

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

В. В. Брель, Л. В. Веппер

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 62-83(075.8)
ББК 31.291я73
Б87

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 11 от 27.06.2019 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук,
доц. Ю. А. Рудченко

Брель, В. В.

Б87 Автоматизированный электропривод типовых производственных и транспортных механизмов : учеб.-метод. пособие по одной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. формы обучения / В. В. Брель, Л. В. Веппер. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 32 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены электроприводы на основе реально существующих типовых производственных механизмов, с размерами и параметрами, которые соответствуют требованиям технологических процессов на промышленных предприятиях. Может быть использовано студентами при подготовке к практическим занятиям.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной формы обучения.

**УДК 62-83(075.8)
ББК 31.291я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

ВВЕДЕНИЕ

В промышленном производстве, на транспорте, в строительстве, в быту, в сельском хозяйстве применяются разнообразные машины. С их помощью осуществляется добыча полезных ископаемых, обрабатываются различные материалы и изделия, перемещаются люди, предметы труда, жидкости и газы и реализуются различные процессы, необходимые для жизнеобеспечения человека. Добыча полезных ископаемых ведется с помощью экскаваторов, буровых установок и угольных комбайнов, детали и материалы обрабатываются на разнообразных станках, люди и изделия перемещаются электрическим транспортом, лифтами и эскалаторами, жидкости и газы транспортируются с помощью насосов и вентиляторов.

Рабочая машина состоит из множества взаимосвязанных деталей и узлов, один из которых непосредственно выполняет заданный технологический процесс или операцию и поэтому называется исполнительным органом. В лифтах – это кабина, в экскаваторах – ковш, у вентиляторов и насосов – рабочее колесо (крыльчатка), во фрезерном станке – фреза и т. д.

Отметим при этом одно обстоятельство – все названные технологические процессы осуществляются за счет механического движения исполнительных органов.

Исполнительный орган в процессе выполнения заданной технологической операции должен преодолевать сопротивление своему движению, обусловленное наличием сил трения или сил тяжести, упругой и пластической деформациями веществ или другими факторами. Для этого к нему должна быть подведена механическая энергия от устройства, которое в соответствии со своим назначением получило название привод.

Механическая энергия вырабатывается приводом за счет использования других видов энергии. В зависимости от вида используемой энергии различают гидравлический, пневматический, тепловой и электрический приводы. В современном промышленном производстве, коммунальном хозяйстве и в других областях наибольшее применение находит электрический привод.

Такое широкое применение ЭП объясняется целым рядом его преимуществ по сравнению с другими видами приводов: использование электрической энергии, распределение и преобразование которой в другие виды энергии, в том числе и в механическую, наиболее эко-

номично; большой диапазон мощности электроприводов и скорости их движения; разнообразие конструктивных исполнений, что позволяет рационально сочленять привод с исполнительным органом рабочей машины и использовать для работы в различных условиях – в воде, среде агрессивных жидкостей и газов, космическом пространстве; простота автоматизации технологических процессов; высокий КПД и экологическая чистота.

Возможности использования современных ЭП продолжают постоянно расширяться за счет достижений в смежных областях науки и техники: электромашиностроении, электронике и вычислительной технике, автоматике и механике. В настоящее время разработаны и применяются на практике регулируемые ЭП с двигателями переменного тока на рабочие напряжения до 16 кВ и мощности в несколько десятков мегаватт.

1. ЛЕНТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТЕР С БАРАБАНОМ-ДВИГАТЕЛЕМ

Ленточные транспортеры предназначены для массового перемещения сыпучих и штучных грузов в горизонтальном или наклонном направлении.

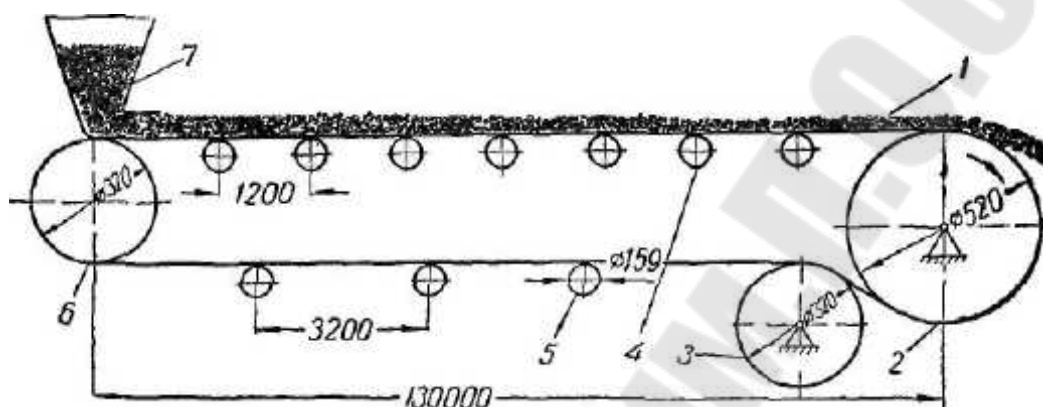


Рис. 1. Общий вид ленточного транспортера:

1 – лента; 2 – ведущий барабан; 3 – натяжной барабан, служащий для автоматического натягивания ленты; 4 – рабочие ролики, поддерживающие верхнюю нагруженную ветвь транспортера, 5 – холостые ролики; 6 – концевой барабан; 7 – загрузочная воронка

Для большей компактности устройства короткозамкнутый асинхронный двигатель нормального исполнения помещается внутри барабана и через зубчатую передачу вращает зубчатый венец, находящийся внутри барабана. Такое устройство называется барабаном-двигателем.

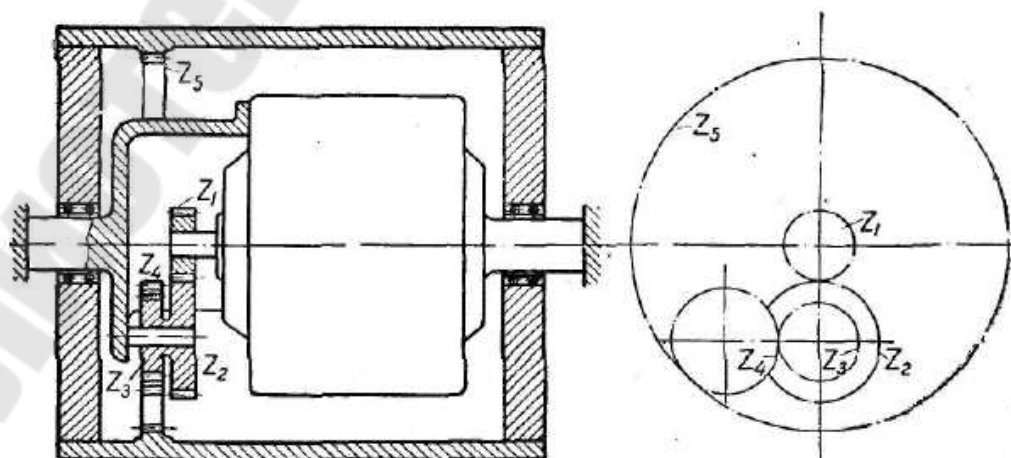


Рис. 2. Барабан-двигатель

Основные технические данные транспортера

Горизонтальная проекция пути перемещаемого материала, м	130
Производительность, т/час	530
Скорость движения ленты, м/сек	2,5
Общая длина ленты, м	261,5
Ширина ленты, м	0,750
Вес погонного метра ленты, кг	9,4
Вес погонного метра гравия, кг	59
Угол обхвата ведущего барабана, град.	210
К. п. д.	0,75
Диаметр ведущего барабана, мм	520
Общее передаточное число от двигателя к ведущему барабану	8
Расстояние между поддерживающими роликами на рабочей части ленты, мм	1200
Расстояние между поддерживающими роликами на холостой части ленты, мм	3200
Расположение транспортера	Горизонтальное

2. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ЦЕНТРИФУГА СТЕКОЛЬНОГО ЗАВОДА

Одним из наиболее распространенных механизмов для обезвоживания песка на стекольных заводах является специальная центрифуга горизонтального типа рис. 3.

