валы

## 5. ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ, НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИИ

После отсасывающего гауч-вала бумажное полотно с содержанием сухого вещества от 17 до 23 % для дальнейшего обезвоживания поступает на прессовую часть машины, где путем механического отжима обезвоживается до 36-45 %.

Работа прессовой части бумаго- или картоноделательной машины оценивается по количеству удаляемой воды и равномерности влажности по ширине полотна бумаги после прессов.

Обезвоживающая способность прессовой части зависит, в первую очередь, от устройства зоны контакта валов и от количества этих зон. При прессовании одновременно с обезвоживанием полотна изменяется его структура, увеличивается площадь контакта между волокнами и сила сцепления между ними. Это способствует увеличению прочности как мокрого полотна, так и готовой продукции, изменению ее толщины, плотности, воздухопроницаемости, непрозрачности и других свойств.

Прессовая часть бумагоделательной машины должна работать с максимальной нагрузкой, так как повышение сухости бумажного полотна после прессов на 1 % снижает расход пара в сушильной на 5 % и позволяет уменьшить количество сушильных цилиндров в сушильной части машины на 4-5 %. Кроме того, обезвоживание бумажного полотна в сушильной части в 10-12 раз дороже, чем в прессовой.

В основу современных конструкций прессовых частей положен принцип максимального сокращения количества и длин свободных участков хода бумажного полотна.

Все современные конструкции прессовых частей для быстроходных

машин делятся на два основных типа.

*I тип* – прессовая часть с передачей полотна с сеточной части пересасывающим валом с последующей транспортировкой полотна бумаги сукном в многовальный Сим-пресс (трех-пятивальный), показанный на рис 25.

*II тип* – прессовая часть с передачей полотна с сеточной части пересасывающим валом, являющимся прессовым валом первого пресса, с последующим его контактом с еще одним-двумя валами (типа Юни-пресс, рис. 26).

I тип прессовых частей находит применение главным образом на бумагоделательных машинах для производства газетной, писчей, типографской и других видов бумаги массой  $1 \text{ м}^2$  до 80-100 г. Основным недостатком прессовой части I типа – повышенная влажность сукна пересасывающего устройства, необходимая для удержания полотна под сукном, что снижает обезвоживающую способность первого пресса и ограничивает выработку бумаги большой массы  $1 \text{ м}^2$ .

II тип прессовых частей разработан фирмой КМВ (Швеция) и известен под названием Юни-пресса, в котором пересасывающий вал является валом первого пресса.

Полотно бумаги при прохождении всего участка от сетки до линии касания валов удерживается вакуумом в отсасывающих камерах. Это дает возможность поддерживать сравнительно высокую сухость сукна первого пресса и выбирать это сукно только по его обезвоживающей способности.

Пересасывающий вал такого пресса изготавливается трехкамерным. Ширина I камеры 60-80 мм; II камеры 500-600 мм и III камеры 100-120 мм. Вакуум в камерах соответственно составляет 33; 60; 73 кПа.

По данным фирмы, на прессовой части типа II можно вырабатывать продукцию массой  $1 \text{ м}^2$  от 25 до 1000 г.

В современных схемах прессовых частей широко используется прессование полотна между двумя сукнами в первом захвате пресса. При обезвоживании бумаги на прессе с двумя сукнами вода из нее удаляется через оба сукна, что снижает сопротивление фильтрации.

Прессование между двух сукон обеспечивает симметричное (в обе стороны) обезвоживание, улучшает структуру бумажного полотна по толщине, что особенно важно для бумаги, содержащей большое количество наполнителей, а также снижает разносторонность полотна бумаги.

Исследования показали, что наиболее эффективны прессы с двумя сукнами при обезвоживании бумаги сухостью до 25-26 %.

Таким образом, новые схемы прессовых частей обеспечивают закрытую проводку бумажного полотна, позволяют обеспечить линейное давление между валами до 100 кН/м, усовершенствовать механизмы кондиционирования сукон и управления их движением, автоматизировать систему заправки полотна. Эти нововведения значительно изменили внешний облик прессовой части, которая сократившись по длине, стала более высокой, и более сложной в обслуживании.

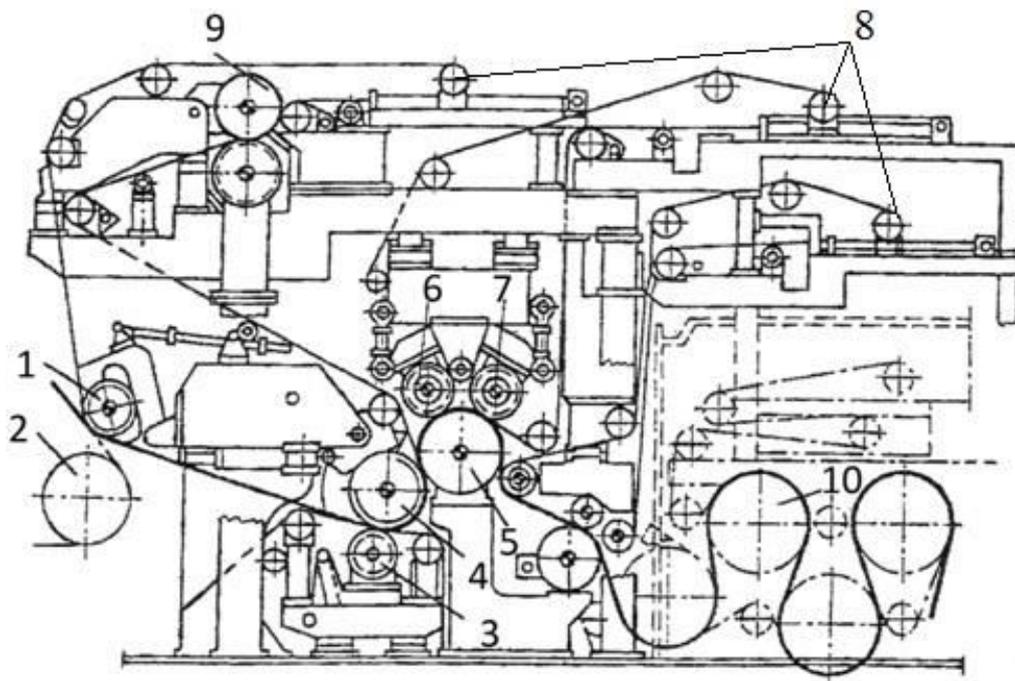


Рис. 25. Конструкция Сим-пресса:

- 1 - пересасывающий вал; 2 – сеткоповоротный ведущий вал сетки;
- 3 – вал с регулируемым прогибом; 4 – отсасывающий трёхкамерный вал;
- 5 – гранитный вал; 6, 7 – валы с регулируемым прогибом;
- 8 – сукнонатяжные устройства; 9 – вальцевая сукномойка;
- 10 – сушильный цилиндр

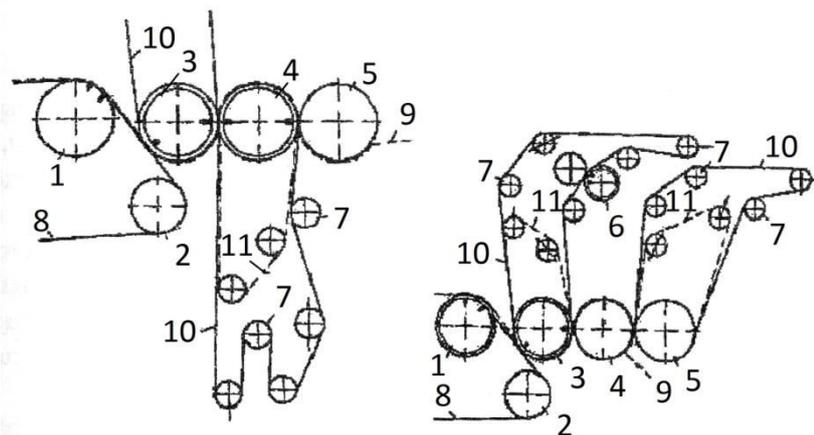


Рис. 26. Схема Юни – пресса:

- 1-гауч-вал; 2 - сетководущий вал; 3 - отсасывающий съёмный вал; 4 - средний вал; 5 - третий вал;
- 6 - сукномойка; 7 - сукноведущие валики; 8 - сетка сеточного стола; 9 - полотно бумаги; 10 - сукно; 11 - подкладная сетка

## 5.1. Типы прессов

### *Обычный пресс*

Обычный пресс, представленный на рис. 27 а, состоит из двух валов: нижний вал – неотсасывающий, металлический, обрезиненный, а верхний – гранитный или металлический, покрытый твердой резиной (стонитом). Верхний вал опирается на нижний и дополнительно нагружается для создания необходимого давления между валами. Бесконечное шерстяное сукно, проходящее между валами, являясь упругим основанием, одновременно служит для транспортирования влажной, еще непрочной бумаги. Сукно огибает ряд сукноведущих валиков, в том числе натяжной, правильный и разгонный.

Верхний вал обычного пресса по отношению к нижнему валу смещен в сторону, противоположную ходу бумаги. Ввиду этого давление на бумажное полотно постепенно увеличивается и достигает максимума по линии касания валов – при этом создаются более благоприятные условия для отвода отжатой воды. Величина этого смещения (50 – 120 мм) зависит от местоположения пресса на машине, от диаметра валов и скорости машины. Смещение верхнего вала относительно нижнего на последующих прессах уменьшают, при возрастании скорости машины и большем диаметре валов смещение увеличивают.

Сукноведущий валик, расположенный перед входом сукна между валами, устанавливают несколько выше линии касания валов. Вследствие несколько наклонного входа сукна между валами удаляется воздух между бумагой и сукном, а вода, отжатая прессом, стекает по нижнему валу в корыто, не увлажняя сукно. Приводным является нижний вал, а верхний приводится во вращение от нижнего; сукноведущие валики вращаются сукном. Обычный пресс называют также прямым, поскольку при прохождении через него бумага не меняет своего направления.

### *Отсасывающий пресс*

В отсасывающем прессе (рис. 27 б), в отличие от обычного, нижний вал – отсасывающий. Верхний вал (гранитный или покрытый стонитом) смещен по ходу бумаги на 50 – 60 мм. Вследствие этого бумажное полотно обезвоживается в начале зоны отсоса под действием вакуума, а затем под действием вакуума и давления верхнего вала. Для того чтобы создать высокий вакуум в отсасывающей камере, дуга охвата сукном нижнего вала должна быть больше ширины зоны отсоса.

Отсасывающий пресс по сравнению с обычным имеет ряд преимуществ. Сухость полотна бумаги на 1 – 2 % выше. Обеспечивается более равномерная сухость по ширине полотна. Число обрывов уменьшается ввиду увеличения

сил сцепления бумаги с сукном. Сухость бумажного полотна, поступающего на отсасывающий пресс, может быть меньше, чем при поступлении на обычный пресс, при этом уменьшается возможность раздавливания полотна, то есть нарушения структуры влажного полотна при быстром удалении из нее воды. Прессовые сукна отсасывающих прессов меньше загрязняются и сохраняют примерно постоянную водопрopusкную способность, в связи с чем увеличивается срок их службы.

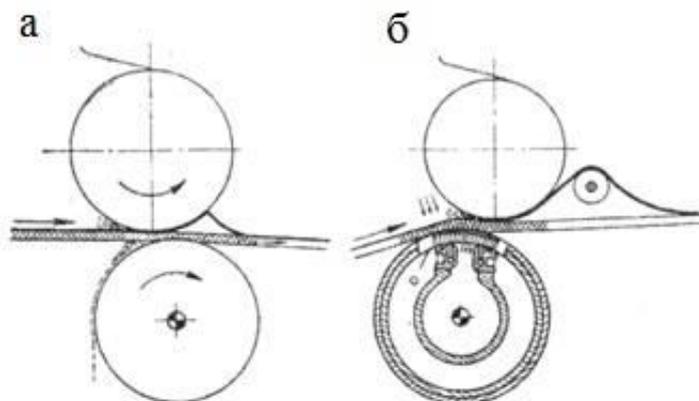


Рис. 27. Схема прессы:  
а – обычный; б – отсасывающий

### *Обратный отсасывающий пресс*

При отливе бумаги на сеточной части гладкость обеих сторон неодинакова: сторона полотна, прилегавшая к сетке (сеточная сторона) имеет отпечаток (маркировку) сетки. При прохождении бумаги через обычный или отсасывающий пресс сеточная сторона бумаги контактирует с шерстяным сукном, маркировка сетки заменяется маркировкой сукна. Лицевая же (верхняя) сторона бумаги прилегает к гладкому верхнему валу, вследствие чего поверхность бумаги получается гладкой. Чтобы обе стороны бумаги по гладкости меньше различались между собой, применяют обратный пресс, рис. 28.

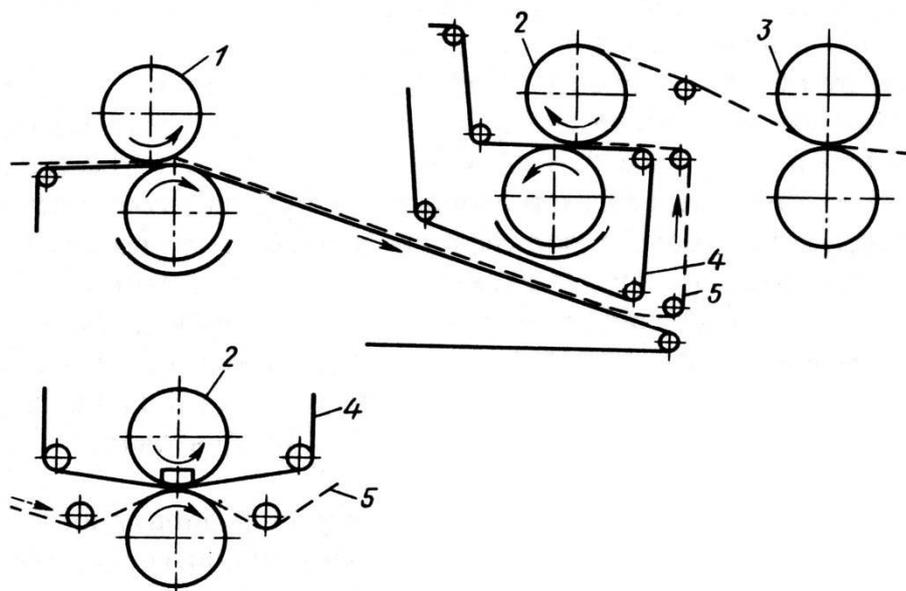


Рис. 28. Схемы обратных отсасывающих прессов:

1 – обычный; 2 – обратный; 3 – офсетный; 4 – сукно; 5 – полотно

Нижний вал этого пресса металлический (покрытый бронзовой рубашкой или стонитом) обычный; верхний, отсасывающий – обрешиненный, с камерой шириной 150-200 мм, охватываемый сукном. Бумага, находящаяся на сукне предыдущего пресса, подводится как можно ближе к валам обратного отсасывающего пресса и заправляется в пресс воздухом или канатиками. Отжатая вода частично проходит сквозь бумажное полотно и стекает по нижнему валу, а частично удаляется воздухом в отсасывающую камеру верхнего вала.

Так как в обратном отсасывающем прессе путь бумаги прямой (в отличие от обратного пресса без отсасывающего вала), то заправка бумаги не вызывает затруднений и уменьшается число обрывов на прессе. Известны случаи применения таких прессов при скорости до 750 м/мин.

Бумага в таком прессе соприкасается с сукном только в зоне контакта между валами (шириной 25 – 40 мм); остальная часть отсасывающей камеры охватывается только сукном и через него проходит большое количество воздуха до и после зоны контакта; вакуум при этом не превышает 35- 40 кПа. Сукно в этих условиях меньше загрязняется, а главное, входит в зону контакта более сухим, что способствует лучшему обезвоживанию бумаги и повышению сухости на 1 – 2 %. Воздух, проходящий сквозь сукно после зоны контакта, способствует удалению воды из отверстий отсасывающего вала в камеру. Несмотря на уменьшение вакуума, мощность, потребляемая вакуумным насосом, возрастает из-за значительного увеличения количества просасываемого воздуха.

### *Сглаживающий (офсетный) пресс*

Сглаживающий (офсетный) пресс, схематично представленный на рис. 28, предназначен не для обезвоживания бумажного полотна, а для повышения гладкости бумаги (устранения маркировки сетки и сукна) и уплотнения ее. Этот пресс ранее применялся только на бумагоделательных машинах, вырабатывающих высококачественные виды бумаги. Сравнительно недавно такие прессы стали применять и на быстроходных машинах, вырабатывающих печатную и писчую бумагу. Для повышения гладкости сеточной стороны бумаги нижний вал прессы металлический, покрытый бронзовой рубашкой, а верхний – обрешиненный. На сглаживающем прессе сукно отсутствует, поэтому толщина бумаги перед поступлением на этот пресс должна быть равномерной по ширине полотна, иначе может произойти местное раздавливание бумаги.

Заправка на сглаживающий пресс производится сжатым воздухом или канатиками и не вызывает затруднений, поэтому сглаживающий пресс может применяться и на быстроходных машинах. Бумага после сглаживающего прессы имеет более ровную и сомкнутую поверхность. Вследствие этого улучшается коэффициент теплоотдачи между бумагой и сушильными цилиндрами, что позволяет уменьшить количество сушильных цилиндров примерно на 3 – 5 %.