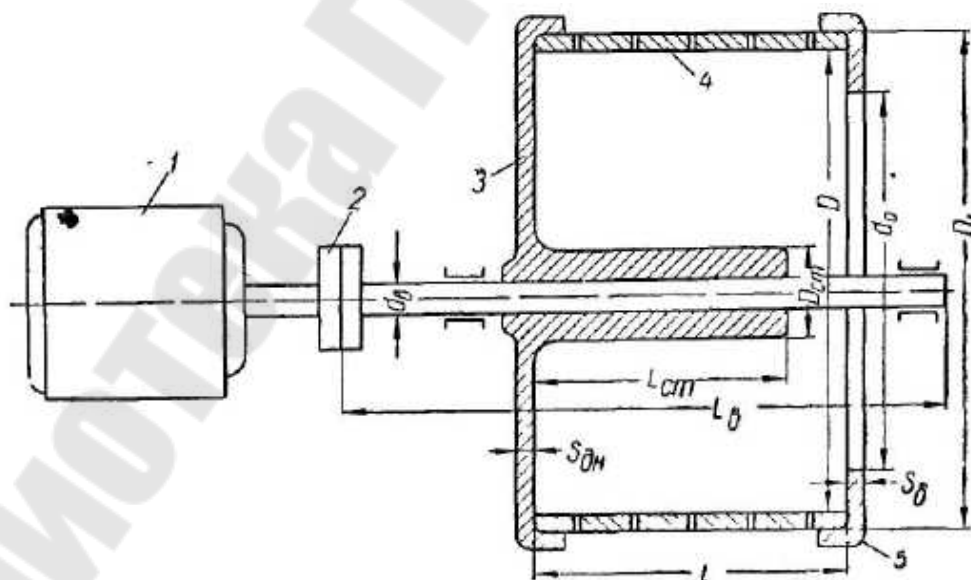


Рис. 3. Общий вид горизонтальной центрифуги
 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – перфорированное днище,
 4 – обечайка; 5 – перфорированный борт

Центрифуга имеет перфорированный ротор, состоящий из перфорированного днища 3 со ступицей для вала, обечайки 4 и перфорированного борта 5. На внутренней поверхности обечайки расположены подкладочные сита, фильтрующая ткань и крепящая решетка. Ротор расположен в литом кожухе.

Осадок из центрифуги разгружается специальным ножом. Разгрузочный механизм центрифуги состоит из стального корпуса, ножа, на котором крепится режущее лезвие, гидравлического цилиндра для подъема ножа и приемного желоба, по которому срезанный осадок выводится наружу. При подъеме нож срезает осадок и он падает в приемный желоб, расположенный внутри ротора. Во время срезания осадка действует пневматический молоток, вызывающий вибрацию желоба для облегчения выгрузки песка. Для подачи через определенные промежутки времени суспензии в центрифугу служит загрузочный клапан. Продолжительность, загрузки регулируется специальным устройством, управляемым гидравлически.

Рабочий цикл центрифуги состоит из загрузки суспензии песка, центробежного отжима и выгрузки осадка.

Отдельные составляющие рабочего цикла центрифуги регулируются специальным гидравлическим автоматом, обеспечивающим непрерывное повторение рабочих циклов и поддержание заданного режима центрифугирования песка. Обезвоженный песок выгружается на ленточный транспортер, расположенный под центрифугой, и передается для последующей обработки.

Технические данные

Тип центрифуги	АГ-1200
Диаметр ротора, мм	1200
Длина ротора, мм	600
Рабочая емкость, л	300
Предельная скорость вращения, об/мин	1000

3. ФРИКЦИОННЫЙ БЕЗДИСКОВЫЙ ПРЕСС

Фрикционный бездисковый пресс предназначен для брикетирования стружек из цветных металлов.

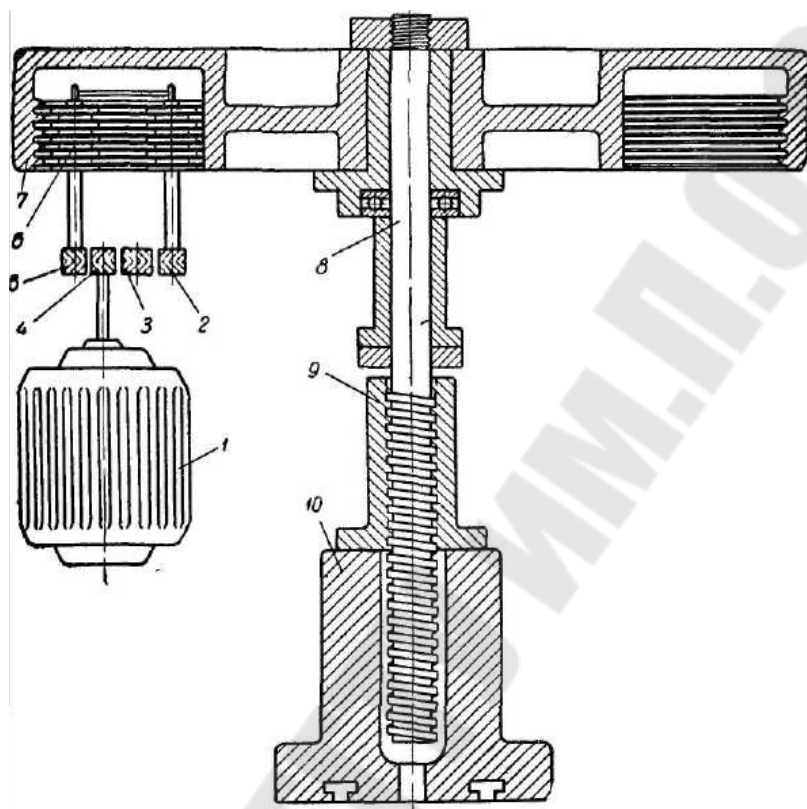


Рис. 4. Кинематическая схема фрикционного бездискового пресса

- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатое колесо рабочего хода;
3 – промежуточное зубчатое колесо; 4 – ведущее зубчатое колесо,
5 – зубчатое колесо холостого хода; 6 – фрикционный ролик;
7 – маховик; 8 – шпиндель; 9 – гайка трехходовая, 10 – ползун.

Как видно на рис. 4, при помощи фрикционных роликов, прижимающихся попеременно к фрикционным канавкам, маховик может вращаться в одну или другую сторону. Передача к фрикционным роликам происходит с помощью указанных на рис. 4 шестерен для рабочего и холостого ходов. Движение ползуна вниз происходит с увеличенной скоростью, вверх – замедленно. При ходе ползуна вниз, после достижения шпинделем 8 скорости около 162 об/мин, двигатель

отсоединяется от маховика и брикетирование производится за счет энергии маховика. Изменение статического момента на валу двигателя за цикл показано на рис. 5, а изменение скорости маховика дано на рис. 6. Рабочий цикл общей продолжительностью 4,86 с. состоит из нескольких периодов.

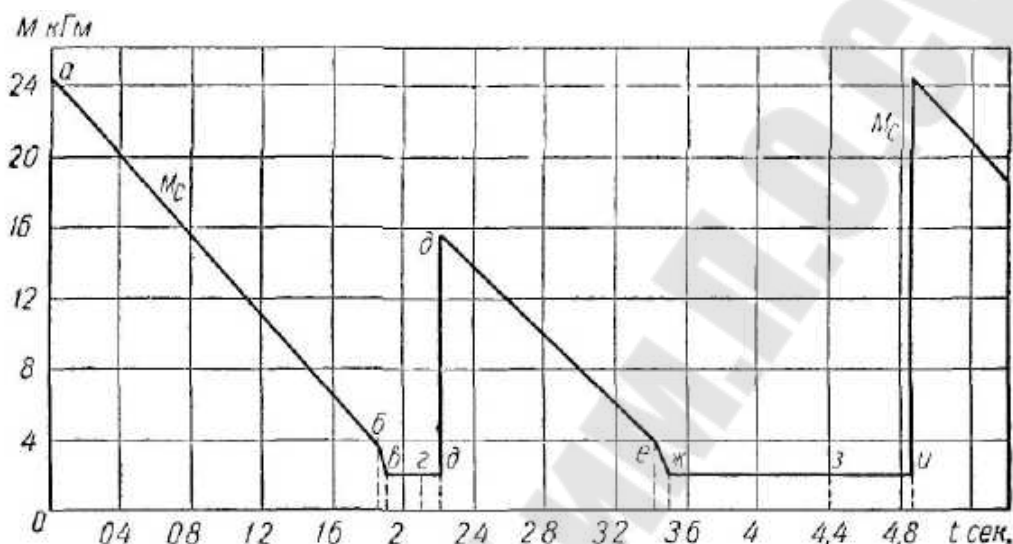


Рис. 5. График изменения статического момента на валу двигателя фрикционного бездискового прессы за цикл работы

1. На участке $a-b$ ролик рабочего хода прижимается к маховику и происходит разгон маховика от нулевой скорости до 149,5 об/мин. Ползун движется вниз. Момент на протяжении участка падает.

2. На участке $b-в$ ролик начинает отходить от маховика и статический момент понижается до значения холостого хода. Скорость маховика достигает наибольшей величины 162,5 об/мин.

3. На участке $в-г$ двигатель отключен от маховика и нагружен только моментом холостого хода. Скорость маховика на этом небольшом участке можно считать приблизительно постоянной.

4. На участке $г-д$ происходит брикетирование за счет энергии маховика. Двигатель работает на холостом ходу. Маховик, отдав всю энергию, останавливается.

5. На участке $д-е$ к маховику присоединяется ролик холостого хода и начинается разгон маховика в обратную сторону. На рис. 6 направление вращения условно показано в ту же сторону. Ползун поднимается вверх. Момент на валу двигателя после достижения

максимального значения начинает уменьшаться. Маховик разгоняется до скорости 97,5 об/мин.

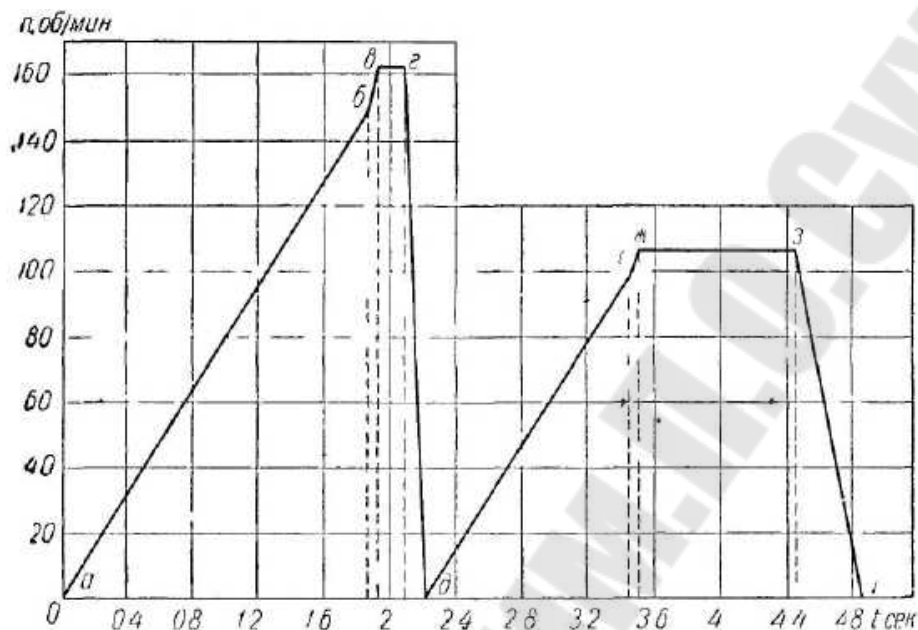


Рис. 6. График изменения скорости маховика фрикционного бездискового пресса за цикл работы

6. На участке *е–ж* ролик немного отходит от обода, маховика и начинает проскальзывать. Двигатель разгружается. Скорость маховика достигает 106,5 об/мин.

7. На участке *ж–з* двигатель поддерживает скорость вращения маховика постоянной и равной 106,5 об/мин.

8. На участке *з–и* ролик отходит от обода маховика, двигатель продолжает вращаться на холостом ходу. Маховик затормаживается механическим тормозом и останавливается.

Технические данные

Давление пресса, <i>т</i>	400
Максимальный ход ползуна, <i>мм</i>	500
Расстояние между направляющими в свету, <i>мм</i>	670
Размеры стола, <i>мм</i>	750 × 670
Производительность пресса:	
по алюминию, <i>кг/час</i>	450
по латуни, <i>кг/час</i>	1350

4. ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ПРЕСС

Пресс установлен на фундаменте 1 и состоит из двух стоек 4, стола 2, траверсы 7, механизма привода и блока пневматических подушек (рис. 7). Стол пресса имеет четыре окна для размещения блоков пневматических подушек. На столе расположены две подштамповочные плиты 3 с отверстиями для размещения толкателей пневматических подушек. Траверса пресса коробчатого сечения содержит в себе механизм привода пресса. Операцию вытяжки производит ползун 6,двигающийся в направляющих 5. Ползун 6 приводится электродвигателем 9, установленным на траверсе, через трехступенчатую зубчатую передачу и эксцентрикый механизм.

Вал электродвигателя 10 через длинорременную передачу соединяется с маховиком 9, сидящим на промежуточном валу. Этот вал соединен с редуктором при помощи муфты сцепления 12. Величина межштампового пространства регулируется отдельным электродвигателем небольшой мощности, укрепленным на ползуне. Пресс снабжен гидропневматическим предохранителем, обеспечивающим остановку пресса при аварийных перегрузках (попадание в обработку материала повышенной прочности, большой толщины и т. д.).

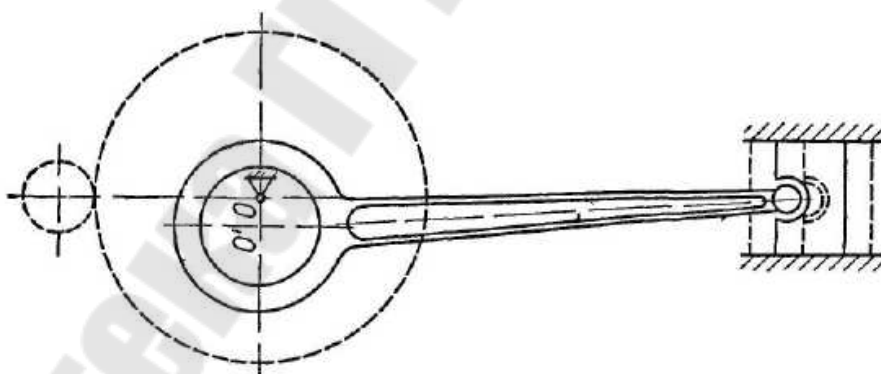


Рис. 7. Эксцентрикый механизм пресса

Работа пресса выполняется следующим образом. Перед операцией вытяжки двигатель и маховик вращаются вхолостую. После того как заготовка уложена на стол агрегат двигатель – маховик при помощи муфты соединяется с механизмом пресса. Ползун, опускаясь, производит вытяжку заготовки, после чего поднимается в исходное положение. За 10° до исходного положения эксцентрика муфта от-

ключается и тормоз останавливает механизм. При этом в цилиндры пневматических уравновешивателей 8 ползуна подается сжатый воздух. Во время наступившей паузы из пресса извлекается отштампованное изделие и закладывается новая заготовка.

Технические данные пресса

Усилие при штамповке, <i>т</i>	600
Вес ползуна с относящимися к нему частями, <i>т</i>	37
Общее передаточное число между валами двигателя и эксцентрика	188
Количество ходов ползуна в минуту	7,4
Средняя <i>ПВ</i> , %	50
Общий к. п. д., %	85
Ток	Трех- фазный
Напряжение, <i>в</i>	220

5. ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ НАСОС

Принцип действия центробежного насоса состоит в том, что лопатки, вращающиеся в насосном корпусе со значительной скоростью, воздействуют на воду и приводят ее во вращательное движение. Благодаря возникающей при этом центробежной силе вода выбрасывается из корпуса насоса в спиральный кожух и далее в напорный водопровод. Вместо вышедшей воды поступают новые порции и таким образом создается непрерывный ток воды. Перед пуском в работу корпус насоса и всасывающий трубопровод должны быть заполнены водой (рис. 8).

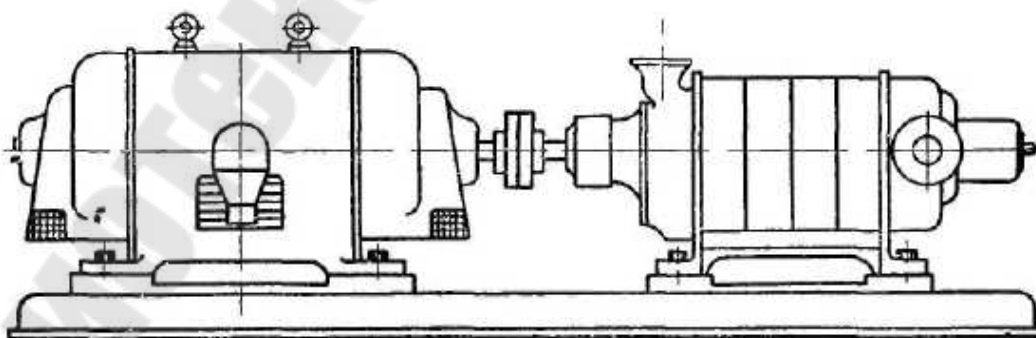


Рис. 8. Общий вид насосной установки

К числу характеристик насосной установки относятся рабочие характеристики насоса и характеристики трубопровода. Рабочими ха-

раактеристиками насоса являются зависимость между производительностью Q ($\text{м}^3/\text{час}$) и полным напором H (м) насоса (характеристика $Q - H$) при постоянной скорости вращения и зависимость к. п. д. насоса от расхода воды. Обе эти характеристики определяются опытным путем при испытании насоса и приводятся в каталогах насосов.

Характеристика трубопровода дает зависимость между необходимым напором насоса и количеством подаваемой трубопроводом воды. Эта зависимость получается расчетным путем. Рабочая точка насоса находится на пересечении характеристики $Q - H$ насоса с характеристикой трубопровода. Режим работы насоса, соответствующий этой точке, при номинальной скорости двигателя и нормальном состоянии трубопровода является наиболее экономичным. Но так как расход воды может изменяться во времени, то и рабочая точка должна перемещаться. Это может быть достигнуто изменением характеристики трубопровода или изменением скорости насоса, т. е. изменением скорости приводного двигателя.