### *Горячий пресс*

Известно, что с повышением температуры снижается вязкость воды и улучшается обезвоживание. На пресспатах и картоноделательных машинах издавна устанавливались два подогревательных цилиндра перед последним прессом. На бумагоделательных машинах этот способ не применяется, так как при большой скорости машины за весьма короткий срок прохождения бумаги по двум цилиндрам температура ее мало повышалась, что почти не сказывалось на обезвоживании на последующем прессе. В последние годы на бумагоделательных машинах горячий пресс устанавливают после 6-10 сушильных цилиндров, так что температура бумаги при поступлении на пресс близка к 80 °С. Малая вязкость воды при такой температуре позволяет повысить линейное давление на прессе до 60 – 80 кН/м, не опасаясь раздавливания бумаги. По конструкции горячий пресс может быть обычным или отсасывающим; заправка бумажного полотна в пресс производится канатиками. Сухость бумаги после горячего прессы повышается на 2 – 4 %, бумага уплотняется на 7 – 9 %, несколько повышается разрывная длина бумаги. Уменьшение расхода энергии на прессование составляет 8 – 14 %. Примерно также может быть увеличена производительность машины или сокращено количество сушильных цилиндров. Следует учитывать, что при обезвоживании на горячем прессе увеличивается маркировка от сукна на нижней стороне бумаги и усложняется подбор тонких прессовых сукон, достаточно износостойчивых при высокой температуре.

## *Многовальный пресс*

Многовальные прессы по сравнению с двухвальными более компактны, что позволяет уменьшить длину прессовой части. При этом количество валов уменьшается, снижается расходуемая мощность и уменьшается удлинение бумаги на прессовой части. Многовальные прессы устанавливаются при модернизации машин, вырабатывающих такие виды бумаги как газетная, мешочная, печатная и писчая. Это позволяет удлинить сеточную или сушильную часть бумагоделательной машины на 3 – 6 м за счет соответствующего уменьшения длины прессовой части.

Широкое распространение получили трехвальные наклонные прессы, Сим-пресс и Юни-пресс (рис. 25, 26).

Прессы с широкой зоной прессования (прессы с широким захватом) позволили значительно повысить сухость полотна (до 45 – 46 %). В таких прессах сочетаются очень высокие линейные давления (750 – 1100 кН/м) с большой шириной зазора (зоны прессования) до 250 мм.

Низкое удельное давление значительно снижает вероятность раздавливания полотна. Важным фактором является продолжительность воздействия нагрузки (нахождения полотна в зоне прессования) в 5 – 8 раз дольше, чем в прессах с двумя валами.

Ширину зоны прессования можно увеличить повышением диаметра прессовых валов (1500 – 2000 мм) либо созданием специальных устройств. Наибольшее распространение получили прессы, где вместо нижнего прессового вала устанавливается специальный башмак (рис. 29).

Пресс состоит из верхнего вала (желобчатого или гладкого) и расположенного под ним криволинейного башмака, который прижимается при помощи гидроцилиндров к валу, создавая давление до 1000 кН/м. Полотно проводится через пресс между двумя сукнами. Верхнее сукно охватывает вал, нижнее сукно проходит через зону прессования над башмаком.

Между башмаком и нижним сукном имеется непроницаемая высокоэластичная (полиуретановая) лента, смазываемая маслом, для снижения трения между башмаком и внутренней стороной ленты. Башмак может свободно поворачиваться.

Для подачи масла на ленту разработана простая гидродинамическая система, обеспечивающая создание слоя масляной пленки толщиной 0,1 мм и возможность передачи высоких нагрузок.

Вал пресса является приводным, а мощность привода пресса примерно такая же, какая требуется для обычного пресса с двумя сукнами при линейной нагрузке 2100 кН/м.

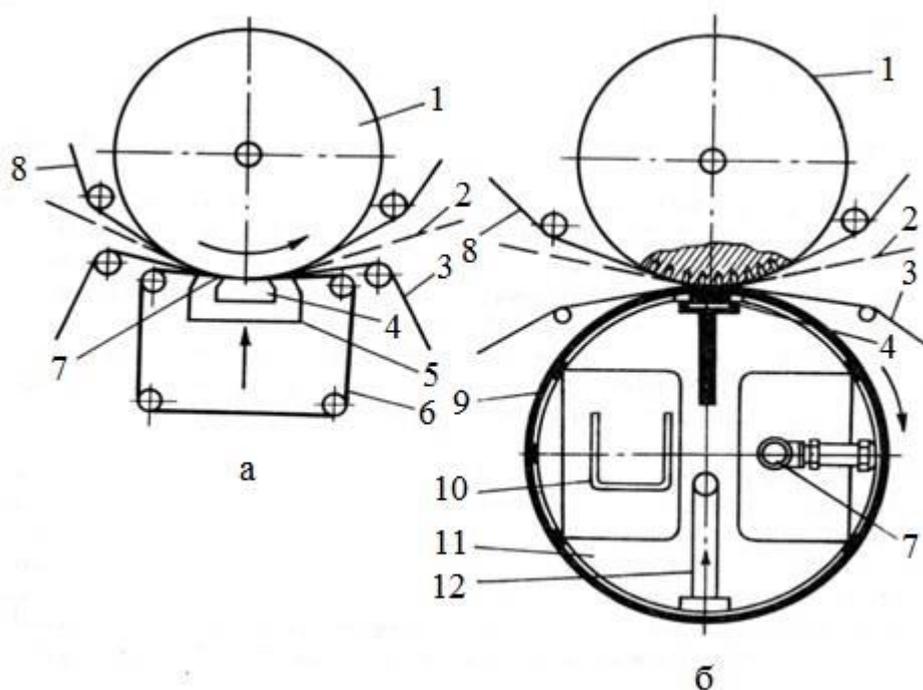


Рис. 29. Схемы прессов с расширенной зоной прессования:  
 а – фирмы «Белойт»; б – фирмы «Фойт»; 1 – верхний вал; 2 – полотно; 3 – нижнее сукно; 4 – башмак; 5 – камера; 6 – лента; 7 – место подачи смазки; 8 – верхнее сукно; 9 – прессовая рубашка; 10 –маслоотстойник; 11 – несущая балка; 12 – сифон

### *Пресс с желобчатым валом*

Пресс с желобчатым валом относится к числу прессов с поперечным потоком воды в сукне.

Конструктивной особенностью данного пресса является нижний обрезиненный вал, на поверхности которого нарезаны желобки, чаще всего прямоугольной формы. Верхний вал выполняется гранитным или стонитовым. Желобки нарезаются по спирали или кольцевыми в виде отдельных канавок с определенным шагом. Обрезиненный вал приводится во вращение со скоростью  $v = 0,2 - 1$  об/мин.

Опыт эксплуатации и проведенные исследования показывают, что оптимальные размеры желобков: ширина канавок – 0,5 мм; шаг – 3 мм; глубина канавок – 2,5 мм.

Увеличение ширины желобков приводит к впрессовыванию сукна в желобки и обратному увлажнению сукна и соответственно бумаги и дает мокрые полосы на сукне и на бумаге.

Для снятия пленки воды с поверхности желобчатого вала и для удаления воды из желобков при средней скорости машины устанавливаются пластина и шабер, а при скорости свыше 600 м/мин – только обычный шабер, так как вода

из желобков хорошо удаляется центробежными силами. Очищают желобки от ворса сукна, мелкого волокна и наполнителя с помощью водяного spryska при давлении воды 0,6 МПа, установленного тангенциально к поверхности вала. Sprysки включают в работу периодически в зависимости от степени засорения желобков. На тихоходных машинах иногда устанавливают периодически включаемые воздушные sprysки. На прессах с желобчатым валом применяют более твердые покрытия (твердость 5 – 10 ед. по ТШН-2), чем на прессах обычных или с отсасывающим валом, и работают они при более высоком линейном давлении (100 – 120 кН/м). При таком давлении на скоростных машинах срок службы покрытия вала снижается вследствие большого тепловыделения. Для снижения тепловыделения иногда предусматриваются системы внутреннего охлаждения вала или уменьшается толщина покрытия и увеличивается его твердость.

Для повышения сопротивляемости сукон механическому износу и уменьшения маркировки бумаги желобками вала сукна для желобчатых прессов изготавливаются большей массы  $1 \text{ м}^2$  и с большим содержанием синтетических волокон (до 50 %). Взамен сукон массой  $0,8-1 \text{ кг/м}^2$  для обычных прессов применяют сукна массой  $1-1,4 \text{ кг/м}^2$ . Наилучшие результаты достигаются при применении иглопробивных сукон.

Опыт эксплуатации прессов с желобчатым валом показал, что они имеют следующие преимущества: снижается стоимость установки, уменьшаются эксплуатационные расходы, увеличивается сухость бумаги, отсутствуют затраты на создание вакуума, обеспечивается равномерная влажность полотна бумаги по ширине, а увеличение давления прессования не приводит к раздавливанию полотна и маркировке бумаги.

Пресс с желобчатым валом может использоваться в качестве второго и последующих прессов машин, вырабатывающих почти все виды продукции (кроме особо тонких видов бумаги). Наибольший эффект достигается при скоростях машины свыше 100 м/мин. В последнее время нашли применение прессы с нижним необрезиненным желобчатым валом (бронзовым или из нержавеющей стали). В этом случае при любом давлении размеры желобков сохраняются, вал не требует частой перешлифовки, но предъявляются более жесткие требования к бомбирровке, а также снижается срок службы сукон. Обезвоживание бумаги на таком прессе эффективней вследствие высокой твердости вала. Этот пресс – последний при линейном давлении до 120 кН/м. Такие прессы применяются при выработке широкого ассортимента бумаги при скоростях до 850 м/мин в качестве первого, второго, третьего прессов.

### *Пресс с промежуточным валиком*

Пресс с промежуточным валиком, известный как пресс высокой интенсивности (Хи-и-пресс) разработан в лаборатории бумагоделательных машин фирмы «Блек-Клаусон». В конструкцию такого прессы входит один или два желобчатых валика небольшого диаметра, расположенных между двумя основными прессовыми валами. При двух валиках они располагаются

по обеим сторонам вакуумной камеры нижнего отсасывающего вала. С торцовых сторон валиков устанавливаются уплотнения, что позволяет создавать вакуум в своеобразной камере между валиками. Однако эта конструкция пресса слишком сложна, трудна в эксплуатации и распространения не получила. Этим недостаткам лишена вторая конструкция пресса, в которой один валик расположен между верхним гранитным или стонитовым и нижним обычным обрешиненным валами. Сукно и бумага проходят между верхним и промежуточным валиками.

Вода из бумаги и сукна удаляется в желобки промежуточного валика, диаметр которого 100 — 250 мм. На валике нарезаны спиральные или кольцевые канавки. Приводным в прессе с промежуточным валиком является нижний вал пресса. Для определения оптимального положения промежуточного валика на прессе силы, выталкивающие промежуточный валик, и силы, втягивающие валик в захват, должны находиться в равновесии. Его иногда располагают на подвижном суппорте, перемещаемом вручную. К суппорту шарнирно крепятся гидравлические цилиндры (с лицевой и приводной сторон), связанные с подшипниками промежуточного валика. Перемещая суппорт, а следовательно, и валик, контролируют величину давления жидкости с двух сторон поршня в цилиндре. При равновесном положении валика на поршень не передается никаких усилий. К недостаткам данных прессов можно отнести: малый срок службы сукон, наличие двух зон контакта вызывает увеличение потребляемой мощности по сравнению с отсасыванием на 30-50 %.

### *Пресс с подкладной сеткой*

Пресс с подкладной сеткой состоит из нижнего обрешиненного вала и верхнего гранитного или стонитового. Вода из бумаги переходит в сукно, из сукна – в ячейки сетки. Рабочее натяжение сеток – 2 кН/м, но при расправлении возникающих перекосов натяжение увеличивается до 5 кН/м, поэтому расчет валов, охватываемых сеткой, необходимо проводить на линейное натяжение 5 кН/м. Для расправлении сеток на узких машинах устанавливают специальные дуги, а на широких быстроходных – валы с регулируемой кривизной. В настоящее время сетки изготавливают двухслойными из моноволокон длиной до 12 м. Срок службы сеток составляет от 4 до 12 месяцев. Из сетки вода удаляется силами инерции, шаберами, воздушными струями и отсасывающими ящиками. К основным преимуществам прессов с подкладной сеткой можно отнести низкую первоначальную стоимость, экономию расхода электроэнергии на привод вакуум-насосов, отсутствие маркировки бумаги (по сравнению с отсасывающими прессами), увеличение сухости бумаги после прессования, отсутствие дробления влажного полотна при высоком давлении (по сравнению с обычными прессами), увеличение срока службы сукон.

Пресс с подкладной сеткой при среднем удельном давлении в зоне контакта валов свыше 1 МПа и скорости больше 300 м/мин по эффективности

обезвоживания близок к прессу желобчатому. Пресс этого типа рекомендуется применять в качестве второго и последующих прессов машин, работающих со скоростью до 200 м/мин и вырабатывающих бумагу и картон массой от 100 г/м<sup>2</sup> и выше, а при скорости свыше 200 м/мин – бумагу и картон любой массы 1 м<sup>2</sup>.

В случае выработки тонкой бумаги при наличии эффективных устройств для обезвоживания сукна пресс можно использовать в качестве первого пресса. В этом случае надо учитывать количество воды, удаляемой из бумаги и сукна. При значительном продольном движении воды по сетке может нарушаться структура полотна.

### *Пресс с усадочной сеткой*

Пресс с усадочной сеткой или чулком из сетки является разновидностью пресса с подкладной сеткой. Чулок-рубашка, надеваемый на вал, изготавливается из монофиламентных полиэфирных волокон в виде двухслойной сетки, обладающей большой усадкой при нагревании. Чулок может надеваться на гладкий или отсасывающий вал. Большое значение для обеспечения эффективной работы пресса с чулком имеет удаление воды из сетки.

Обычно на прессах применяют воздушный шабер со щелью шириной 1 мм, который устанавливают снизу вала на расстоянии 2 мм под углом 15 – 30 °. Воздух подается под давлением 0,015 МПа. При скорости машины свыше 500 м/мин шабер не устанавливается, так как вода легко удаляется центробежной силой.

В прессах с чулком используют нетканые сукна массой 1-1,2 кг/м<sup>2</sup>. Срок службы сукон несколько меньше, чем на прессах с подкладной сеткой, и составляет в среднем от 35 до 45 дней. Срок службы чулка из сетки от 2 до 6 месяцев.

Твердость резинового покрытия облицовки прессового вала оказывает большое влияние на работу чулка и должна быть 15-25 ед. по ТШМ-2. Пресс с чулком значительно проще пресса с подкладной сеткой и его легче установить на действующей машине. Поэтому этот тип пресса, в первую очередь, находит применение при модернизации действующих бумаго- и картоноделательных машин.

Установка чулка из сетки на отсасывающий вал повышает сухость полотна после пресса на 1-1,5 % и предотвращает появление маркировки полотна от отверстий в рубашке вала.

Недостаток пресса с усадочной сеткой – сложность крепления сетки на валу и ее очистки.

## *Пресс с глухосверлённым валом*

Нижний вал прессы облицовывается резиной толщиной 25 мм, в которой высверливаются глухие отверстия разной глубины для предотвращения отслаивания резиновой облицовки.

Прессы с глухосверлёнными валами отверстиями диаметром 6 и 8 мм не имеют каких-либо преимуществ перед обычными прессами, а при диаметре отверстий 8 мм эффективность обезвоживания даже ухудшается.

С увеличением диаметра отверстий возрастает опасность маркировки бумаги. Поэтому диаметр отверстий не должен превышать 3 мм, а «живое» сечение их не более 20 %.

Данные прессы рекомендуется устанавливать на машинах для выработки оберточной и других видов бумаги в конце прессовой части.

## **Устройство прессовых валов**

### *Обычные валы*

Обычные (неотсасывающие) валы изготавливаются из чугунных или стальных отливок, в которые по торцам запрессовывают стальные цапфы (рис. 30).

Вал такой конструкции должен быть достаточно жестким, так как воспринимает весьма значительную нагрузку от давления верхнего вала.

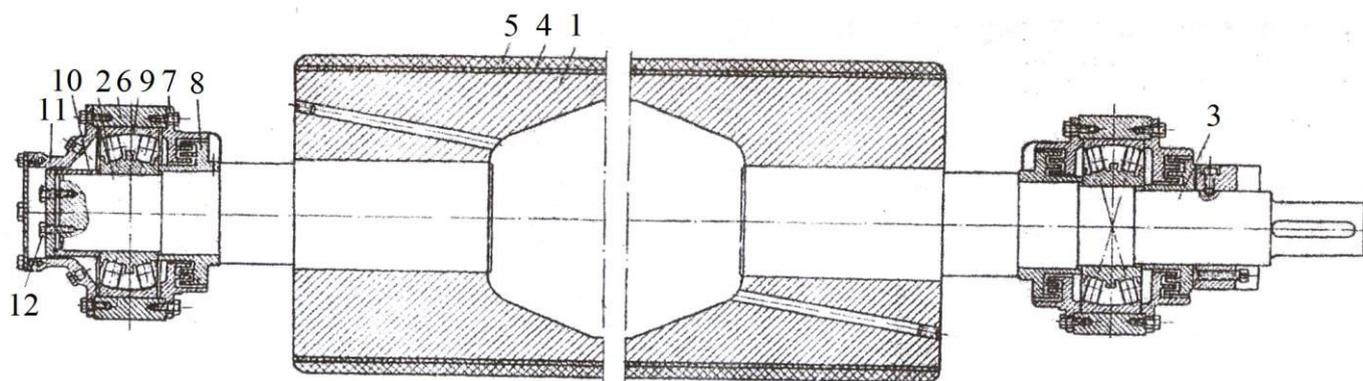


Рис. 30. Вал литой пустотелый:

- 1 – цилиндр; 2, 3 – лицевая и приводная цапфы;
- 4 и 5 – роговая и мягкая резина; 6 – корпус подшипника;
- 7 – лабиринтовая крышка; 8 – лабиринтовое кольцо;
- 9 – подшипник качения; 10 – распорная втулка;
- 11 – торцовая шайба; 12 – болты для закрепления подшипника

Цилиндр вала облицовывается резиной для того, чтобы снизить маркировку, сделать зону прессования более эластичной, компенсировать

неравномерность давления из-за дефектов бомбировки.

Так как линейное давление должно возрастать от пресса к прессу, то возникает необходимость проводить отжим бумажного полотна на более жестком основании. Поэтому твердость резины возрастает в прессах по ходу машины.

Под твердостью резиновых валов понимают число сотых долей миллиметра, на которые углубляется шарик диаметром 1/8 дюйма в резину при действии на него груза массой 1 кг в течение 1 минуты.

Твердость резины измеряют прибором пластометром. При определении твердости резины необходимо учитывать ее толщину, которая должна быть больше критической.

Под критической толщиной следует понимать такую толщину, достигнув которой твердость резины остается постоянной, сколько бы не увеличивали ее толщину. Критическая толщина резины составляет 8 -10 мм.

Валы облицовывают резиной толщиной 20 мм для того, чтобы вал можно было периодически перешлифовывать из-за неравномерного износа резины по длине вала, так как края облицовки тверже середины на 2-3 единицы. Это происходит из-за неравномерного нагревания резины при вулканизации, потому что в местах запрессовки цапф сконцентрированы большие массы металла.

На поверхность чугунных валов перед облицовкой наносят «рваную» резьбу с крупным шагом (1,4 – 3 мм), для того, чтобы резина прочно соединилась с поверхностью вала. Нижний слой резины – роговой, толщиной 10 мм, тверже, чем верхний. Для подвода пара при вулканизации в цапфах вала просверливаются отверстия.

### ***Отсасывающие валы***

Отсасывающие валы прессовой части по конструкции мало отличаются от отсасывающих валов, применяемых в сеточной части: в прессовой части ширина камеры отсасывающих валов меньше, чем в сеточной части, и не превышает 110-150 мм.

Камеру устанавливают вертикально или с небольшим смещением (отклонением от вертикали) по ходу бумаги. Отверстия прессовых отсасывающих валов (диаметром 3,2 - 4,8 мм) не зенкуются; живое сечение валов составляет 15 – 20 % боковой поверхности вала.

Наблюдающаяся тенденция уменьшить живое сечение отсасывающих валов до минимально необходимого для пропуска отжатой воды объясняется тем, что обезвоживание на отсасывающих прессах в основном происходит за счет давления между валами.

В связи с этим участки бумаги, находящиеся над отверстиями, имеют меньшую сухость, чем остальные участки полотна.

При уменьшении живого сечения отверстий уменьшается площадь отсоса, но сухость полотна не понизится, если площадь сечения отверстий

будет достаточной для удаления отжатой воды.

Уменьшение живого сечения отверстий способствует увеличению жесткости вала и уменьшению величины бомбировки.

Вакуум в отсасывающих камерах прессовых отсасывающих валов достигает  $(6 - 6,5) \cdot 10^4$  Па на быстроходных машинах и  $(4 - 5) \cdot 10^4$  Па на среднескоростных машинах. По сравнению с производительностью вакуумных насосов гауч-валов производительность вакуумных насосов прессов примерно вдвое меньше, так как уменьшается количество отсасываемого воздуха из-за наличия сукна и уплотнения бумаги. Отсасывающие прессовые валы обычно не имеют устройства для консольного вывешивания. На современных бумагоделательных машинах применяют обрезиненные отсасывающие валы, позволяющие увеличить линейное давление между валами до 20-70 кН/м.

Срок службы сукон при обрезиненных валах возрастает примерно на 30 – 50 %.

Толщина резиновой оболочки составляет 30 – 40 мм, твердость 30 - 35 единиц. Предварительно просверленный металлический цилиндр обкладывают резиной и вулканизируют.

Сверление отверстий в резиновой оболочке производится на многошпиндельных станках. Сверление отверстий в резине упрощается тем, что диаметр отверстий в цилиндре на 0,8 - 1 мм больше диаметра отверстий в резине.

Силы сцепления резины с бронзой значительно меньше, чем с чугуном или сталью. Для лучшего сцепления с резиной на поверхности бронзовых отсасывающих цилиндров выстрагивают и протачивают продольные и поперечные канавки в виде ласточкина хвоста.

Вместо бронзовых цилиндров для отсасывающих прессов целесообразнее применять цилиндры из нержавеющей стали из-за их большей прочности. При этом можно либо уменьшить толщину стенки цилиндра, в связи с чем уменьшается время прохождения воды через стенку цилиндра, либо уменьшить диаметр вала, вследствие чего улучшается обезвоживание. Так как модуль упругости стали больше модуля упругости бронзы, прогиб и необходимая бомбировка пресса уменьшаются. Следует учесть, что вокруг отверстий в валах возникают местные напряжения, вследствие чего некоторые сорта нержавеющей стали плохо воспринимают динамические нагрузки.

### *Гранитный вал*

Гранитный вал (рис. 31) представляет собой гранитный цилиндр, закрепленный на стальном сердечнике.

Известно, что твердость верхнего вала должна быть больше твердости нижнего, с тем, чтобы повысить величину удельного давления на полотно бумаги.

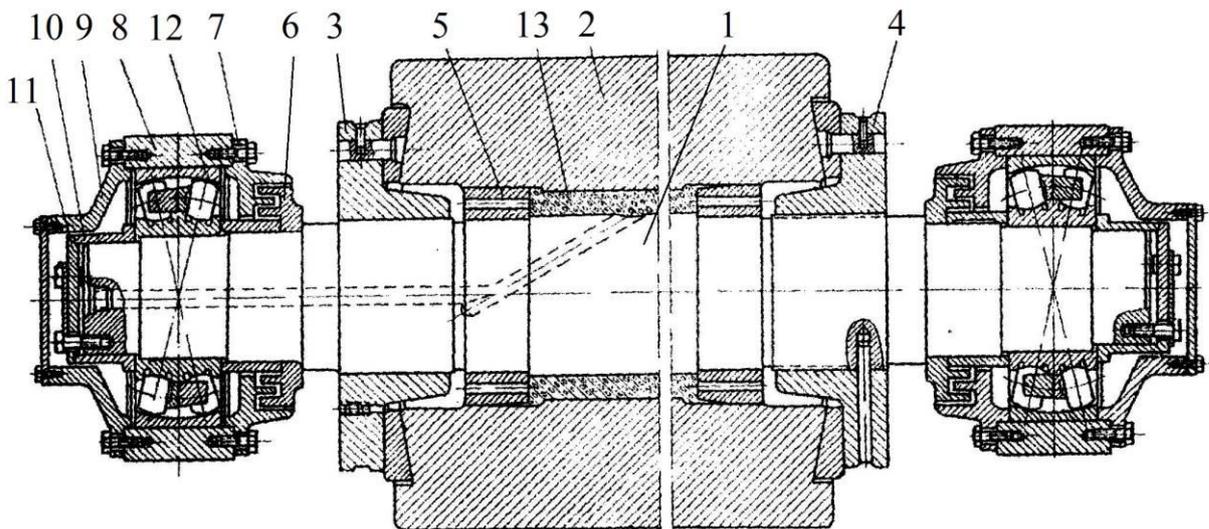


Рис.31. Гранитный вал:

- 1 – стальной сердечник; 2 – цилиндр гранитный;
- 3 и 4 – левая и правая гайки; 5 – втулка;
- 6 – лабиринтовое кольцо; 7, 9 – крышки подшипника;
- 8 – корпус подшипника; 10 – распорная втулка; 11 – торцовая шайба; 12 – подшипник качения; 13 – цементная заливка

Кроме того, материал верхнего вала должен быть таким, чтобы силы сцепления между ним и мокрым полотном были минимальными, так как в противном случае полотно будет увлекаться валом.

В наименьшей степени явление прилипания наблюдается, когда верхний вал изготавливается из гранита. Мелкопористая, но гладкая структура поверхности гранита благодаря наличию воздуха в порах уменьшает удлинение бумаги при отрыве ее от вала и число обрывов бумажного полотна на прессах.

Структура стонитовых валов также пористая, но поры их крупнее, чем в гранитных валах.

Диаметр таких валов от 400 до 1200 мм.

На стальном сердечнике гранитный цилиндр крепится шайбами, надетыми на сердечник и прижатыми гайками к торцовым поверхностям гранитного цилиндра, цементной заливкой или одновременно используя первый и второй способы. Комбинированное закрепление целесообразнее, так как оно обеспечивает большую надежность и позволяет уменьшить растягивающие напряжения в гранитном цилиндре.

Гранитные валы меньше истираются при работе, чем чугунные, и реже требуют шлифовки, однако они менее прочны и сравнительно часто выходят из строя из-за ослабления посадки гранитного корпуса на сердечнике или образования трещин в граните (например, при сильном разогреве подшипника, а от него и сердечника вала). Поэтому при работе гранитных валов необходимо с особой тщательностью следить за состоянием и смазкой подшипников вала, не допускать их нагревания.

### *Вал с регулируемым прогибом*

Вал с регулируемым прогибом, состоит из рубашки и сердечника, в кольцевом пространстве между которыми расположены продольные и торцевые уплотнения, разделяющие кольцевое пространство на две камеры (рис. 32).

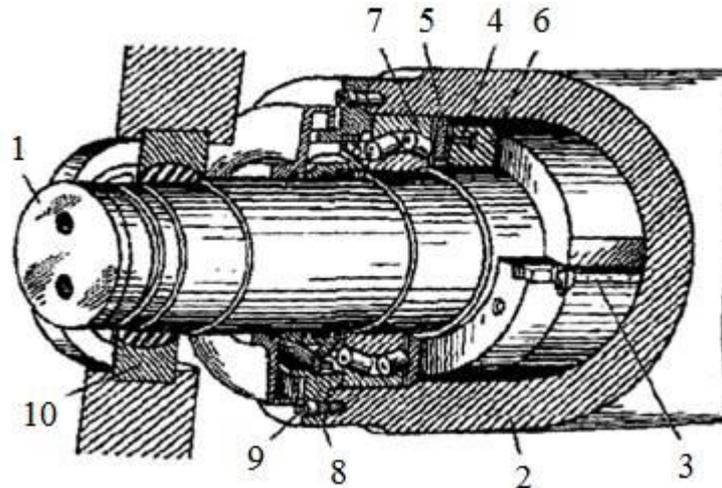


Рис. 32. Вал с регулируемым прогибом:

- 1 – сердечник; 2 – рубашка; 3 – продольные уплотнения;
- 4 – поперечные уплотнения; 5 – опорная шайба; 6 – кольцо;
- 7 – роликовые сферические подшипники; 8 – крышка подшипника; 9 – винт; 10 – сферические опоры

Вращающаяся рубашка у торцов опирается на неподвижный сердечник посредством самоустанавливающихся роликовых подшипников. Та из камер, в которую подается агент давления (обычно масло), называется рабочей камерой, а та, из которой масло отводится, - дренажной камерой. Неподвижный сердечник изготавливаемый, как правило, из ковanej стали, монтируется в опорах на сферических втулках, что обеспечивает возможность угловых перемещений сердечника при его изгибе. Приводной конец сердечника вала устанавливается в трехкольцевом подшипнике, а лицевой – в сферической опоре.

Торцевые уплотнения монтируются в пазах опорной втулки и работают в контакте со стальными закаленными кольцами. Уплотнения поджимаются к кольцам пружинами, находящимися в отверстиях опорной втулки. Продольные уплотнения, расположенные в пазах сердечника, прижимаются к внутренней поверхности рубашки пружинной лентой. Последняя также укрепляется в продольном пазу сердечника. В уплотнительной планке предусмотрены отверстия для циркуляции масла в процессе работы вала.

Масло в рабочую камеру вала через каналы, имеющиеся в сердечнике, подается под давлением. Предусмотрены каналы для отвода прошедшего через уплотнения масла из дренажной камеры вала и канал для подключения приборов, служащих для измерения давления масла.

Если плавающий вал используется в качестве приводного, то для привода рубашки применяется специальный трехкольцевой подшипник, состоящий из трех концентрических колец, между которыми расположены два сепаратора с роликами.

Внутреннее кольцо этого подшипника насаживается на удлиненный конец неподвижного сердечника, а наружное кольцо находится в неподвижном корпусе. Среднее вращающееся кольцо соединено с приводной цапфой. Вращение от этого кольца передается через зубчатую муфту рубашке вала.

### *Методы компенсации прогиба валов*

Основными методами компенсации прогиба валов являются бомбировка и регулируемый прогиб.

Равномерность линейного давления между соприкасающимися валами оказывает значительное влияние на качество бумаги, обеспечивая равномерное обезвоживание по ширине бумажного полотна на прессах бумагоделательных машин, а также равномерное уплотнение, гладкость и лоск при обработке на каландрах и суперкаландрах.

Вал любой конструкции на участке между опорами прогибается даже под действием собственного веса, так что образующие цилиндрической поверхности вала, прямолинейные до деформации, становятся вогнутыми в верхней части и выпуклыми – в нижней. В связи с этим для равномерности давления между валами им необходимо придать не цилиндрическую, а несколько выпуклую, а иногда и вогнутую форму. Такие валы называют бомбированными.

Величина бомбировки представляет собой разность диаметров вала посередине  $D$  и по его концам  $D_0$ :

$$k = D - D_0. \quad (9)$$

Величина бомбировки прессовых валов зависит от того, отсутствует или приложена дополнительная нагрузка на верхний вал. Бомбировка валов определяет равномерность сухости полотна бумаги по ширине. При неправильной бомбировке усложняется сушка бумаги. Так как сухость полотна по ширине может изменяться на 2-3 %, усиливается износ сукон и резиновой облицовки вала. Каждому давлению соответствует своя величина бомбировки. Эту величину точно рассчитать трудно, и обычно на практике величина бомбировки подбирается эмпирическим путем.

Все это привело к разработке конструкции валов с регулируемым прогибом, обладающих рядом преимуществ, главное из которых - бесступенчатое регулирование величины прогиба, что позволяет при работе машины изменять линейное давление. Кроме того, не требуется дорогостоящая бомбировка, обеспечивается регулирование температуры вала путем циркуляции охлажденного или нагретого масла.

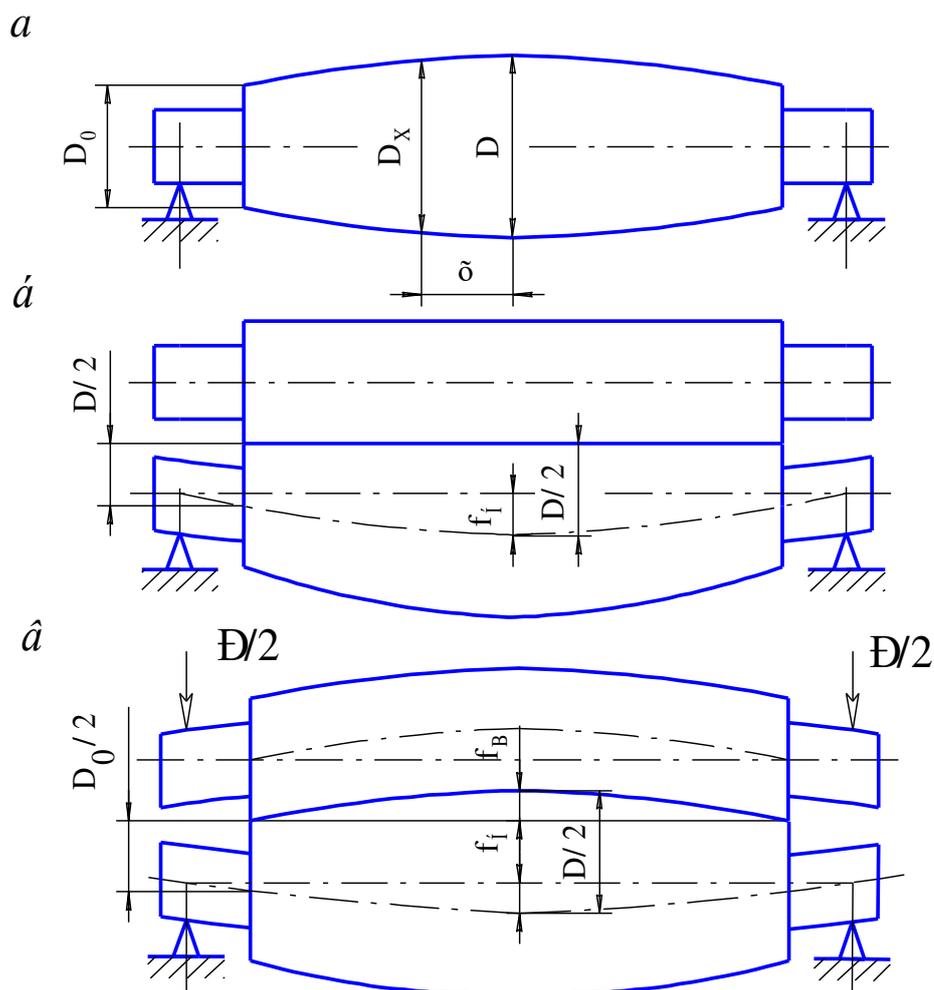


Рис. 33. Схема бомбировки:

- а – бомбировка вала; б – бомбировка нижнего вала;
- в – бомбировка обоих валов

В зависимости от схемы нагружения принцип работы плавающего вала заключается в следующем. При отсутствии внешнего давления на вал рубашка, опирающаяся на внутренние самоустанавливающиеся роликоподшипники, под действием усилия от собственной массы прогибается вниз. Сердечник плавающего вала под действием усилия от собственной массы и массы рубашки, опирающейся на него, также прогибается вниз.