Характеристика трубопровода изменяется прикрытием задвижки, установленной на напорном трубопроводе. При пуске, когда давление достигнет требуемой величины, задвижка открывается и насос присоединяется к трубопроводу. Перед остановкой трубопровод задвижкой отсоединяется от насоса. Для уменьшения количества подаваемой воды задвижка в нужной степени прикрывает трубопровод, создавая торможение. При этом возникают дополнительные потери, пропорциональные потерям напора в задвижке, и общий к. п. д. насосной установки понижается. Поэтому такой способ регулирования неэкономичен.

Второй способ регулирования – изменение характеристики $Q-H$ насоса достигается путем регулирования скорости двигателя. При этом должна получиться новая характеристика насоса, которая пересекала бы характеристику трубопровода в точке, соответствующей требуемому расходу воды. Дополнительные потери в этом случае также возникают, и они зависят от типа двигателя и рода примененного регулирования.

Технические данные насосной установки

Длина трубопровода, м	2000
Диаметр трубы, дюймы	6
Геодезическая высота подъема, м	60
Потери напора на местные сопротивления в процентах от потерь на трение	5
Жидкость	вода
Коэффициент шероховатости трубы	0,012
Нормальная производительность, $\text{м}^3/\text{час}$	100
Подача воды, $\text{м}^3/\text{час}$	85,70 и 60

6. ЛЕНТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТЕР С ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ.

Схема ленточного транспортера показана на рис. 9.

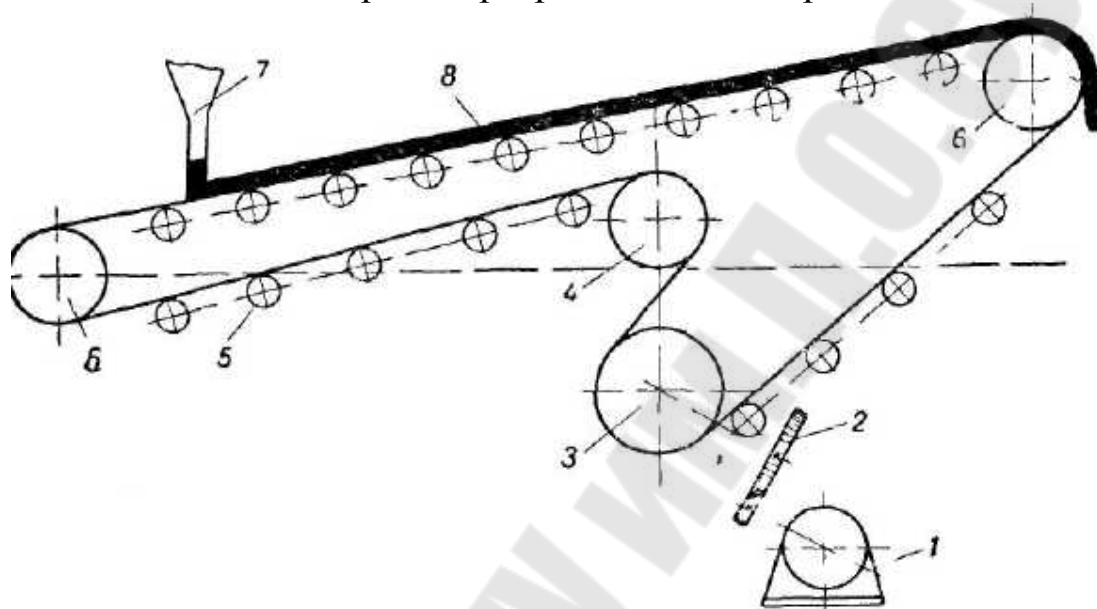


Рис. 9. Схема ленточного транспортера с приводом от отдельно расположенного электродвигателя:

1 – электродвигатель; 2 – зубчатая передача; 3 – ведущий барабан; 4 – натяжной барабан; 5 – поддерживающие ролики; 6 – концевые барабаны; 7 – загрузочное устройство, 8 – перемещаемый груз

Технические данные транспортера

Производительность, т/час	3600
Скорость движения ленты, м/сек	3,7
Ширина ленты, мм	1200
Длина пути перемещения, м	24
Полная длина ленты, м	67
Вес погонного метра ленты, кг	15
Диаметр ведущего барабана, мм	968
Диаметр натяжного барабана, мм	800
Диаметр каждого концевой барабана, мм	800
Количество концевых барабанов	2
Высота подъема груза, м	3
К. п. д. механизма	0,86
Ток	Трехфазный
Напряжение, в	220

7. МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА КАБЕЛЬНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 15 т.

Электропривод механизма подъема крюкового кабельного крана, служит для укладки бетона на гидротехническом строительстве (рис. 10).

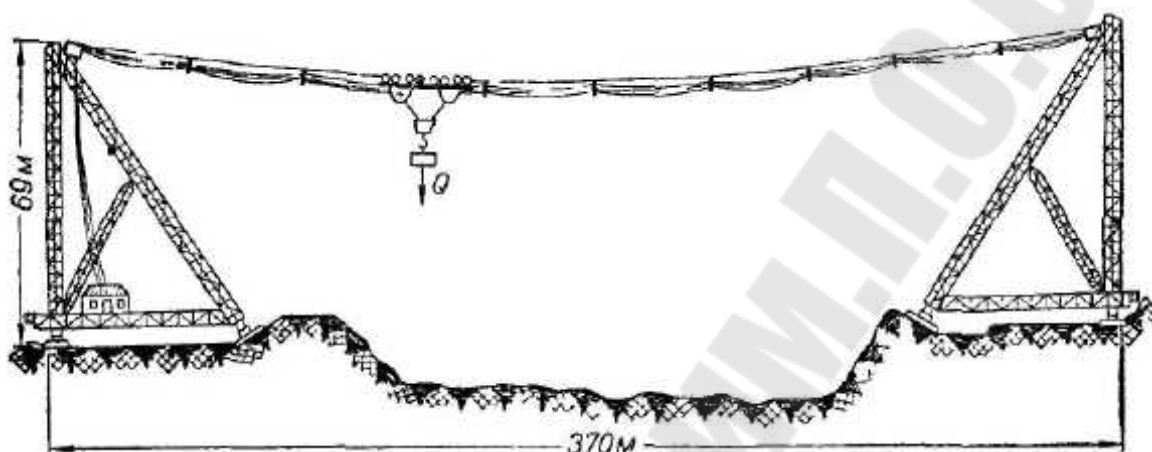


Рис. 10. Общий вид кабельного крана.

Кран состоит из двух башен высотой 69 м, перемещающихся по рельсовому пути. Пролет между башнями 370 м. Каждая башня опирается на три тележки, приводимые в действие шестью электродвигателями. Для предохранения крана от угона ветром на опорах тележки установлены автоматические и ручные тормозные захваты. Между башнями натянут несущий канат, по которому при помощи тягового каната перемещается грузовая тележка. Подъем и опускание груза осуществляется подъемным канатом.

Лебедки подъема груза и передвижения тележки имеют отдельные приводы и установлены в машинном помещении одной из башен, в которую заходят тяговый и подъемный канаты. Из этой башни производится управление механизмами крана.

Одним из основных требований, предъявляемых к кабельному крану, предназначенному для укладки бетона, является необходимость сбрасывания бетона с высоты, не превышающей 1-2 м. Сбрасывание бетона с большой высоты может вызвать расслаивание его и нежелательные рывки бады. Для выполнения этого требования необходимо поддерживать постоянным уровень подвеса бады с бетоном при выгрузке его. Это достигается применением специального привода.

Бетон в вагонетках доставляется к кабельному крану с бетонного завода по железной дороге. Из вагонетки на высоте 20 м бетон погрузается в бадью, которая затем захватывается крюком и подается к месту укладки бетона.

Технические данные кабельного крана

Вес полезного груза, <i>т</i>	14
Вес захватного приспособления, <i>т</i>	1
Скорость подъема полного груза, <i>м/мин</i>	50
Скорость опускания груза, <i>м/мин</i>	60
Скорость подъема захватного приспособления, <i>м/мин</i>	56
Диаметр барабана лебедки, <i>мм</i>	1000
Вес барабана лебедки, <i>кг</i>	930
Передаточное число редуктора	20,49
К. п. д. механизма при полной нагрузке	0,85
Натяжение подъемного каната у барабана при полной нагрузке, <i>т</i>	7,9
Натяжение подъемного каната у барабана без груза, <i>т</i>	0,53
Наибольшая высота подъема, <i>м</i>	40
Высота подъема до загрузочной вагонетки, <i>м</i>	20
Пролет, <i>м</i>	370
Число циклов в час	15
Ток	Трехфазный
Напряжение, <i>в</i>	380

8. ВЕРХНИЕ ЩИТОВЫЕ ВОРОТА ШЛЮЗА

Однокамерный судоходный шлюз (рис. 11) состоит из следующих механических устройств, служащих для спуска судна с верхнего бьефа на нижний и соответствующего подъема: а) верхних щитовых ворот, б) нижних двухстворчатых ворот; в) клинкерного устройства.