Если в расположенной в верхней части плавающего вала напорной камере будет создано гидравлическое давление, равное по величине усилию от массы рубашки, то за счет обратного прогиба рубашка примет прямолинейную форму и будет опираться на слой масла.

В этом случае оба внутренних подшипника будут разгружены, а усилие от массы рубашки через слой масла будет восприниматься по всей длине камеры сердечником.

В случае, если на плавающий нижний вал будет опираться верхний вал

без дополнительного усилия прижима, то гидравлическое давление в камере должно возрасти на величину, равную усилию от массы верхнего вала.

Линия контакта между валами будет прямой, внутренние подшипники разгружены и система будет находиться в равновесии.

При действии на верхний вал усилия дополнительного прижима, приложенного к цапфам вала, давление между валами повышается и в верхнем валу возникает изгибающий момент, в результате чего последний прогибается.

Давление по концам вала становится больше, чем в середине, и внутренние подшипники вала нагружаются.

Для получения равномерного распределения давления по линии контакта между валами гидравлическое давление в камере необходимо увеличить на величину давления прижима верхнего вала и усилия, требуемого для прогиба рубашки, равного прогибу верхнего вала.

В этом случае линия контакта валов будет представлять собой кривую прогиба верхнего или нижнего вала. Следовательно, равномерное линейное давление между валами с нагруженным верхним валом будет обеспечено в том случае, если гидравлическое давление в напорной камере будет равно по величине усилию от массы рубашки, верхнего вала, усилию дополнительного прижима верхнего вала и давлению, необходимому для прогиба рубашки.

При этом внутренние подшипники будут разгружены, а гидравлическое давление будет восприниматься сердечником. Опыт эксплуатации плавающих валов показал их безусловные преимущества. Обеспечивая равномерное давление между валами прессов, можно добиться равномерных показателей качества (толщины, лоска, гладкости, сухости и др.) по всей ширине бумажного полотна, быстро менять режим работы прессов.

Констатируя преимущества плавающих валов, необходимо отметить, что себестоимость этих валов и эксплуатационные затраты значительны.

Применять эти валы экономически целесообразно на машинах обрезной шириной полотна свыше 3-4 метров и на машинах, вырабатывающих бумагу, к которой предъявляются повышенные требования по равномерности толщины и гладкости.

## **5.2. Назначение, принцип работы устройств для нормальной работы пресса**

Удовлетворительная работа прессовых частей современных бумаго- и картоноделательных машин невозможна без установки устройств, обеспечивающих нормальную работу сукон, к которым относятся: устройства для правки и натяжки сукна, сукноразгонные устройства, устройства для промывки и очистки (кондиционирования) сукна.

## *Устройства правки сукна*

Устройства правки сукна предназначены для поддержания движущегося сукна в среднем положении - симметрично оси машины, по принципу действия они аналогичны сеткоправке в сеточной части.

В прессовых частях применяют два типа устройств правки - с вертикальным перемещением опоры правильного валика и с горизонтальным перемещением опоры правильного валика.

Правка сукна осуществляется, как правило, перемещением опоры сукнопровального вала с лицевой стороны. Угол охвата сукном сукнопровального вала должен быть в пределах от 15 до 30°. Рабочее давление воздуха, подаваемого в мембранное устройство, до 0,4 МПа.

Вторая опора сукнопровального вала используется для регулирования положения сукна ручным или дистанционным приводом. Система автоматического управления сукном включает в себя в качестве импульсного устройства ролик, постоянно соприкасающийся с кромкой сукна, и исполнительный механизм с правильным валом.

## *Устройства натяжения сукна*

Устройства натяжения предназначены для поддержания натяжения и компенсации изменения длины сукна при эксплуатации.

В прессовых частях применяются горизонтальные и вертикальные сукнонатяжки.

По конструкции и работе горизонтальная и вертикальная сукнонатяжки идентичны. Это натяжки винтового типа с приводом от пневмодвигателя.

Каретки сукнонатяжных валов скользят по трубчатым направляющим, внутри направляющих находятся винт с трапецеидальной резьбой и закрепленная на каретке гайка. Предусмотрена возможность перемещения приводной стороны при отключении лицевой с помощью пневматического переключателя. Крайние положения натяжного вала фиксируются концевыми выключателями.

Предусмотрена также возможность регулировки натяжения сукна вручную при помощи маховика, расположенного на лицевой стороне машины. Ход натяжки выбирается в зависимости от длины сукна из расчета его вытяжки на 15 -20 % в зависимости от типа сукна. Рабочее натяжение сукна составляет 1-2 кН/м, расчетное - 2,5 кН/м.

При натяжении сукна возможно образование складок, поэтому устанавливаются так называемые разгонные валики. Они предотвращают образование складок и разгоняют сукна по ширине (от середины к краям). Сукно разгоняется спиралями из медных прутков толщиной 10-12 мм, разрезанных по диаметру и припаянных к трубе валика.

На одной половине валика навита левая спираль, на другой - правая; шаг спирали постепенно возрастает от середины к краям (от 200 до 350 мм).

В обрезиненных разгонных валиках спираль получается при обрезинивании. Разгонный валик охватывается сукном на  $90^{\circ}$  —  $180^{\circ}$  и устанавливается, как правило, на сукнонатяжном устройстве.

Если длина сукна превышает 20 м, то для разгона складок одного сукноразгонного валика недостаточно и на современных машинах устанавливаются изогнутые валики типа «Маунт-Хоуп». Валик состоит из изогнутой внутренней невращающейся оси. На ней установлено большое количество самоустанавливающихся подшипников. Расстояние между ними примерно равно наружному диаметру вала. На наружные кольца подшипников надета резиновая трубка, вращающаяся вместе с кольцами.

Иногда на эти кольца насажены металлические втулки, ширина которых несколько больше ширины подшипника. Неподвижную изогнутую ось можно вручную или с помощью червячной передачи поворачивать и этим устанавливать необходимое положение валика по отношению к сукну.

При повороте оси плоскость искривления может занять любое положение от горизонтального до вертикального. В горизонтальном положении плоскости искривления, если сукно охватывает валик сверху, одинаково натянуты по всей ширине. Если плоскость искривления с вертикалью образует угол больше  $90^{\circ}$ , то края сукна натягиваются сильнее его середины, а при угле, меньшем  $90^{\circ}$  наоборот, середина сукна натягивается сильнее краев.

### **5.3. Устройства промывки и механической очистки сукон**

Промывка и механическая очистка сукон осуществляются на сукномойках различных конструкций с применением системы sprays.

В современных прессовых частях бумагоделательных машин предусмотрена промывка: непрерывная (в процессе производства бумаги sprays); периодическая (в процессе производства бумаги sprays высокого давления); периодическая (на холостом ходу с использованием химических моющих веществ).

При непрерывной промывке сукно пропитывается водой из sprays непосредственно перед кондиционирующим устройством. Sprays работает постоянно при давлении до 0,3 МПа. Sprays представляет собой трубу с угловыми насадками, которые создают веерообразные струи. Шаг между насадками 400 мм.

Периодическая промывка сукна в процессе производства бумаги проводится с помощью sprays высокого давления, которые работают по 0,5 ч в смену. Эффективная очистка прессовых сукон при минимальном расходе воды может быть достигнута при давлении воды в sprays, равном так называемому пробивному давлению, за которое принимается минимальное давление воды, при котором обратная сторона сукна увлажняется. Промывка sprays высокого давления дает возможность увеличить срок службы сукна и сократить расход свежей воды.

Насадки sprыска высокого давления создают игольчатую струю и располагаются на трубе с шагом 150 — 300 мм. Sprыск рекомендуется устанавливать так, чтобы струя воды подавалась на сторону сукна, не соприкасающуюся с бумагой. Оптимальное расстояние от торца сопла до плоскости сукна от 70 до 150 мм. Sprыск целесообразно устанавливать на небольшом расстоянии от сукноведущего валика, чтобы предотвратить колебания сукна. Для того чтобы сукно равномерно промывалось по ширине, sprыск делают перемещающимся, причем скорость перемещения sprыска должна соответствовать скорости движения сукна.

Скорость sprыска  $v_{\text{спр}}$  определяют по формуле:

$$v_{\text{спр}} = \frac{d_{\text{спр}} \cdot v \cdot 16,7}{l_c}, \quad (10)$$

где  $d_{\text{спр}}$  - диаметр струи на сукне, мм;

$v$  - скорость машины, м/мин;

$l_c$  - длина сукна, м.

Равномерное перемещение sprыска с заданной скоростью осуществляется с помощью гидропневматического привода, состоящего из гидравлического исполнительного механизма, двух емкостей-посредников и блока автоматики. Диапазон регулирования скорости перемещения 0,05-10 мм/с.

Периодическая промывка сукна на холостом ходу осуществляется химическими моющими веществами, которые подаются на сукно под давлением до 0,3 МПа. Для эффективной работы прессов необходимо, чтобы сукно перед зоной прессования имело оптимальную сухость. Она составляет для обычного пресса 65 - 70 %, для прессов с поперечным потоком воды 60 - 65 %. Для достижения необходимой сухости сукна перед зоной прессования устанавливаются кондиционирующие устройства.

В современных прессовых частях бумагоделательных машин используются главным образом вальцовые и щелевые сукномойки. Вальцовые сукномойки можно классифицировать по направлению движения воды в зоне контакта валов: с продольной фильтрацией воды (вальцовые сукномойки с гладкими валами); с поперечной фильтрацией воды (отсасывающая вальцовая сукномойка и сукномойка с нижним желобчатым валом).

Вальцовая отсасывающая сукномойка не только обеспечивает хорошую промывку, но и эффективно обезвоживает сукно в широком диапазоне скоростей. Ширина отсасывающей камеры составляет 50 - 60 мм при вакууме в камере 40 - 47 кПа. Сукномойки с отсасывающим валом эффективны на машинах, работающих на скоростях до 700 м/мин. Из-за сложности конструкции и высоких эксплуатационных расходов этот тип сукномоек рекомендуется применять для очистки сукна первого пресса.

Желобчатые сукномойки применяются на современных быстроходных машинах при скорости более 300 м/мин. Линейные давления между валами вальцовой сукномойки составляют 30 кН/м.

Щелевые отсасывающие сукномойки находят все более широкое применение для кондиционирования прессовых сукон бумагоделательных машин.

Для каждого вида сукна в зависимости от его структуры, влагосодержания, а также скорости пресса существуют оптимальные конструкции щелевых отсасывающих сукномоек, характеризующихся шириной и количеством щелей. В зависимости от водопропускной способности сукон ширина щелей сукномоек составляет от 8 до 12 мм. Для иглопробивных сукон с высокой водопропускной способностью ширина щели принимается равной 8-10 мм. Увеличение ширины щели свыше 12 мм резко повышает износ сукон при незначительном повышении эффективности работы сукномойки.

В условиях интенсивного загрязнения сукон, например, при выработке бумаги, содержащей значительное количество наполнителя или мелкого волокна, находят применение сукномойки, у которых в покрытии имеются пазы в «елочку», расположенные под углом  $45^\circ$  к продольной оси сукномойки.

## **6. НАЗНАЧЕНИЕ, УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ СУШИЛЬНОЙ ЧАСТИ И ЕЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ**

После прессовой части сухость бумаги обычно составляет от 28 до 45 %. Дальнейшее обезвоживание до конечной сухости 92 - 95 % происходит в сушильной части бумагоделательной машины. Количество испаряемой здесь воды определяется сухостью бумаги, поступающей в сушильную часть и уходящей из нее, колеблется в пределах от 1,3 до 2,5 кг воды на 1 кг бумаги, что примерно в 50 - 100 раз меньше количества воды, удаляемой из мокрой части машины.

Из всех частей бумагоделательной машины сушильная часть - наибольшая по длине. Принципиальная схема сушильной части БДМ, представлена на рис. 34.

Количество сушильных цилиндров в зависимости от скорости машины, массы  $1 \text{ м}^2$  и вида бумаги, может быть от 60 до 80 (диаметром 1500 мм). Вес сушильной части без учета вспомогательного оборудования составляет примерно 60 - 70 % веса быстроходной машины, а стоимость доходит до 50 % стоимости всей машины.

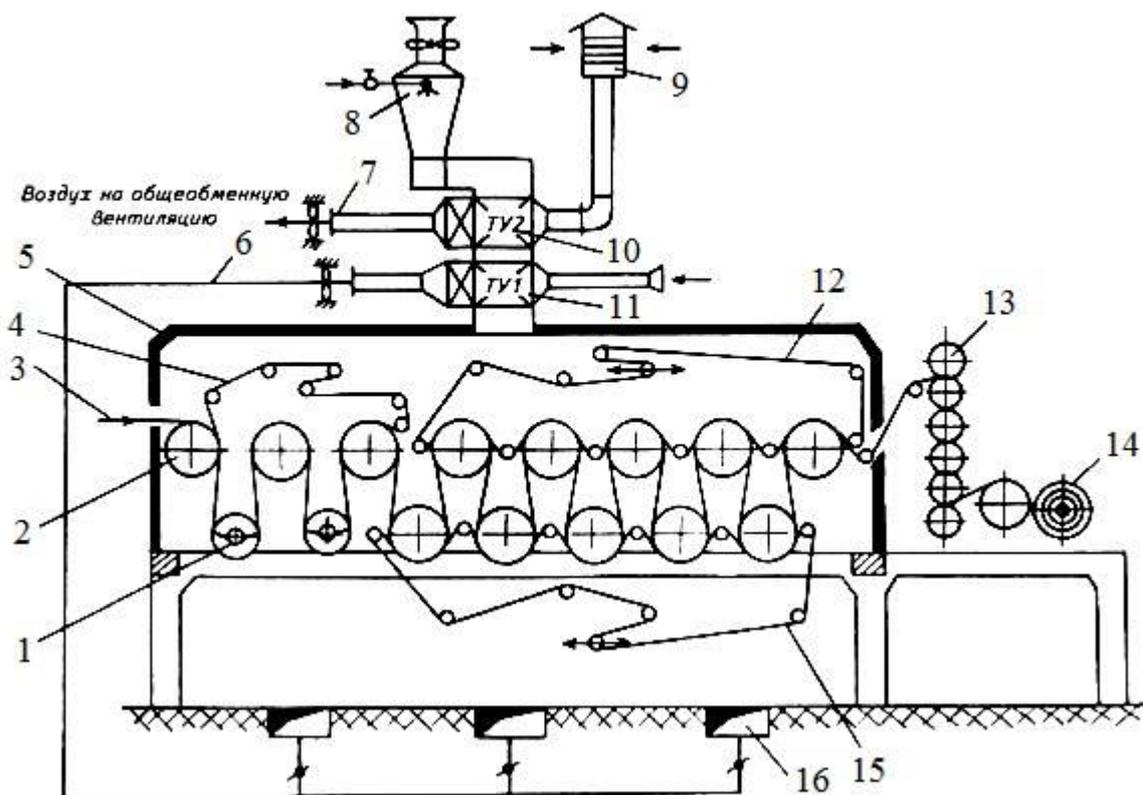


Рис. 34. Принципиальная схема сушильной части БДМ:

- 1 - вакуумный вал; 2 - бумагосушильный цилиндр;  
 3 - бумажное полотно; 4 - сушильная сетка; 5 - вентиляционный колпак; 6 - сушильный воздух; 7 - подача воздуха на общеобменную вентиляцию; 8 - скруббер; 9 - воздухозаборная шахта; 10 - теплоуловитель 2 - й ступени; 11 - теплоуловитель 1 - й ступени; 12 - верхняя сушильная сетка при традиционной схеме проводки бумажного полотна; 13 - каландр; 14 - накат; 15 - нижняя сушильная сетка; 16 - воздухораспределительные каналы

Эксплуатационные расходы, связанные с работой сушильной части, также значительны: стоимость пара на сушку и вентиляцию составляет 5 - 15 % стоимости бумаги; мощность, потребляемая сушильной частью, равна примерно половине всей мощности, потребляемой машиной (без учёта мощности, расходуемой вакуумными насосами).

Удаление воды в сушильной части значительно дороже, чем в мокрой части. В связи с этим очевидна целесообразность максимально возможного повышения сухости бумаги, поступающей в сушильную часть, так как при этом снижается расход пара и уменьшается необходимое число сушильных цилиндров.

В настоящее время основным методом сушки бумаги на бумагоделательной машине является контактный метод. Во избежание

образования морщин (коробления) бумага при сушке должна быть прижата сукнами или сетками к цилиндрам.

Нагревание цилиндров осуществляется водяным паром. Существуют конструкции сушильных цилиндров, нагреваемых органическими теплоносителями, газовыми горелками и электронагревателями, однако они не нашли широкого применения.

Контактная сушка бумаги по сравнению с другими методами обладает рядом существенных достоинств, к основным из которых следует отнести высокие экономические показатели и высокое качество вырабатываемого полотна, в частности, высокую двустороннюю гладкость. В сушильной части заканчивается проклейка бумажного полотна. Для хорошей проклейки бумаги температура ее должна быть доведена до 70 – 80 °С, прежде чем сухость бумаги достигнет 50 %. К недостаткам многоцилиндровой сушки следует отнести высокую металлоемкость (около двух третей от массы всей машины) и недостаточную интенсивность процесса.

Параллельно с контактной сушкой в бумаго- и картоноделательных машинах используется конвективная сушка нагретым воздухом. Несмотря на то, что при конвективной сушке энергетические затраты, как правило, выше, чем при контактной, она находит применение на всех современных бумаго- и картоноделательных машинах.

К достоинствам конвективного метода сушки следует отнести простоту конструктивного исполнения, широкие возможности регулирования влажности по ширине бумажного полотна, а также в ряде случаев большую интенсивность процесса по сравнению с контактной сушкой. Наиболее высокая интенсивность сушки достигается при применении колпаков скоростной сушки с сопловым обдувом движущегося полотна.

Наряду с контактной и конвективной сушкой движущихся полотен известны также комбинации двух первых способов с сушкой в энергетических полях, вакуумной сушкой и сушкой с тепломеханическим выносом влаги.

В настоящее время широкое применение за рубежом для сушки бумаги и картона находят устройства с тепломеханическим выносом влаги. При таком методе сушки происходит не только испарение влаги за счет подвода тепла, но и механическое вытеснение и замещение ее в порах материала газообразным агентом. Сушка с прососом воздуха или газа обладает весьма значительной интенсивностью. Достигнута интенсивность сушки около 140 кг/(м<sup>2</sup>·ч), что примерно в 10 раз выше средней интенсивности сушки в многоцилиндровой сушильной части.

В процессе контактной сушки при соприкосновении влажного полотна бумаги или картона с горячей поверхностью сушильного цилиндра начинается контактный теплообмен.

Некоторое количество тепла передается также радиацией, поскольку абсолютно полного контакта между бумагой и поверхностью цилиндра нет. Одновременно начинается процесс испарения влаги, сопровождающийся поглощением теплоты фазового превращения.

Образовавшийся в зоне контакта пар под действием градиента давления стремится проникнуть вглубь материала, при этом в тот момент, когда сушимый материал еще не прогрелся на всю толщину, пар конденсируется в слое материала, передавая ему тепло и способствуя тем самым более интенсивному прогреву. Тот момент, когда пар проникает сквозь толщу материала, выходя наружу, определяет начало первого периода сушки, когда, как известно, скорость влагоудаления постоянна.

Таким образом, после окончания прогрева материала имеет место парообразование с обеих его сторон. Когда влага из наружных слоев материала практически удалена, начинается перемещение зоны испарения вглубь материала. Температура слоя, контактирующего с греющей поверхностью, повышается, при этом разность температур между греющей поверхностью и поверхностью материала уменьшается, вследствие чего менее интенсивным становится и теплообмен.

При сушке бумаги на цилиндрах на механизм сушки оказывают влияние также участки свободного хода полотна между цилиндрами, где происходит свободное испарение на обеих сторонах материала, а также охлаждение наружных слоев материала, что повышает интенсивность теплообмена на сушильных цилиндрах при соприкосновении охлажденных слоев с сушильным цилиндром. В то же время на участках свободного хода полотна интенсивность испарения может снизиться за счет уменьшения средней температуры материала.

Температура бумаги в первом периоде сушки составляет не более 100 °С и остается постоянной, соответствующей температуре испаряющейся жидкости в течение всего первого периода сушки.

По окончании первого периода, после так называемой первой критической точки, скорость сушки начинает снижаться, а температура материала возрастает. Это связано с тем, что по мере развития процесса сушки уменьшается интенсивность внутреннего переноса влаги и количество влаги, поступающей к поверхности материала.

При этом влагосодержание и у поверхности материала снижается и становится равным гигроскопическому. Поверхность испарения начинает углубляться, а температура материала определяет начало второго периода - периода падающей скорости сушки.

Скорость сушки снижается на протяжении всего второго периода и становится близкой к нулю по достижении малых влагосодержаний, близких к равновесным.

Важнейшим режимным параметром процесса сушки является температура греющей поверхности, зависящая от давления пара.

В связи с тем, что интенсивность сушки резко возрастает при увеличении давления пара, в настоящее время существует тенденция к повышению давления пара от 0,5 - 0,8 до 1 МПа.

Для компенсации усадки бумажного полотна в процессе сушки сушильная часть разбивается на несколько приводных групп, между

которыми поддерживается определенное соотношение скоростей. Количество и состав приводных групп определяются ассортиментом вырабатываемой продукции и технологическими параметрами машины. Чем больше усадка полотна, тем меньше должно быть цилиндров в приводной группе.

Наибольшую усадку имеют бумаги из массы жирного помола (конденсаторная, сигаретная и др.), наименьшую - бумаги из массы садкого помола, содержащие древесную массу (газетная, оберточная и др.).

Наибольшее распространение имеют сушильные части с двухрядным шахматным расположением цилиндров.

При выборе расстояний между сушильными цилиндрами значительную роль играют конструктивные факторы. Между сушильными цилиндрами необходимо разместить сукно- или сетководущие валики и шабера, что препятствует их значительному сближению.

Следует также учитывать возможность забивания межцилиндрового пространства бумагой при обрыве и необходимость ее удаления. Повышение длины свободного хода полотна может повлечь за собой увеличение колебаний полотна, что при больших скоростях может привести к обрывам и росту холостых ходов.

Анализ теплообменных процессов на сушильных цилиндрах диаметром 1500 и 1800 мм показывает, что такие показатели, как съем влаги с 1 м сушильной поверхности, остаются примерно постоянными.

Однако, кроме теплотехнических, весьма существенную роль играют такие показатели, как металлоемкость, надежность, ремонтпригодность.

При увеличении диаметров сушильных цилиндров появляется возможность уменьшения их количества. Благодаря снижению общей длины бумагоделательной машины и количества станин сушильной части уменьшается металлоемкость БКДМ. При уменьшении числа сушильных цилиндров уменьшается также количество сукноведущих валов, шаберов. Существенно сокращается число элементов паропроводящей и конденсатоотводной систем. Уменьшается количество шестерен и подшипников паразитного привода. Поскольку большинство из перечисленных элементов требуют постоянного наблюдения и ремонта, эксплуатация машины при переходе на цилиндры увеличенного диаметра упрощается.

В отдельных случаях для выработки наиболее тонких видов бумаги (например, конденсаторной) в начале сушильной части цилиндры устанавливаются в один ряд для облегчения заправки влажного и непрочного полотна.

На картоноделательных машинах иногда применяется трехъярусное расположение цилиндров, а на сушильных машинах - многоярусное (5-6 рядов), что сокращает длину сушильной части. При этом, однако, усложняется ее обслуживание и обслуживание привода сушильных цилиндров.

Особую компоновку имеют сушильные части машин для выработки

санитарно-гигиенических видов бумаги и бумаги односторонней гладкости.

Сушильная часть состоит из одного большого цилиндра диаметром 3200 - 6000 мм. Бумага прижимается к сушильному цилиндру одним, двумя, реже, тремя обрезиненными прижимными валами. По ходу бумаги линейное давление возрастает и на последнем валу достигает 80 - 100 кН/м. На современных машинах первый, а иногда и второй прижимной вал - отсасывающие, работающие при невысоком вакууме. Бумажное полотно сухостью после прессовой части 26-30 %, проходя между прижимными валами и сушильным цилиндром, дополнительно обезвоживается до сухости 40 – 45 %. Далее интенсивность обезвоживания во многом зависит от работы вентиляционного колпака.

После сушильного цилиндра бумага поступает на накат, иногда до наката устанавливают двухвальный горизонтальный каландр.

Производительность машины зависит от испарительной способности сушильного цилиндра, на котором бумага высушивается до конечной сухости.

Сушильные, сукносушильные и холодильные цилиндры - основные узлы сушильной части машины. Сушильные и сукносушильные цилиндры предназначены для контактной сушки полотна бумаги (картона) и сукон, а холодильные цилиндры - для охлаждения и увлажнения бумажного (картонного) полотна перед его каландрированием и намоткой.

## **6.1. Сушильные цилиндры**

Сушильные цилиндры определяют интенсивность процесса сушки и качество высушиваемого на них полотна. К ним предъявляются следующие основные требования: минимальное термическое сопротивление, механическая прочность, гладкость и износостойкость поверхности, минимальные отклонения от номинальных размеров и правильность геометрической формы бочки, динамическая уравновешенность, удобство технического обслуживания в процессе эксплуатации. Рабочие поверхности некоторых сушильных цилиндров, например устанавливаемых после клеильных прессов и других устройств для нанесения на бумагу покрытий, должны, кроме того, обладать повышенными антикоррозионными и антиадгезионными свойствами. Наибольшее применение имеют сушильные цилиндры диаметром 1500 мм (рис. 35).

Основными частями цилиндра являются корпус и соединенные с ним болтами торцовые крышки с цапфами. Корпус и крышки отливаются из серого или высокопрочного чугуна. В крышке лицевой стороны имеется герметично закрытый люк овальной формы с размерами 325x400 мм, достаточными для проникновения в цилиндр человека для проведения монтажа или ремонта конденсатоотводного устройства и внутреннего осмотра цилиндра. При больших нагрузках на широких бумагоделательных машинах цапфы цилиндра выполняются из стали или из наиболее прочных марок чугуна и соединяются с крышками болтами. Формы крышек цилиндров имеют несколько

разновидностей, наиболее распространены торообразные и сферические вогнутые или выпуклые. На крышке лицевой стороны цилиндра имеется канавка для заправочных канатиков. На цапфу приводной стороны насаживается зубчатое колесо паразитного привода. Внутренняя полость цилиндра растачивается, а наружная поверхность шлифуется. Цилиндр динамически балансируется и подвергается гидравлическому испытанию на давление в 1,5 раза превышающее рабочее.

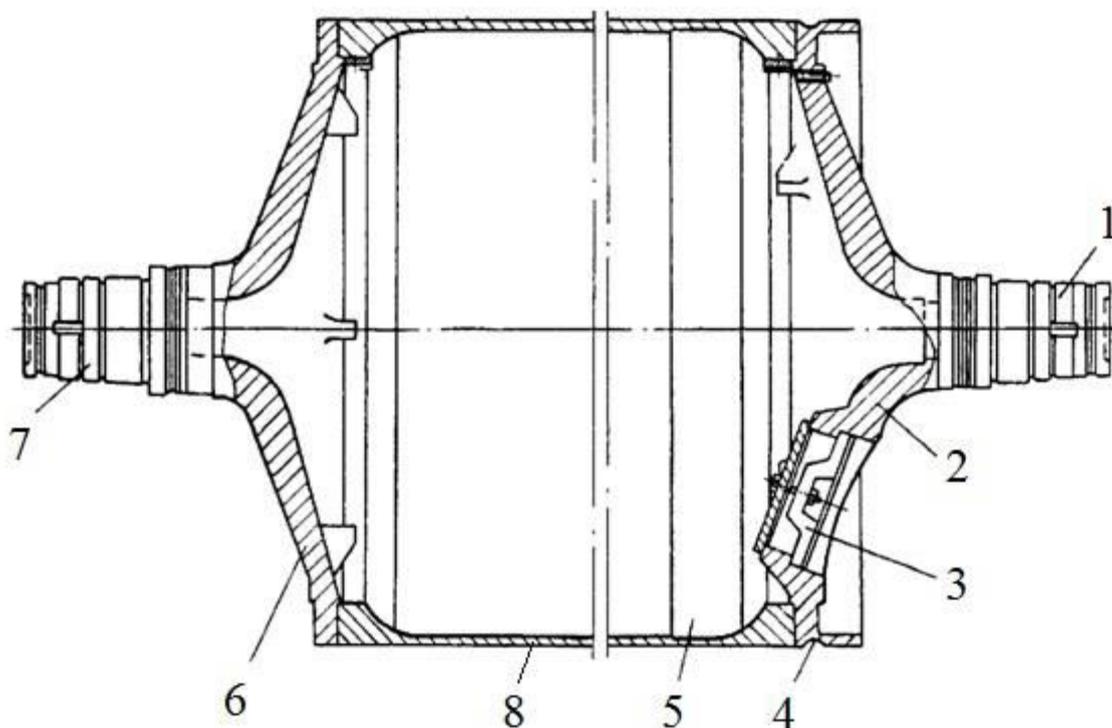


Рис. 35. Сушильный цилиндр:

- 1 – лицевая цапфа; 2 – лицевая торцевая крышка; 3 – смотровой люк; 4 – канавки заправочных канатиков; 5 – углубление для наконечника сифона; 6 – проводная торцевая крышка;
- 7 – приводная цапфа; 8 – цилиндрический корпус (обечайка)

В опорах цилиндров устанавливаются роликоподшипники. Они работают в условиях повышенной температуры (до 150 - 170 °С) вследствие нагрева от цапф, через которые проходит пар. Температурная деформация внутреннего кольца подшипника, сидящего на цапфе, значительно больше, чем наружного. Радиальный зазор в подшипнике при нагреве сушильных цилиндров существенно уменьшается. Для того чтобы не происходило полной выборки радиального зазора и защемления тел качения, подшипники сушильных цилиндров должны иметь повышенные начальные радиальные зазоры по III или IV группе в зависимости от температурного режима.

В подшипниковых узлах, работающих при температуре более 120 °С, должны устанавливаться подшипники, прошедшие специальную термообработку, - температурный отпуск для стабилизации размеров. В противном случае при высокой рабочей температуре вследствие структурных

превращений в металле возникают остаточные деформации внутренних колец подшипников, приводящие к ослаблению натяга в сопряжении подшипника с цапфой и уменьшению остаточного радиального зазора в подшипнике (иногда до нулевого значения).

### *Холодильные цилиндры*

Для охлаждения бумажного полотна перед его поступлением в каландр в конце сушильной части устанавливаются холодильные цилиндры, охлаждаемые проточной водой.

Наряду с охлаждением бумажного полотна с 90 - 70 до 55 - 50°C на холодильных цилиндрах происходит и увлажнение его за счет осаждения влаги, конденсирующейся на стенках холодильных цилиндров из окружающего воздуха, температура которого выше температуры наружной поверхности холодильников. Поэтому рабочая поверхность должна обладать высокими антикоррозионными свойствами.

Влажность бумаги после холодильных цилиндров возрастает на 1,5 - 2,5 %. Это придает бумаге большую пластичность и способствует лучшему уплотнению и повышению ее гладкости при прохождении через каландр, а также уменьшает электризацию бумаги.

Холодильные цилиндры широких и быстроходных машин (такого же диаметра, что и сушильные цилиндры) отличаются от них лишь устройством для подачи и отвода охлаждающей воды. Вода из водопроводной магистрали подается с лицевой стороны машины в перфорированную трубу диаметром 35 - 40 мм, расположенную внутри цилиндра и заканчивающуюся у приводной его стороны.

В современных конструкциях предусмотрена подача воздуха давлением 0,13 - 0,15 МПа в холодильный цилиндр и удаление воды сифоном под избыточным давлением воздуха.

Применяются три способа отвода конденсата из сушильных цилиндров: неподвижным сифоном, вращающимся сифоном и черпаком.

Паровые головки с неподвижными и вращающимися сифонами устанавливаются на машинах, работающих со скоростями более 250 м/мин, когда образуется замкнутое конденсатное кольцо в цилиндре, а с черпаками - на машинах до 250 м/мин (при диаметре цилиндров 1,5 м).

Черпак внутри прикреплен к приводной крышке сушильного цилиндра. В нижней части цилиндра конденсат отбирается черпаком и подается в кольцевое пространство между внутренней стенкой цапфы и трубой для подачи пара в цилиндр.

В конструкции паровой головки с неподвижным сифоном (рис. 36 и 37), сифонная труба диаметром от 35 до 60 мм расположена примерно на расстоянии 300 мм от края сушильного цилиндра с приводной стороны и имеет наконечник, отстоящий на 2-3 мм от стенки цилиндра.

В зависимости от направления вращения и количества конденсата в

цилиндре сифон смещается на  $15 - 20^\circ$  по направлению вращения. Сифонная труба закреплена консольно в корпусе сальника и дополнительно поддерживается трубой для подачи пара, расположенной внутри цапфы. Сборка сифона производится внутри цилиндра, для доступа в который в лицевой крышке имеется лаз. Для возможности сборки вертикальная труба сифона соединена фланцем с его изогнутой частью.