В закрытом положении ворот щит 2 расположен так, что его нижняя часть прилегает к уплотняющему брусу 5, находящемуся в верхней части порога 1 шлюзовой камеры. При этом уровень воды перед верхними воротами (верхний бьеф) и уровень воды в шлюзовой камере могут не совпадать.

Для того чтобы открыть доступ кораблям в шлюз, ворота должны быть открыты, т. е. опущены в донную нишу. Но открывать ворота при напоре воды со стороны верхнего бьефа опасно, так как могут быть повреждены металлоконструкции и механизмы затвора. Поэтому предварительно надо сравнить уровень воды в камере с уровнем верхнего бьефа. Для этого необходимо несколько приподнять ворота

над порогом, чтобы через образовавшуюся щель вода могла поступать в камеру.

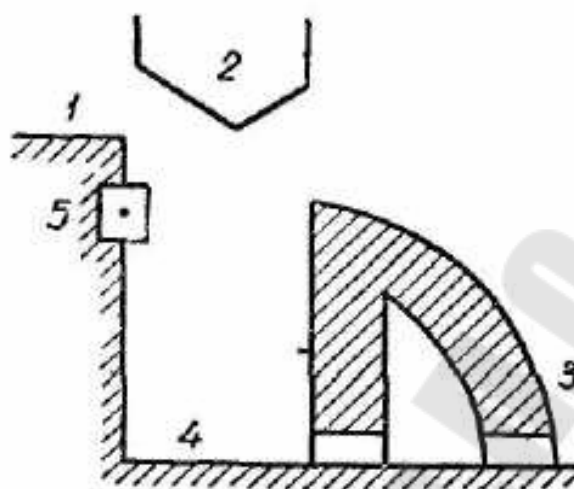


Рис. 11. Схема устройства верхних щитовых ворот шлюза
1 – порог; 2 – щит; 3 – бетонный устой; 4 – донная ниша;
5 – уплотняющий брус

Нижняя кромка ворот выполнена со скосом, поэтому струя воды получает определенное направление. За донной нишей находится бетонный устой 3, повторяющий форму водяной струи. Вследствие этого струя не разрушает бетонное дно камеры. При наполнении, когда ворота выдерживают большие гидродинамические усилия, подъем ворот в положение наполнения с рабочей скоростью был бы воспринят механизмом, как гидродинамический удар. Поэтому подъем щита для наполнения камеры производится на малых скоростях.

Механизм ворот состоит из двух симметрично расположенных частей – лево- и правобережной. Ворота шарнирно подвешены в двух точках к балансирам, чтобы создать равномерную нагрузку на цепи. К каждому балансиру крепятся два конца цепей, которые огибают рабочие органы однобережной части механизма. К свободным концам крепятся противовесы для уравнивания ворот. Таким образом, затвор подвешен на четырех шарнирных цепях и уравновешен двумя противовесами.

От двигателей вращение передается грузовым звездочкам через двухступенчатый редуктор и открытую зубчатую пару.

Для целей монтажа и ремонта, а также для работы в аварийном режиме предусмотрены ручные приводы механизмов. Механизм

подъема ворот снабжен грузовым реле, контролирующим натяжение цепей. Оно предохраняет цепи и механизм от перегрузки и осуществляет контроль ослабления цепей. У грузовой шестерни установлен речный стопор, который создает необходимые условия для демонтажа механизма, его передач, тормозов и прочего оборудования при поднятых воротах.

Различаются два режима работы верхних щитовых ворот: первый - нормальный, или эксплуатационный, когда движение затвора происходит без напора воды, и второй - аварийный, когда вследствие неисправности нижних ворот подъем затвора происходит в потоке воды. Естественно, что момент сопротивления при подъеме в потоке будет значительно больше, чем при подъеме без напора.

Для обеспечения нормальных условий управления и регулирования электрическая схема должна удовлетворять следующим требованиям.

Чтобы не произошло заклинивание щита в направляющих, нельзя допускать перекоса затвора. Поэтому двигатели на обоих берегах должны вращаться синхронно. Механическую связь между звездочками цепей осуществить трудно, так как надо было бы поднимать вал высоко над водой или проводить его под водой. Задачу строго согласованного вращения двигателей, не соединенных общим валом, наиболее совершенно решает система электрического вала, которая и принята в данном случае.

Вторым требованием является широкое регулирование скорости. При движении без напора скорость затвора должна быть максимально допустимой, для того, чтобы повысить производительность шлюзования. Обычно она составляет несколько метров в минуту, в данном случае 6,4 м/мин.

В режиме наполнения скорость должна быть сильно снижена и составлять 3–5 % от скорости безнапорного подъема. Несмотря на то что нагрузка в этом случае сильно меняется как вследствие изменения давления воды на затвор, так и по случайным причинам (засорение, обледенение, износ уплотнений и т. п.), скорость подъема при наполнении должна оставаться постоянной. Эти задачи решаются схемой электрического вала со специальным дополнением (рис. 12).

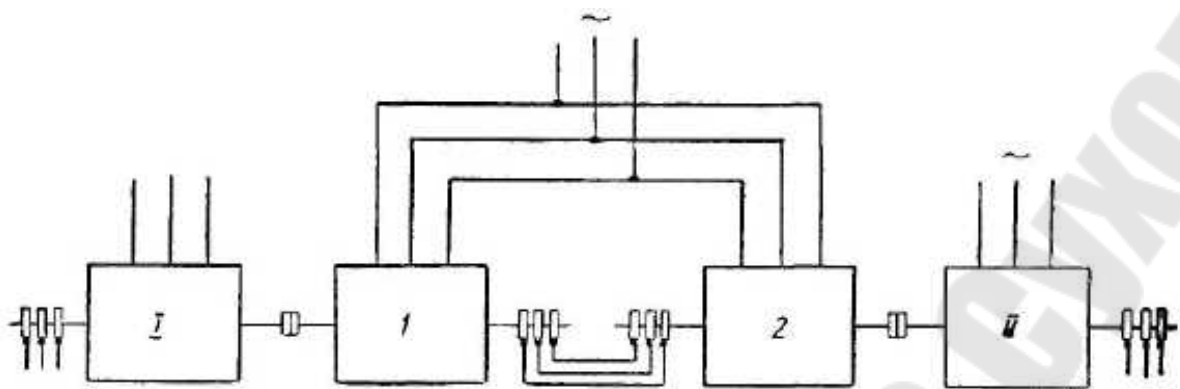


Рис. 12. Схема электрического вала для механизма верхних щитовых ворот шлюза при работе с нормальной скоростью

Машины I и II являются основными рабочими двигателями. Их механические характеристики одинаковы.

Машины 1 и 2 являются вспомогательными уравновешивающими двигателями. Каждый из вспомогательных двигателей расположен на одном валу с соответствующим приводным двигателем. Статоры вспомогательных двигателей включаются в общую сеть, а роторы соединяются параллельно.

Технические данные верхних ворот шлюза

Вес затвора, т	80
Вес противовеса одного берега, т	40
Полный вес цепей обоих берегов, т	10
Скорость подъема затвора, м/мин	6,4
Эксплуатационная высота подъема ворот, м	6,55
Эксплуатационная высота подъема ворот при наполнении, м	2,75
Передаточное число редуктора	31,5
Передаточное число цилиндрической пары	4,87
Шаг ведущей звездочки, мм	170
Число зубьев звездочки	10
К. п. д редуктора	0,95
К. п. д. цилиндрической пары	0,93
К. п. д. звездочки	0,9
Статический момент при безнапорном подъеме (эксплуатационный режим), кгм	49,3
Статический момент при подъеме в потоке (аварийный режим), кгм	136
Статический момент при спуске, кгм	18
Число шлюзований в сутки,	28
Ток	Трех- фазный
Напряжение, в	380

9. ГЛАВНЫЙ ПРИВОД СЕМНАДЦАТИРОЛЬНОЙ ЛИСТОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Листопрямительные машины предназначены для придания листам, получаемым после прокатки в листопрокатном стане, ровной и гладкой поверхности. Они имеют следующие электроприводы: главный привод, привод механизма настройки рабочих роликов и привод механизма прогиба рабочих роликов (рис. 13).