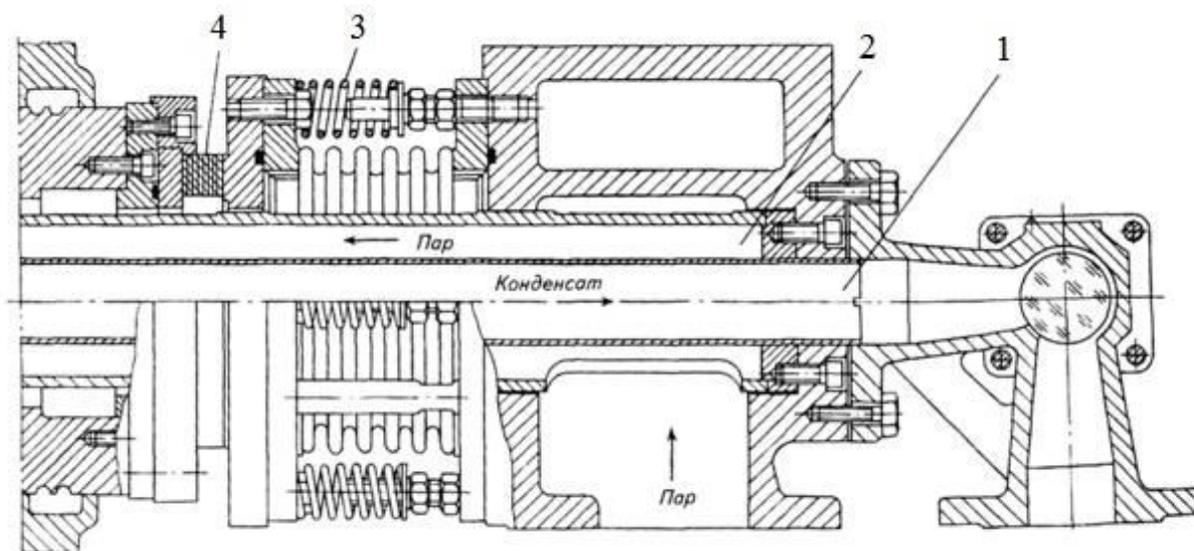


Рис. 36. Паровая головка для неподвижного сифона:

- 1 – конденсатная труба; 2 – кольцевой зазор для подачи пара;
- 3 – пружины; 4 – графитовое уплотнительное кольцо

Паровая головка с вращающимся сифоном включает неподвижную и вращающуюся части, контактирующие через сферические графитовые кольца, как показано на рис. 38. Пар из корпуса паровой головки через паровпускную трубу поступает в сушильный цилиндр, а конденсат уходит из цилиндра по вращающейся конденсатоотводящей трубе.

Крепление конденсатоотводящей трубы к крышке сушильного цилиндра аналогично креплению черпака-сифона.

Наличие сферических поверхностей трения, а также зазоров по радиусу между уплотнительными кольцами и корпусом позволяет компенсировать значительные перекосы осей между неподвижной и вращающейся частью головки, что существенно облегчает ее монтаж и обеспечивает надежность в эксплуатации. К преимуществам конструкции головки следует отнести также ее ремонтпригодность. В случае выхода из строя сальникового уплотнения или графитовых колец не требуется разборка головки, она заменяется целиком (блоком), что сокращает время простоя и снижает трудозатраты на ремонт.

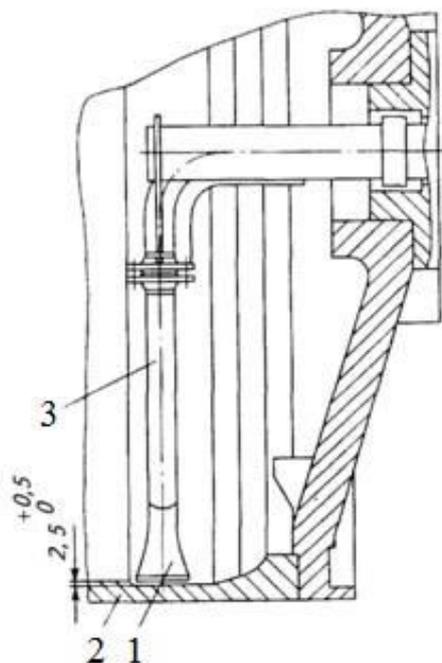


Рис.37. Неподвижный сифон:

- 1 – наконечник сифона; 2 – сушильный цилиндр;
- 3 – отводящая труба сифона

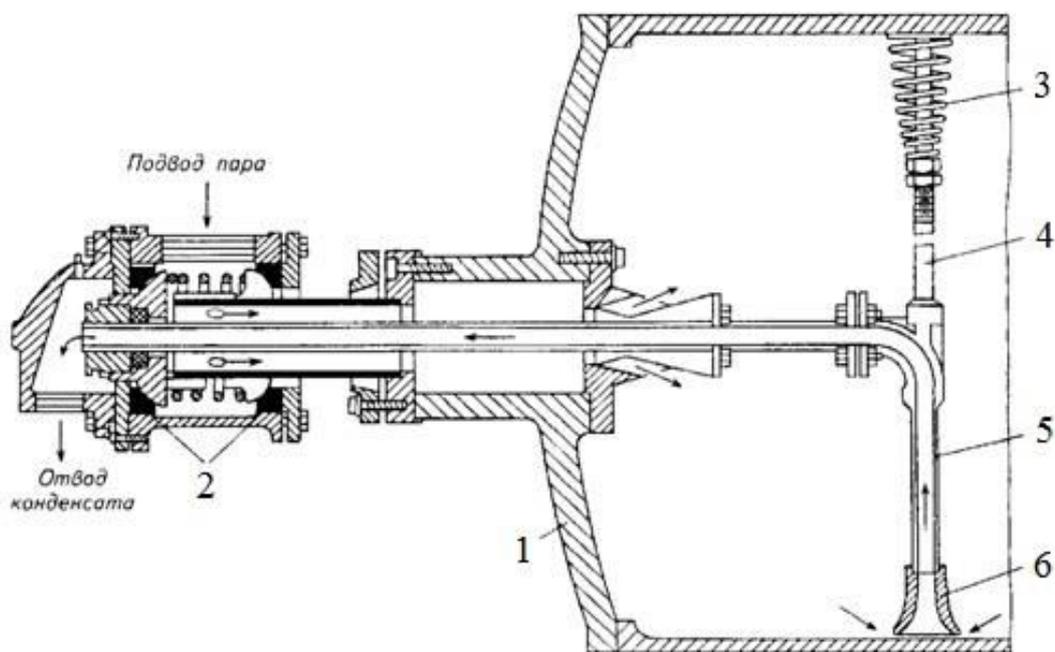


Рис. 38. Паровая головка с вращающимся сифоном:

- 1 – сушильный цилиндр; 2 – графитовые уплотнительные кольца;
- 3 – распорная пружина; 4 – штанга; 5 – сифонная трубка; 6 – насадка

## 6.2. Привод сушильных цилиндров

Среди различных систем приводов сушильных цилиндров (шахматный, паразитный, червячный, гипоидный и др.) на современных бумагоделательных машинах наибольшее распространение получил так называемый встроенный «паразитный привод».

Основным назначением паразитного привода группы цилиндров является приведение цилиндров в синхронное вращение.

Встроенный паразитный привод включает зубчатые колеса, установленные на цапфах сушильных цилиндров; паразитные шестерни, осуществляющие кинематическую связь всех цилиндров приводной группы, приводную шестерню, вал которой соединен с приводом машины, корпусные детали, в которые заключены все зубчатые колеса с опорами, а также опоры приводной стороны сушильных цилиндров (корпуса встроенного паразитного привода одновременно являются станинами приводной стороны). Одним из первых является паразитный привод с прямым расположением зубчатых колес.

На цапфы сушильных цилиндров за подшипниками насажены зубчатые колеса, диаметр которых (950 мм) меньше диаметра сушильного цилиндра. Шестерни нижнего ряда цилиндров сцепляются между собой при помощи паразитных шестерен. Шестерни верхних цилиндров приводятся во вращение от промежуточных шестерен, сцепляющихся с паразитными шестернями нижнего ряда.

Вал одной из паразитных шестерен, расположенный в середине группы, соединен муфтой с редуктором привода. Эта приводная шестерня, как и ближайшие к ней, передающие значительную мощность, в машинах скоростью до 400 м/мин стальные, остальные шестерни - чугунные.

При скорости машин свыше 400 м/мин все шестерни нижнего ряда стальные (косозубые или шевронные). Шестерни верхних сушильных цилиндров и промежуточные - чугунные.

К недостаткам такого привода можно отнести межцилиндровые пространства, которые в значительной степени закрыты, и это затрудняет вентиляцию «пазух». Весьма усложнена заправка нижних сукон в межцилиндровых пространствах сукноведущих валов, они не могут быть унифицированы с остальными сукноведущими валами, подшипниковый узел приводной стороны такого вала полностью закрыт корпусом паразитного привода, что требует снятия вала для ревизии или смены подшипника.

Наличие вертикальных разъемов корпусов усложняет уплотнение и увеличивает опасность вытекания масла.

В последнее время все шире применяется паразитный привод с угловым расположением зубчатых передач.

Диаметр шестерен на сушильных цилиндрах и паразитных меньше диаметра шестерен в приводе, но число зубчатых передач возрастает. Приводной является одна из паразитных шестерен, расположенных в середине

приводной группы. Основное преимущество этих приводов - наличие менее громоздкого корпуса редукторов привода, а вследствие этого и более свободный доступ воздуха для вентиляции с приводной стороны машины. Корпуса редукторов привода не имеют вертикальных разъемов, что улучшает уплотнение и уменьшает возможность вытекания масла.

Другой разновидностью паразитного привода с угловым расположением шестерен является привод, в котором все зубчатые зацепления образуют единую кинематическую цепь и передают крутящий момент для привода нижних и верхних сушильных цилиндров. Её преимущество в том, что сукноведущие валики нижних сукон открыты и могут быть унифицированы с остальными сукноведущими валиками, количество вертикальных стыков минимальное, обеспечены нормальные условия для прохода вентиляционного воздуха. Однако этот привод содержит наибольшее количество элементов - шестерен, валов, подшипников и т.д. и имеет минимальный КПД.

Перспективным является также паразитный привод с двухрядным расположением шестерен. В этом приводе межцилиндровые пространства открытые, условия установки сукноведущего вала благоприятные. Но корпуса имеют вертикальные разъемы.

## 7. КАЛАНДР

На большинстве бумагоделательных машин после сушильной части устанавливается каландр, предназначенный для повышения лоска, гладкости и объемного веса бумаги, а также для придания ей равномерной толщины по ширине полотна.

Разрывная длина бумаги после каландра увеличивается, а число двойных перегибов уменьшается.

Каландр состоит из 3-10 валов в зависимости от вида вырабатываемой бумаги. На низко- и среднескоростных БДМ в большинстве случаев установлен шестивальный каландр, а при выработке тонкой бумаги иногда ограничиваются и тремя валами. Большее количество валов (8-10) имеют каландры быстроходных бумагоделательных машин для выработки газетной и крафт-оберточной бумаги. При прочих равных условиях - чем выше скорость бумагоделательной машины, тем требуется большее число валов каландра.

Нижний вал каландра приводной, а остальные вращаются вследствие трения друг о друга. Бумага, заправляемая между верхними валами каландра, последовательно проходит между всеми валами при все возрастающем линейном давлении.

Для воздушной заправки между сушильной частью и каландром с лицевой стороны установлены направляющие стальные листы шириной от 400 до 500 мм (рис. 39).

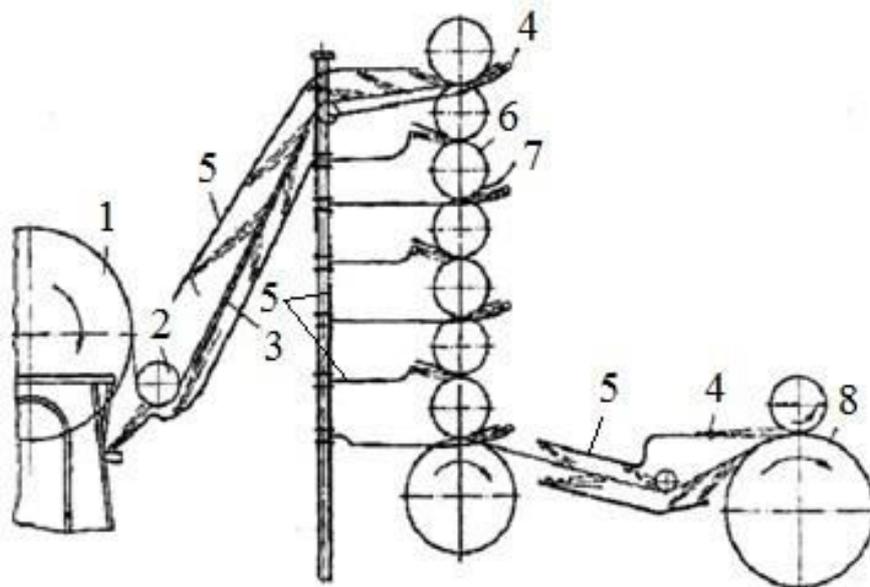


Рис. 39. Воздушная заправка бумаги на каландр и накат:

- 1 – холодильный цилиндр; 2 – бумаговедущий валик на пружинах; 3 – направляющие листы; 4 – воздушные сопла;  
 5 – воздухопровод; 6 – вал каландра; 7 – шабер вала каландра;  
 8 – накат

Специальным ножом, установленным в сушильной части до холодильных цилиндров, обрезается полоса бумаги шириной 150-200 мм. При помощи воздушных сопел полоса бумаги подается между направляющими листами и заправляется между двумя верхними валами. Между всеми валами каландра полоса бумаги также заправляется воздушными соплами. Затем заправочная полоса при помощи перемещающегося поперек машины ножа доводится до полной ширины полотна.

Для того чтобы натяжение бумаги между сушильной частью и каландром поддерживалось примерно постоянным, в этом месте устанавливают бумаговедущий валик на пружинах.

Перед входом бумаги между верхними валами установлена выпуклая неподвижная труба (так называемая расправляющая дуга), которая предотвращает образование складок на бумаге. На современных машинах вместо расправочной дуги устанавливают разгонные бумаговедущие валики типа Маунт-Хоуп.

Так как при работе валов возникают значительные контактные напряжения, рабочая часть их должна иметь износоустойчивую поверхность (твердость не менее 70-80 единиц по Шору). Такие валы отливают из чугуна специального состава. По механическим свойствам такой чугун близок к чугуну СЧ 24-44.

Для получения твердого износоустойчивого слоя рабочую поверхность валов отливают в металлическую форму (кокиль). Вследствие интенсивного охлаждения на поверхности рабочей части вала образуется слой отбеленного

чугуна. Цапфы валов не отбеливают, чтобы не повысить их хрупкости. Твердый износостойчивый слой на стальных валах получают, производя поверхностную закалку (обычно - токами высокой частоты).

Каждый вал в каландре опирается по всей длине своей рабочей части на нижележащий вал. Под действием веса подшипников и их корпусов, цапф и шаберов, консольно нагружающих цапфы, валы прогибаются кверху, что нарушает между валами равномерность линейного давления по ширине полотна.

Специальные гидро- или пневмоустройства позволяют не только вывешивать эти консольные нагрузки, но и создавать избыточные нагрузки на консольных частях, прогибающие валы в противоположную сторону. Эти гидро- и пневмоустройства называют механизмами вылегчивания, а усилия, создаваемые ими, усилиями вылегчивания.

Механизм вылегчивания позволяет: полностью компенсировать нагрузку от консольных частей; компенсировать разность консольных нагрузок, возникающую на смежных промежуточных валах из-за наличия внутренних и внешних шаберов, а также разную жесткость валов для обеспечения равномерного контакта в захватах; уменьшать в значительных пределах нагрузку на нижний вал от рабочей части самих валов и тем самым регулировать линейное давление между валами; обеспечить (в известных пределах) возможность работы каландра с разным числом валов в батарее, не изменяя бомбировки нижнего вала; корректировать изменение толщины бумажного полотна по краям.

Известны различные схемы механизма вылегчивания. Наибольшее распространение получила схема независимого вылегчивания каждого вала с восприятием реакции усилия вылегчивания от каждого вала непосредственно на станину.

В этих устройствах мембранные исполнительные механизмы закрепляются на лицевой и приводной сторонах станин, в вертикальном или горизонтальном положении, создаётся необходимое и независимое на каждом валу усилие вылегчивания. Для увеличения линейного давления между валами и для их полного разведения служит механизм подъема и прижима валов.

В каландрах ранних конструкций наиболее распространены рычажно-грузовые механизмы прижима валов сверху. В современных конструкциях каландров используются гидравлические и пневматические механизмы прижима и электромеханические системы подъема и опускания валов (рис. 40). В электромеханическую систему подъема и опускания валов входят реверсивный электродвигатель, червячные редукторы и горизонтальный вал, синхронно передающий вращение подъемным винтам, соединенным с тягами подъема валов.

В каландре отечественной конструкции внутри станин расположены две тяги, соединенные между собой внизу коромыслом, поворачивающимся на оси. Одна тяга, на которой закреплены упоры подъема и прижима валов,

служит для подъема (разведения) и прижима валов, а другая является соединительным звеном с электромеханическим приводом подъема и опускания валов.

Упоры подъема валов (начиная от рычага верхнего вала) устанавливаются с нарастающими зазорами, благодаря чему при перемещении тяги с упорами вниз, упоры, поочередно взаимодействуя с рычагами валов, разводят их на примерно равные расстояния. Для дополнительного прижима служат две диафрагмы, встроенные в червячные редукторы. Шток диафрагмы проходит через полый винт червячного редуктора и опирается на верхнее коромысло прижима, через которое при помощи разрезных упоров прижима, закрепленных на тяге, давление передается на рычаги валов.

Для независимого вылегчивания промежуточных валов служат устройства с мембранно-рычажными исполнительными механизмами.

В классической компоновке каландра, широко применяемой до настоящего времени, обычные металлические валы располагаются в одной плоскости один под другим, а нижний вал является приводным и бомбированным. Дополнительный прижим (в случае необходимости) прилагается к верхнему валу. Количество валов в батарее определяется линейным давлением в последнем захвате каландра для определённого вида бумаги.