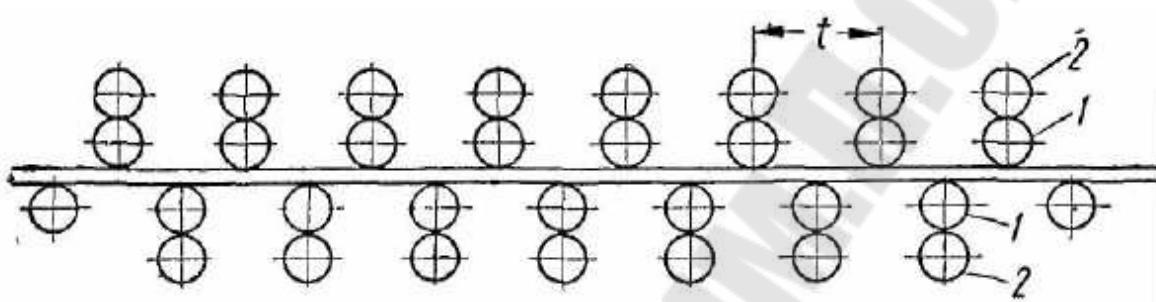


Рис. 13. Схема прохождения листа между роликами в правильной машине: 1 – рабочие ролики; 2 – опорные

Главным приводом машины является привод верхних и нижних рабочих роликов, между которыми проходит подлежащий правке лист.

Для уменьшения прогиба рабочих роликов применяются опорные ролики. Два крайних нижних рабочих ролика служат только для лучшего направления листа, поступающего в машину, и поэтому не имеют опорных роликов.

Кинематическая схема правильной машины показана на рис. 14. Передаточное число между колесами а и б редуктора равно 2,35. Среднее колесо б имеет тот же диаметр, что и соседние колеса б. Колеса в равного диаметра. Четыре выходных вала редуктора передают вращающий момент шестеренной клетки. Внутри клетки происходит распределение мощности на семнадцать выходных универсальных шпинделей. Далее через шпиндели вращающий момент передается семнадцати рабочим валкам, находящимся в рабочей клетке.

Для оптимальных условий правки листов из различных сортов стали требуются определенные скорости. Поэтому главный привод правильной машины должен быть регулируемым. Статический момент правки листа зависит от его толщины. Эта зависимость выража-

ется кривой, близкой к параболе. При правке более тонких листов момент меньше, а скорость двигателя выше. Поэтому целесообразно применять регулирование скорости путем ослабления поля двигателя. Обычно диапазон регулирования составляет 1:2 или 1:3.

Режим работы правильной машины - повторнократковременный и продолжительность включения зависит от темпа подачи листов. При быстром темпе подачи режим работы можно считать длительным.

Для механизма настройки и механизма регулирования стрелы прогиба рабочих роликов не требуется регулирования скорости. Режим их работы кратковременный. Каждый из этих двух механизмов приводится отдельным короткозамкнутым асинхронным двигателем (рис. 14).

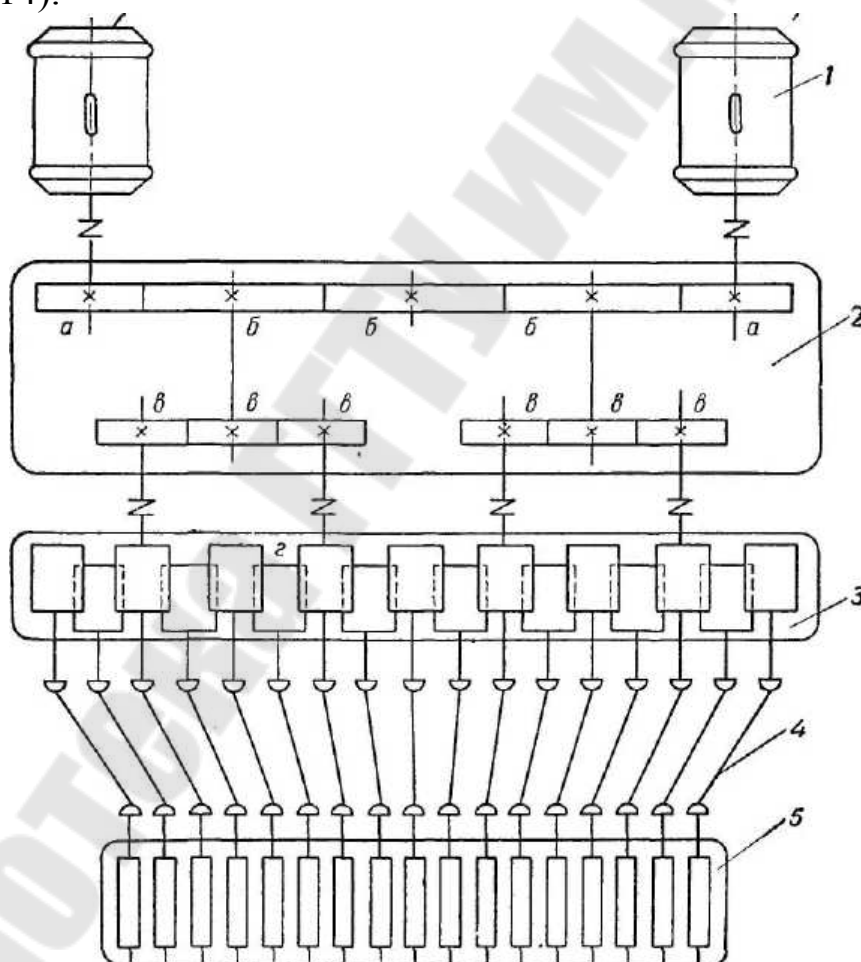


Рис. 14. Кинематическая схема семнадцатирольной правильной машины:

1 – приводной двигатель; 2 – редуктор, 3 – шестеренная клеть;
4 – универсальные шпиндели; 5 – рабочая клеть

Технические данные

Шаг роликов, мм	100
Диаметр рабочих роликов, мм	90
Длина бочки рабочего ролика, мм	2800
Диаметр опорных роликов, мм	90
Длина бочки опорного ролика, мм	2800
Ширина листа, мм	730—2350
Толщина листа, мм	0,75—3
Материал листов	Сталь нагартованная
Предел текучести, кг/мм ²	63
Скорость правки, м/мин	50—150
Количество рабочих роликов	17
Количество опорных роликов	15
Передаточное число редуктора	2,35
К. п. д. механизма при полной нагрузке	0,72

10. БАРАБАННАЯ МОТАЛКА, СВЕРТЫВАЮЩАЯ СТАЛЬНУЮ ПОЛОСУ В РУЛОН

Моталка рассматриваемого типа служит для свертывания в рулоны металлической полосы, вышедшей из последней чистовой клетки прокатного стана. Схема технологического процесса показана на рис.15. В схеме показаны две моталки, расположенные одна за другой. Моталки работают попеременно, чтобы избежать образования петель во время освобождения барабана одной из моталок от намотанного рулона.

Процесс свертывания полосы в рулон происходит следующим образом. Полоса, вышедшая из последней клетки стана, передвигается по рольгангу и подходит к барабану моталки. Тянущие ролики 3 захватывают передний конец полосы и направляют ее в барабан. Происходит заправка конца полосы при пониженной скорости. Поворотные прижимные ролики 5 под действием гидравлического устройства нажимают на свертываемую ленту. После того как лента сделала несколько оборотов и закрепилась на барабане, двигатель разгоняется до скорости вращения, требуемой для данного сорта полосы. Затем начинается наматывание полосы на барабан.

Для правильного хода процесса требуется, чтобы скорость наматываемой полосы на барабане оставалась все время постоянной и равной скорости выхода полосы из клетки прокатного стана. По технологическим условиям эти скорости могут отличаться для различных

видов полосы. Так как по мере наматывания диаметр рулона увеличивается, то для сохранения постоянной скорости полосы, а значит и постоянного ее натяжения, скорость вращения должна постепенно уменьшаться. Это выполняется довольно точным регулированием тока в цепи обмотки возбуждения двигателя.

По мере увеличения диаметра рулона прижимные ролики отодвигаются и через систему рычагов передают движение регулирующему устройству. После окончания намотки рулон снимается с барабана специальным сталкивателем, действующим от гидравлического привода.

Чтобы можно было снять рулон, диаметр барабана должен быть уменьшен, так как плотно намотанный рулон не сойдет с барабана. Поэтому барабан собирается из шести сегментов особой конструкции, при движении которых от центра образуется барабан с большим диаметром, а при движении к центру диаметр барабана уменьшается. Сегменты передвигаются под действием пружин, а сами пружины управляются гидроприводом.