В ходе развития бумагоделательного машиностроения классическая компоновка перестала удовлетворять эксплуатационным требованиям в связи с тем, что увеличение рабочих скоростей и ширины бумагоделательных машин стало приводить, во-первых, к частым обрывам бумаги из-за возникновения недопустимых вибраций в многовальной каландровой батарее и, во-вторых, к неравномерности профиля полотна по его ширине в связи с возникновением больших прогибов валов.

В связи с широким распространением валов с регулируемым прогибом появились широкие технологические возможности по интенсификации процесса каландрирования. Современные конструкции каландров позволяют создавать необходимые линейные давления в любом захвате, сохраняя их равномерность по всей длине валов. Это дало возможность уменьшить количество валов в каландровой батарее, повысить надежность ее работы и снизить металлоемкость конструкции.

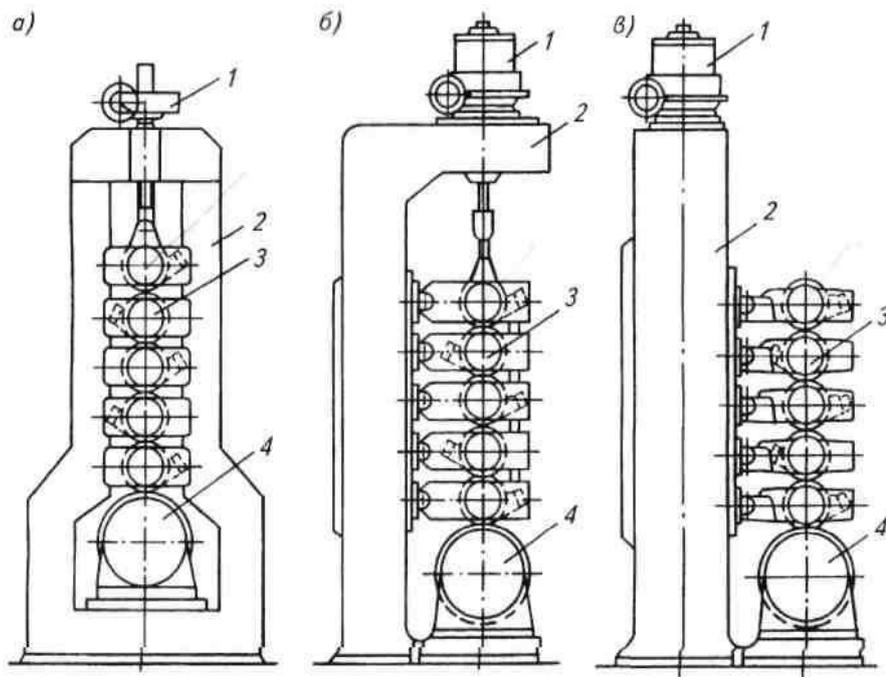


Рис. 40. Типы машинных каландров:  
 а – с закрытыми станинами; б – с открытыми станинами и консольным закреплением механизма прижима и подъёма валов;  
 в – с открытыми станинами и встроенным механизмом вылегчивания валов; 1 – механизм подъёма и прижима валов; 2 – станина; 3 – промежуточные валы; 4 – нижний вал

Из многообразия типов каландров с весьма различными технологическими характеристиками необходимо выбирать такой каландр, который при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах обеспечивает получение продукции высокого качества и при этом является достаточно универсальным. В значительной степени этим требованиям удовлетворяет каландр отечественной конструкции, в котором при наличии нижнего и промежуточного валов с регулируемым прогибом дополнительный прижим может осуществляться в любом захвате. Для этого нужно соответствующим образом установить нижний прижимной упор на тяге подъема и прижима валов.

## 8. НАКАТ

Наматывание бумаги в рулоны производится на накате, устанавливаемом в конце бумагоделательной машины. Хорошее качество и равномерная плотность намотки рулонов бумаги обеспечивают оптимальные условия для дальнейшей ее переработки.

На современных бумагоделательных машинах почти повсеместно применяются периферические накаты (рис. 41), где наматываемый рулон бумаги прижимается к цилиндру наката, вращающемуся с постоянной окружной и угловой скоростью.

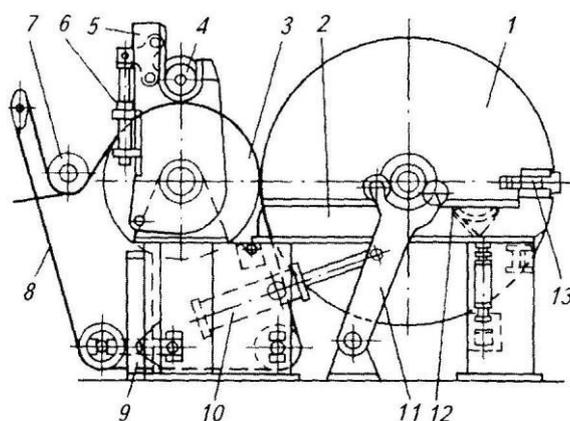


Рис. 41. Схема периферического наката:

1 – наматываемый рулон; 2 – станина; 3 – цилиндр наката;  
4 – тамбурный валик; 5 – приёмные рычаги; 6 – пневмоцилиндр прижима тамбура; 7 – расправляющий валик; 8 – канатик заправочный; 9 – цилиндр привода поворота приёмных рычагов; 10 – цилиндр привода основных (рабочих) рычагов; 11 – основные рычаги; 12 – тормозное устройство рулона; 13 – демпфер

Рулон бумаги вращается под действием окружного усилия между поверхностями рулона и цилиндра наката. По мере увеличения диаметра наматываемого рулона число оборотов его непрерывно уменьшается, а окружная скорость остается постоянной, равной (с точностью до 0,05-0,15 %) окружной скорости цилиндра наката.

На тамбурный валик, расположенный в заправочных рычагах, бумага наматывается до тех пор, пока радиус рулона не составит 50-70 мм. В это время уже намотанный рулон, находящийся в рабочих рычагах, снимается с наката. Наматываемый же рулон переводят с заправочных рычагов на освободившиеся рабочие рычаги, находящиеся на горизонтальных направляющих. Направляющие располагаются так, чтобы центры рулона и цилиндра наката были в одной горизонтальной плоскости или центр рулона был на 50 - 100 мм выше центра цилиндра.

Рабочие рычаги устанавливаются на сквозном валу, шарнирно вращающимся в опорах. Подшипники тамбурного вала скользят по

направляющим, воспринимающим вес рулона. При помощи пневматических (гидравлических) цилиндров, соединенных с рычагами, наматываемый рулон прижимается к цилиндру наката. Рабочие рычаги перемещаются в этом случае по дуге, вследствие чего при постоянном усилии, создаваемом цилиндрами, линейное давление между рулоном и цилиндром наката меняется в пределах от 3 до 5 %.

К основным узлам наката относятся цилиндр наката, механизм регулирования линейного давления и тамбурный валик.

Чугунный цилиндр наката диаметром 1100 - 1250 мм, по конструкции аналогичный холодильным цилиндрам, установлен на подшипниках качения и вращается от привода бумагоделательной машины. Угол охвата цилиндра бумагой составляет 70-80°. Для уменьшения электризации и охлаждения бумаги внутрь цилиндра подается вода. Отводится вода при помощи сифона под воздействием сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр. На машинах для выработки высококачественной бумаги во избежание коррозии цилиндр наката защищен медной рубашкой. Цилиндр снабжен шабером с возвратно-поступательным движением вдоль оси. Шабер очищает поверхность цилиндра от загрязнений и предотвращает возможность наматывания на него бумаги.

Важным показателем качества готового рулона является плотность намотки. Слабо намотанный рулон бумаги при хранении легко деформируется, теряет цилиндрическую форму, и витки в нем легко смещаются друг относительно друга вдоль оси рулона. При намотке такой рулон вращается неравномерно, поэтому натяжение бумаги меняется, что приводит к увеличению числа обрывов. При слишком тугой намотке в бумаге возникают значительные напряжения, уменьшающие предел возможных упругих деформаций бумаги при разматывании, что также увеличивает число обрывов. Таким образом, равномерность плотности намотки рулонов является одним из основных требований, предъявляемых к конструкции наката.

Равномерность плотности намотки в значительной мере зависит от линейного давления между наматываемым рулоном и цилиндром наката. Для обеспечения равномерной плотности в конструкции наката предусмотрен механизм регулирования линейного давления. На современных накатах (рис. 42) применяется пневматический прижим и отвод рулонов.

Пока рулон расположен на заправочных рычагах, необходимое линейное давление между рулоном и цилиндром наката создается вспомогательными пневматическими цилиндрами, установленными на заправочных рычагах. При перемещении рулона для укладки его в основные каретки в целях дальнейшей намотки заправочные рычаги поворачиваются специальным механизмом.

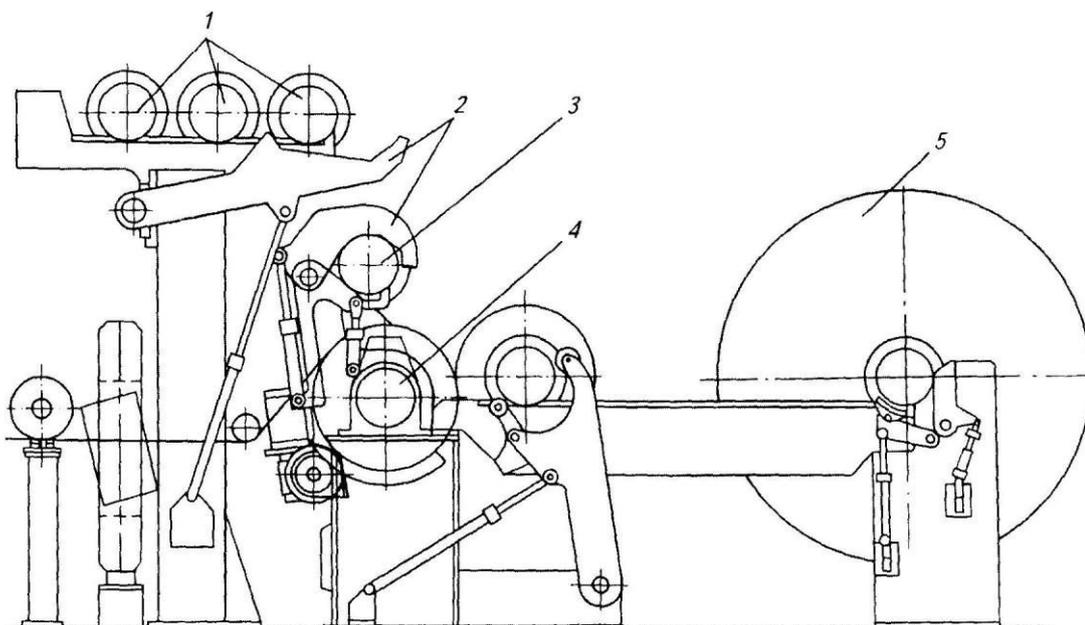


Рис. 42. Накат с устройством автоматической подачи тамбурных валиков:  
 1 – запасные тамбурные валики; 2 – система рычагов; 3 – рабочий тамбурный валик; 4 – барабан наката; 5 – снятый рулон бумаги

Этот механизм расположен с лицевой стороны машины и состоит из электродвигателя, соединенного с червячным редуктором, и зубчатых передач; одна из шестерен сцепляется с зубчатым сектором заправочных рычагов. Механизм поворота снабжен концевыми выключателями.

После передачи рулона в основные каретки необходимое линейное давление (2-4 кН/м) создается основными пневматическими цилиндрами, снабженными мембранными регуляторами давления.

Тамбурный валик представляет собой валик трубчатого сечения, вращающийся в подшипниках качения, установленных на цапфах в специальных корпусах. Корпуса подшипников имеют проточки, которыми при опускании валика с наматываемым рулоном и заправочными валиками он попадает на направляющие рабочих вилок и таким образом строго фиксируется его положение параллельно цилиндру.

На цапфе тамбурного валика устанавливается полумуфта для соединения с приводом раската продольно-резательного станка.

## 9. СУПЕРКАЛАНДР

Для большинства печатных, писчих и технических видов бумаги показатели лоска, гладкости и уплотнения после машинного каландра недостаточны. Для повышения этих показателей и выравнивания толщины бумаги, главным образом по ширине полотна, бумагу пропускают через

суперкаландр, устанавливаемый отдельно от бумагоделательной машины (рис. 43).

Суперкаландр, применяющийся с середины XIX века, от машинного каландра отличается в основном наличием набивных (бумажных) валов, большим числом валов и более высокими линейными давлениями между ними. Бумажное полотно с разматываемого рулона, установленного на раскате, проходит по расправляющей дуге или разгонному валику, заправляется на верхний вал суперкаландра и проходит между всеми валами при все возрастающем линейном давлении.

После прохождения между первым и вторым снизу валами бумага поступает на накат. При заправке бумаги через бумаговедущие валики уменьшается охват бумагой валов суперкаландра, поэтому деформация бумаги в зоне контакта между валами распределяется на большем участке полотна, в связи с чем уменьшается число обрывов. Кроме того, при такой заправке исключается возможность повторного отпечатка на бумаге вмятин, которые могут быть на набивном валу. В необходимых случаях с использованием бумаговедущих валиков можно пропустить бумагу, минуя некоторые из валов суперкаландра.

На рис. 44 а показана схема наиболее распространенного типа суперкаландра для каландрирования бумаги двусторонней гладкости.

Так как поверхность бумаги, прилегающая к металлическим валам, приобретает более высокие гладкость и лоск, чем поверхность, прилегающая к набивным валам, то для получения бумаги с близкими показателями гладкости обеих поверхностей на суперкаландры устанавливается четное число валов, причем нижний и верхний валы - металлические. Между ними чередуются набивные и металлические валы, за исключением двух смежных набивных валов, расположенных примерно посередине суперкаландра. Бумажное полотно, последовательно проходя между валами, расположенными до двух смежных набивных, все время соприкасается одной и той же поверхностью с металлическими валами. При дальнейшем прохождении после двух смежных набивных валов бумажное полотно уже соприкасается с металлическими валами другой своей поверхностью.

При четном числе валов раскат и накат расположены по одну сторону валов, так как бумага на суперкаландре заправляется на верхний вал вручную, а выходит между первым и вторым снизу валами. Бумагу с односторонним покрытием поверхности меловым слоем и бумагу односторонней гладкости пропускают через суперкаландр с нечетным числом валов (рис. 44 б).

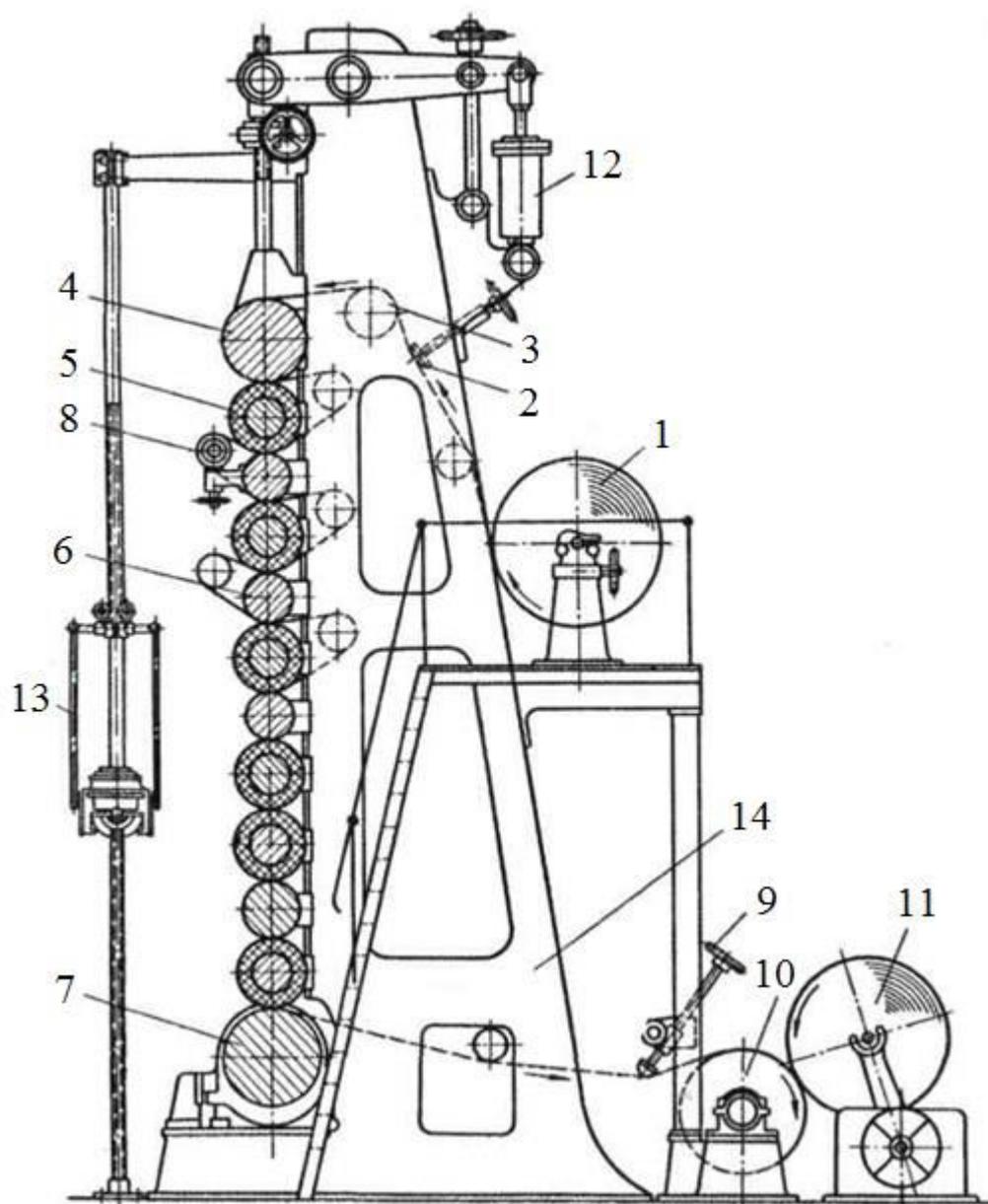


Рис. 43. Суперкаландр:

1 - разматываемый рулон; 2 - расправляющая дуга; 3 - разгонный валик; 4 - верхний вал суперкаландра; 5 - набивной вал; 6 - средний металлический вал; 7 - нижний вал; 8 - бумаговедущий валик; 9 - расправляющая дуга перед накатом; 10 - цилиндр наката; 11 - наматываемый рулон; 12 - механизм прижима и подъема; 13 - подъемник для обслуживания; 14 - односторонняя станина

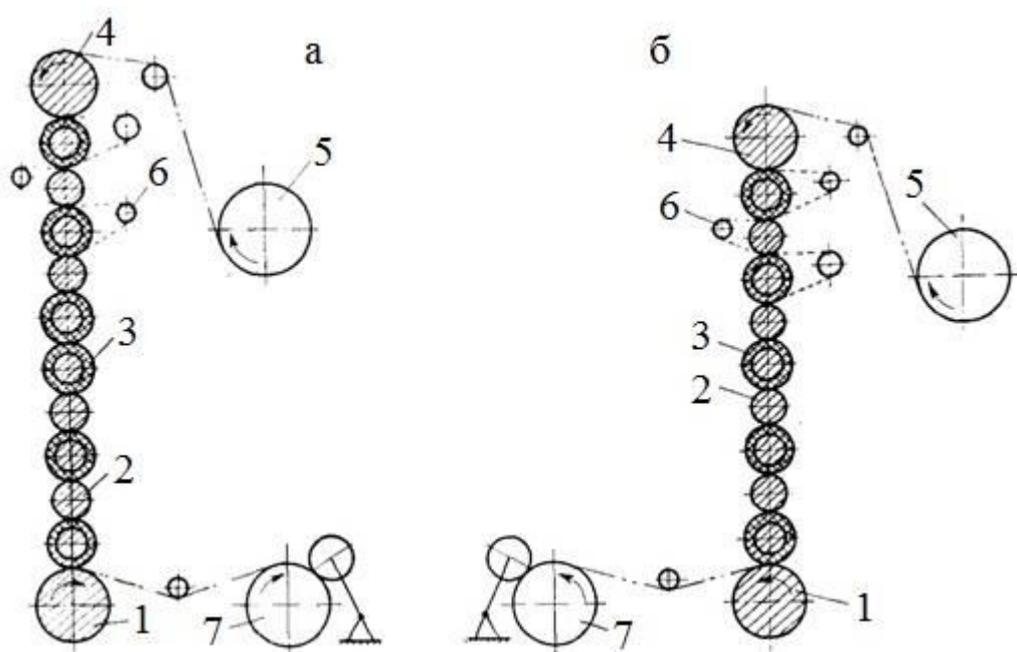


Рис. 44. Схема суперкаландров:

а – суперкаландр для бумаги двусторонней гладкости;

б - суперкаландр для бумаги односторонней гладкости; 1 — нижний вал суперкаландра; 2 — средний металлический вал; 3 — набивной вал; 4 – верхний вал; 5 — раскат; 6 — бумаговедущий валик; 7 – периферический накат

В этом случае нижний и верхний валы металлические и между ними чередуются набивные и металлические валы. При таком чередовании валов бумага все время прилегает одной своей поверхностью к металлическим валам, а другой - к набивным, приобретая одностороннюю гладкость. При нечетном числе валов накат и раскат расположены с разных сторон суперкаландра.

В зависимости от вида бумаги каландрирование ее может преследовать различные цели. Так, писчая, типографская, литографская и другие близкие к ним виды бумаги каландрируют прежде всего для повышения лоска и гладкости. Технические виды бумаги обычно каландрируют для уплотнения и выравнивания толщины, а пергамин - главным образом для увеличения прозрачности.

Суперкаландры характеризуются: шириной, скоростью, числом валов, максимальным линейным давлением между первым и вторым снизу валами и материалом набивных валов. Указанные параметры зависят от вида каландрируемой бумаги. В связи с этим суперкаландры делятся на два типа:

- для бумаги писчей, печатной и других подобных видов;
- для технических видов бумаги (конденсаторной, папиросной, пергамин и др.).

Суперкаландры первого типа характеризуются:

- шириной (обычно до 4200 мм, иногда и больше), соответствующей ширине бумагоделательной машины;
- скоростью, достигающей до 900 - 1100 м/мин (на 50 - 80 % выше скорости бумагоделательной машины);
- числом валов, равным 10-12;
- максимальным линейным давлением (250 - 300 кН/м) между первым и вторым снизу валами;
- набивными валами из шерстяной бумаги.

Суперкаландры второго типа характеризуются:

- шириной от 1000 до 2000 мм; скоростью от 150 до 450 м/мин;
- числом валов от 10 до 16 (меньшее число валов - для конденсаторной бумаги, большее - для пергамина);
- максимальным линейным давлением 500-600 кН/м;
- набивными валами из асбестовой бумаги.

Эффективность каландрирования определяется удельным давлением, числом валов, скоростью суперкаландра и влажностью бумаги. При прохождении бумажного полотна между валами суперкаландра валы и бумага деформируются. Давление распределяется по образующейся площадке деформации. Отношение линейного давления между валами к ширине площадки деформации представляет собой среднюю величину удельного давления, достигающую на суперкаландре 400 - 600 кН/м и выше. Ширина образующейся площадки между валами зависит от величины деформации набивных валов в зоне контакта, а также - бумаги по ее толщине.

При наличии набивных валов на суперкаландре, как и при обрезиненных валах на прессовой части, образуется более широкая площадка деформации. В связи с этим удельное давление оказывается сравнительно небольшим даже при большом линейном давлении и бумага не раздавливается. Продолжительность же нахождения бумаги в зоне контакта с валами возрастает, что увеличивает эффективность процесса. При неравномерной толщине бумаги по ширине полотна набивные валы деформируются легче металлических, уменьшая вероятность местного раздавливания бумажного полотна.

Ширина площадки деформации составляет 4-10 мм и почти не зависит от скорости суперкаландра. Она возрастает при увеличении линейного давления и диаметра валов и уменьшении твердости набивного вала. Уплотнение, гладкость и лоск бумаги в основном зависят от удельного давления. Увеличение удельного давления приводит к уплотнению бумаги до определенного предела, обусловленного свойствами бумаги.

Степень уплотнения бумаги на суперкаландре, характеризующаяся уменьшением толщины и повышением объемного веса, зависит также и от физико-механических свойств бумаги и степени ее предшествующего

уплотнения на каландре бумагоделательной машины. Бумага, пропущенная через три - пять валов каландра при невысоком давлении между ними, значительно уплотняется на суперкаландре даже при линейном давлении 80-100 кН/м.

Ввиду радиальной деформации набивного вала возникает разность окружных скоростей в зоне деформации. Это приводит к скольжению между валами, также повышающему гладкость и лоск бумаги. Скольжение между валами приводит к различию окружных скоростей валов и вне зоны контакта.

Чем меньше модуль упругости набивного вала, тем больше его радиальная деформация и, следовательно, больше скольжение между валами. Этим и объясняется применение наиболее упругих (мягких) валов из хлопчатобумажной набивки для каландрирования мелованной бумаги и валов из шерстяной бумаги для обработки писчих и печатных видов бумаги, к которым предъявляются требования повышенной гладкости и лоска.

Повышение скорости суперкаландра вызывает незначительное уменьшение лоска и уплотнения бумаги, но гладкость ее уменьшается значительно в связи с сокращением продолжительности пребывания бумаги в зоне контакта между валами.

Степень изменения влажности бумаги при ее прохождении через суперкаландр, зависящая от температуры валов, оказывает существенное влияние на процесс каландрирования. Подачу пара и воды необходимо регулировать так, чтобы при прохождении бумаги между верхними валами она не была высушена до конечной сухости, так как воздействие суперкаландра на сухую бумагу уменьшается. Чем выше температура валов и бумаги, тем интенсивнее процесс каландрирования, выше лоск, гладкость и прозрачность бумаги.

Все узлы суперкаландра за исключением наката, а иногда и раската, устанавливаются на станинах. Конструкция станин суперкаландров такая же, как и машинных каландров. Обычно устанавливаются односторонние станины. Наряду с чугунными литыми станинами применяются и стальные сварные, обладающие большей жесткостью. Поперечное сечение станин - коробчатое; масло-, воздухо- и паропроводы размещаются внутри станин.

Так как заправка бумаги на суперкаландре ручная и производится при малой скорости станины, валы и подшипники суперкаландров не испытывают ударной нагрузки.

Для подъема персонала, производящего заправку бумаги, на современных суперкаландрах устанавливают подъемник - винтовой или тросовый. Последняя конструкция отличается меньшим шумом при работе, а потому она предпочтительней. Подъемник имеет две скорости - повышенную - для подъема площадки вверх и малую - при опускании вниз; эта скорость синхронизирована со скоростью заправки. Подъемник, имеющий площадку, длина которой равна длине валов суперкаландра, снабжен тормозом, что позволяет остановить подъемник на любой высоте суперкаландра.

Конструкция металлических валов суперкаландров и машинных каландров

аналогична. Нижние и верхние валы суперкаландров отличаются большим диаметром в связи с большей нагрузкой, воспринимаемой ими.

При ширине суперкаландров 2520 и 4200 мм диаметры нижних валов соответственно равны 600 и 800 мм, а верхних - 500 и 650 мм. Диаметры средних металлических валов примерно такие же, как и на машинных каландрах (300 - 400 мм).

Качество отделки бумаги в значительной степени зависит от свойств и состояния набивных валов. Набивной вал, показанный на рис. 45, представляет собой сердечник, на котором под большим давлением (до 700 кН/м) запрессована специальная набивка.

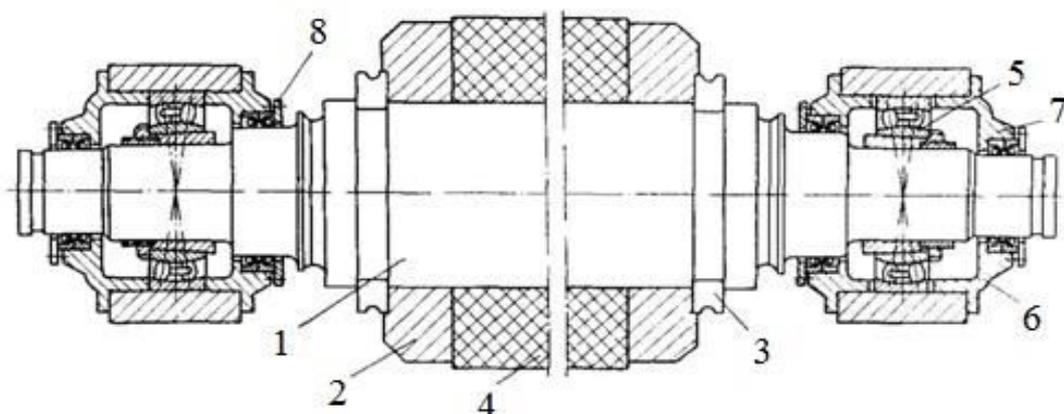


Рис. 45. Набивной вал:

1 - стальной сердечник; 2 - торцовая шайба; 3 - разъемное кольцо;  
4 - набивка; 5 - корпус подшипника; 6 - подшипник; 7 - крышка подшипника; 8 - манжетное уплотнение

Диаметры набивных валов в зависимости от ширины машины находятся в пределах от 340 до 550 мм; толщина слоя набивки по радиусу равна 80-150 мм. Набивка запрессована между двумя шайбами, которые установлены на сердечнике. От осевого смещения шайбы удерживаются закладными разъемными кольцами, расположенными в выточках сердечника. Закладные кольца входят в выточки торцовых шайб на 3-5 мм. Рабочая длина набивки на 120 – 200 мм больше ширины бумаги на суперкаландре. Поверхность набивного вала должна сравнительно легко деформироваться, но деформация должна быть только упругой. Необходимое линейное давление между валами суперкаландров создается механизмом дополнительного прижима валов. На современных суперкаландрах устанавливаются гидравлические механизмы прижима и подъема, как показано на рис. 46. Гидравлический механизм обеспечивает быстрый подъем валов, что уменьшает возможность образования вмятин на набивных валах при обрыве и заправке бумаги.

Набивные валы после их изготовления обкатывают на суперкаландре. Цель обкатки - уплотнение поверхности набивки и повышение ее твердости.

Обкатку производят после каждой последующей шлифовки валов, а также эпизодически, в процессе эксплуатации, для устранения образовавшихся на поверхности вмятин. Продолжительность обкатки новых валов от 2 до 6 суток, после повторной шлифовки 8-24 часа.

Скорость и давление в процессе обкатки постепенно увеличиваются и в конце обкатки доводятся до эксплуатационных. При обкатке валы периодически смачиваются теплой водой. Твердость набивных валов после обкатки повышается на 12 - 15 единиц и достигает 36 - 40 единиц по Шору при набивке из шерстяной бумаги. Допускается отклонение твердости по длине вала в пределах 3-4 единиц.

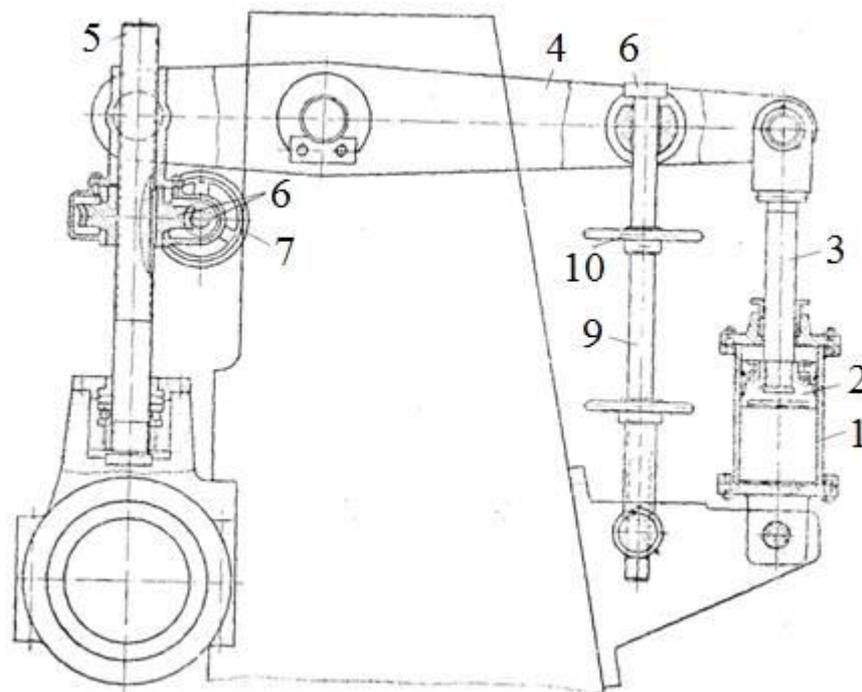


Рис. 46. Гидравлический механизм прижима и подъема:

- 1 — гидравлический цилиндр; 2 — поршень; 3 — шток; 5 — винт (тяги); 6 — червячная передача; 7 — маховик для вывинчивания тяги; 8 — упорная площадка; 9 — винт для перемещения упора; 10 — маховик для вращения винта 9

Заправочная скорость на суперкаландрах принимается равной 10 - 20 м/мин. При превышении этой скорости могут образоваться вмятины на набивных валах и ухудшиться условия безопасности. При максимальной скорости 600 м/мин регулирование рабочей скорости находится в пределах 1:6 и больше. Переход от заправочной скорости к рабочей должен быть плавным.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины для производства бумаги и картона / под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. – СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2017. - 646 с.
2. Александров А. В., Александрова Т. Н. Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги. Ч.1. Реология и гидродинамика волокнистых суспензий: учеб. пособие/ СПбГТУРП.-СПб., 2015.-132 с.
3. Александров А.В., Александрова Т.Н. Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги. Ч.2. Гидродинамика процессов формования бумаги: учеб. пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2015. -133 с.
4. Шульман Г.З., Александров А.В., Андреев А.Г. Расчет напускных устройств бумаго- и картоноделательных машин: учеб. пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2010. - 48 с.
5. Алашкевич Ю.Д. и др. Оборудование предприятий ЦБП. Ч.2: учеб. пособие / СибГТУ. - Красноярск, 2007. – 173 с.

Учебное издание

Александров Александр Васильевич  
Алашкевич Юрий Давыдович

# ОБОРУДОВАНИЕ ЦБП

**Часть II. Бумагоделательные машины**

Учебное пособие

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Компьютерная верстка Я.М. Фераро

Темплан 2018, поз.58

Подп. к печати 25.09.18. Формат 60x84/16. Бумага тип №1. Печать офсетная

Печ. л. 6,25. Уч-изд. л. 6,25. Тираж 100. Изд. №58. Цена «С». Заказ №

---

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