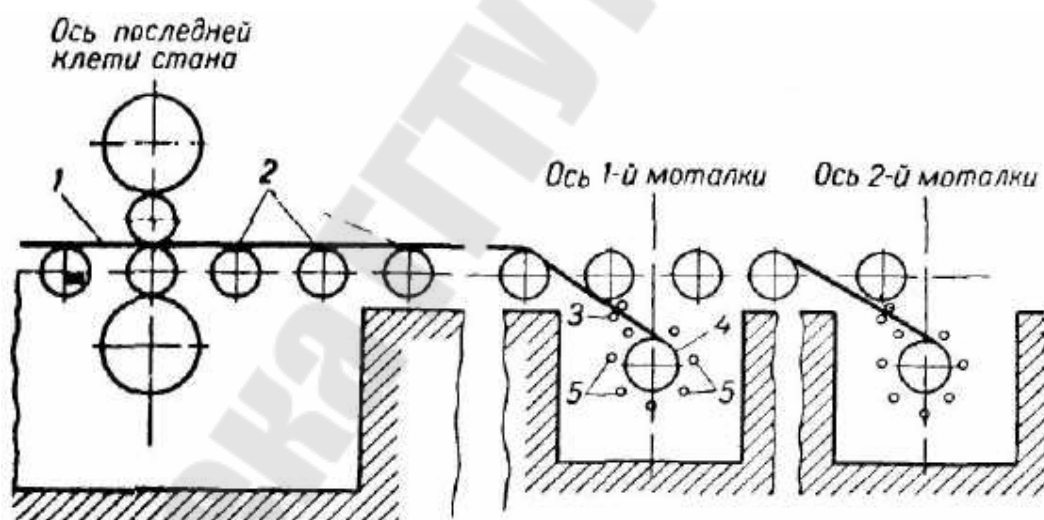


Рис. 15. Схема технологического процесса свертывания полосы в рулон:

- 1 – полоса, 2 – ролики рольганга, отводящего полосу от последней клетки стана; 3 – направляющие ролики, 4 – барабан моталки; 5 – нажимные ролики

Сталкиватель, приближаясь во время окончания намотки к рулону, дает сигнал на отключение электромагнитной муфты, находящейся между двигателем и барабаном, и тормозит барабан. Снятый

рулон попадает в подведенный опрокидыватель и отправляется на склад или для дальнейшей обработки. Во время снятия рулона с одной моталки заправляется полосой вторая моталка и снова начинается наматывание.

Включение и выключение электромагнитной муфты сцепления, захват конца полосы, разведение и сведение сегментов барабана, регулирование скорости барабана, сталкивание и опрокидывание рулона выполняются автоматически гидравлической системой с участием электромагнитов.

Технические данные

Скорость намотки, соответствующая скорости выхода полосы из последней клетки прокатного стана, м/сек	5,5—9,4
Усилие натяжения полосы, кг	150
Размеры сматываемой полосы, мм	от 50 × 1,5 до 250 × 6,0
Вес рулона, кг	520
Длина полосы после проката, м	100
Внутренний диаметр рулона, мм	600
Наружный диаметр рулона, мм	от 900 до 1050
Передаточное число редуктора	5
К. п. д. механизма, принимаемый постоянным,	0,92

11. РАСКАТНЫЙ СТАН ТРУБОПРОКАТНОГО АГРЕГАТА

Служит для раскатки местных утолщений, образовавшихся в гильзе, полировки ее наружной и внутренних поверхностей и устранения разностенности, появляющейся при эксцентричной прошивке.

Кинематическая схема стана, поясняющая процесс раскатки, показана на рис. 18. Труба обрабатывается двумя валками 6, представляющими из себя конусы, сложенные широкими основаниями и расположенные один относительно другого под углом 5–12° в горизонтальной плоскости.

Гильза, поданная в стан, захватывается вращающимися валками и ей сообщается одновременно поступательное и вращательное движения. Таким образом гильза накатывается на стержень 7 с оправкой на конце, установленный на задней стороне стана по оси прокатки.

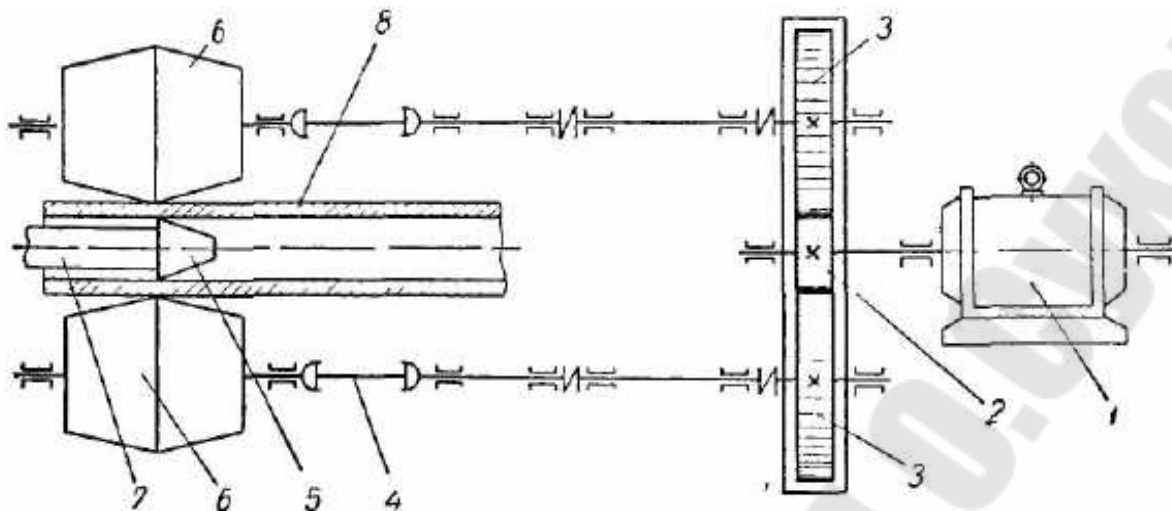


Рис. 18. Кинематическая схема раскатного стана:
 1 – электродвигатель; 2, 3 – зубчатые колеса; 4 – шпиндель;
 5 – оправка, 6 – валок; 7 – стержень; 8 – гильза

Гильза подается в раскатный стан при раздвинутых валках, которые по мере раскатки сдвигаются. Режим работы привода - длительный, нереверсивный при редких пусках. Ввиду широкого ассортимента обрабатываемых труб требуется регулировка скорости в диапазоне 2,5:1:-4-3:1. Требуемая скорость устанавливается для каждого сортамента труб и в процессе раскатки не регулируется. Кривая нагрузки имеет зубчатый характер с небольшими колебаниями тока.

После раскатки гильза поступает в калибровочный стан.

Технические данные

Диаметр раскатываемых труб, мм	70—140
Длина труб, мм	Около 600
Диаметр валков, мм	650—750
Скорость вращения валков, об/мин	80—216
Передаточное число редуктора	3,48

12. ПРАВИЛЬНЫЙ СТАН ТРУБОПРОКАТНОГО АГРЕГАТА

Правильный стан является замыкающей машиной трубопрокатного агрегата. На нем правятся уже остывшие трубы, вышедшие из станков трубопрокатного агрегата. Схема расположения валков в пятивалковом правильном стане показана на рис. 17, а общий вид машины – на рис. 18.

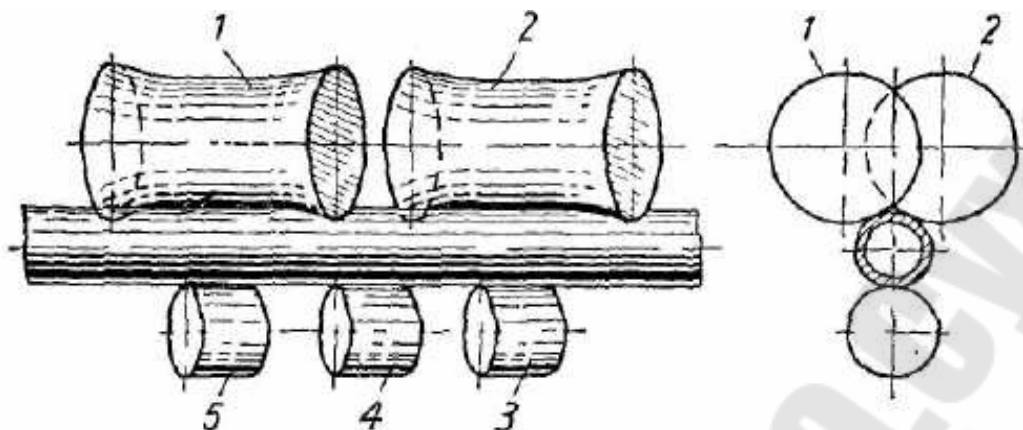


Рис. 17. Схема расположения валков в пятивалковом правильном стане: 1, 2 – приводные валки; 3, 4, 5 – холостые

Все пять валков стана, представляющие гиперболоиды вращения, расположены под углом к $20\text{--}30^\circ$ к оси правящейся трубы. Этот угол может регулироваться.

Валки 1 и 2 более длинные, являются приводными, а более короткие валки 3, 4, и 5 – холостыми. Валки 3 и 5 устанавливаются непосредственно против приводных валков 1 и 2, а средний валок 4, находящийся между ними, является нажимным. Приводные и холостые валки захватывают трубу и вследствие того, что они расположены под углом к оси, трубы, сообщают ей одновременно поступательное и вращательное движение. Валик 4 создает необходимый для правки изгибающий момент, действующий во все время прохождения трубы.

Приводные ролики устанавливаются на неподвижных подшипниках, а холостые – на движущихся, поэтому они могут перемещаться в горизонтальной плоскости. Подъем и опускание каждого вала, необходимые для регулирования процесса правки, производятся вручную от штурвала посредством червячных передач и нажимных винтов. Валки могут перемещаться и устанавливаться также в осевом направлении. Перемещение выполняется с помощью штурвала и механической передачи.

Скорость вращения валков регулируется. Так как при разных скоростях требуется сохранять постоянную мощность, то для привода применен двигатель постоянного тока с регулированием поля двигателя. Привод стана не реверсивный.

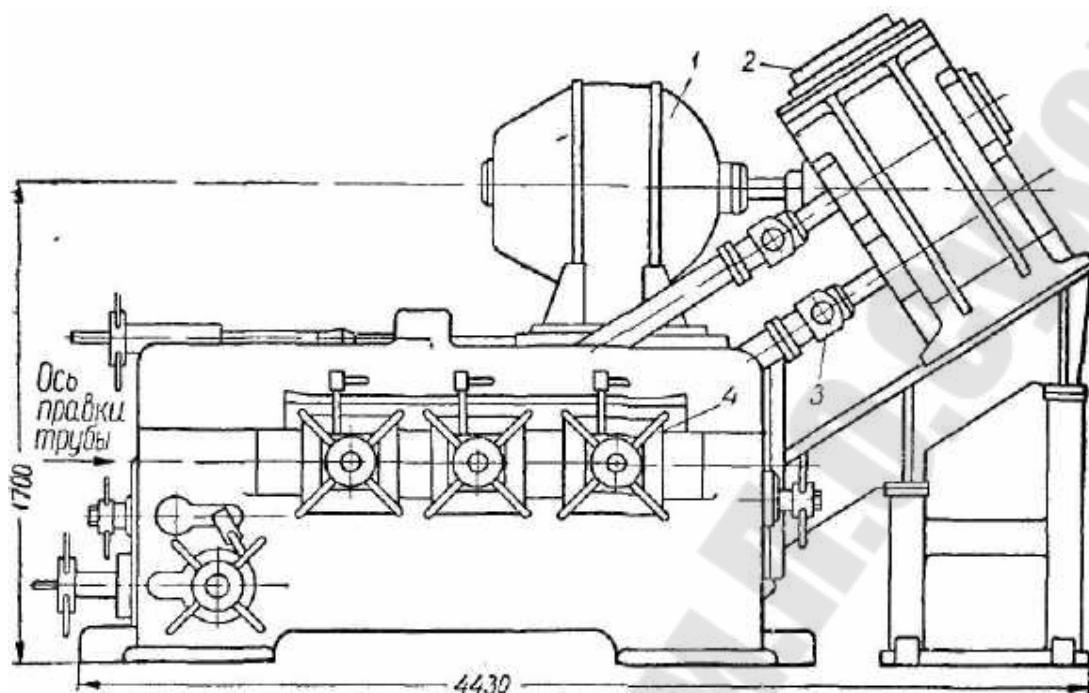


Рис. 18. Общий вид правильного стана:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – шпиндель; 4 – штурвалы для управления перемещением холостых валков

При правке труб рабочая нагрузка двигателя чередуется с холостыми ходами, продолжительность которых зависит от темпа подачи труб. При высоких темпах паузы непродолжительны, и режим работы можно считать длительным.

Технические данные

Число рабочих валков	2
Число холостых валков	3
Диаметр валков, мм	330
Длина бочки рабочего валка, мм	485
» » холостого » , мм	254
Угол наклона, град	20—30
Скорость правки при минимальной скорости двигателя, в зависимости от угла наклона валков, м/сек	0,37—0,55
Передаточное число редуктора	4,7
Диаметры труб, подлежащих правке, мм	80—140
Средняя величина к. п. д. стана	0,75

13. КРОМКОСТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК

Рассматриваемый кромкострогальный станок входит в состав автоматической поточной линии, служащей для изготовления сварных труб. На станке снимаются кромки со стального листа и образуется таким образом контур краев листа, необходимый для сварки. Схематическое изображение станка приведено на рис. 21.

Станок устанавливается в поточной линии между подающими и отводящими рольгангами. Подающим рольгангом лист транспортируется на направляющий стол, где ему придается правильное положение относительно правой и левой групп резцов станка.

Пройдя направляющий стол, лист захватывается первой парой ведущих валков 9 и подается на расположенные между роликами рольганга резцы.

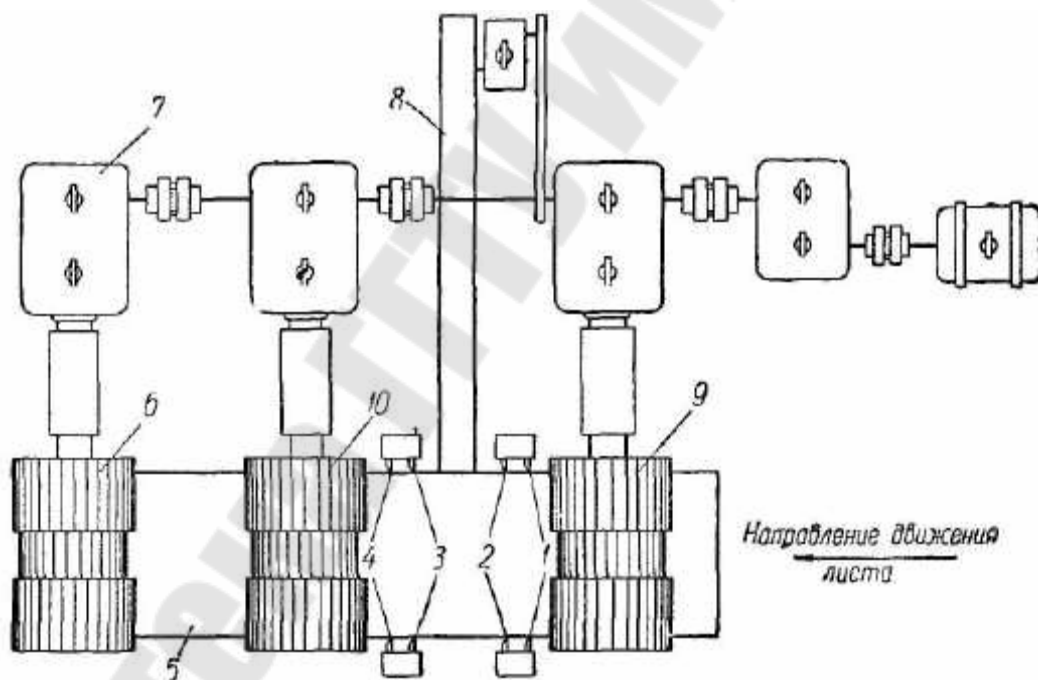


Рис. 19. Схематическое изображение кромкострогального станка: 1, 2, 3, 4 – резцы; 5 – лист; 6, 9, 10 – ведущие валки; 7 – редуктор; 8 – транспортер

Резцы устанавливаются по четыре с каждой стороны движущегося листа. Первая пара резцов 1 строгает лист по ширине начерно. Вторая пара резцов 2 строгает лист по ширине начисто. Третья пара

резцов 3 снимает фаски начерно. Четвертая пара резцов 4 снимает фаски начисто.

Между валками лист поддерживается роликами рольганга. Передний конец листа, дойдя до второй пары ведущих валков 10, подается на резцы одновременно двумя парами ведущих валков 9 и 10. Затем лист подается всеми тремя парами ведущих валков 6, 10 и 9. По окончании обработки лист валками 6 транспортируется на следующий за станком агрегат поточной линии.

Стружка от листа отводится транспортером 8, приводимым основным электродвигателем.

Технические данные

Размеры обрабатываемого листа:	
длина, мм	6000
ширина, мм.	1260
толщина, мм	6—12
Вес, кг	710
Величина подачи, равная скорости резания, при номинальной скорости двигателя, м/мин	7,75
Производительность станка, листов/час	
	$\frac{7,75 \cdot 60}{6 + 0,1^*} = 76$
Диаметр ведущего вала, мм	540
Общее передаточное число от двигателя к валку	216
Статический момент при работе, приведенный к валу двигателя и принимаемый за постоянную величину, кгм	18
Ток	Постоянный
Напряжение, в	220
Диапазон регулирования скорости вращения	1 : 1,5
Способ регулирования	Изменение тока возбуждения

14. ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЛАНШАЙБЫ ТЯЖЕЛОГО ТОКАРНОГО СТАНКА

Тяжелый токарный станок, общий вид которого показан на рис. 20, предназначается для выполнения обдирочных и чистовых токарных работ. Кроме того, на нем можно вести работы по глубокому сверлению при помощи стеблевой бабки, устанавливаемой вместо задней бабки.

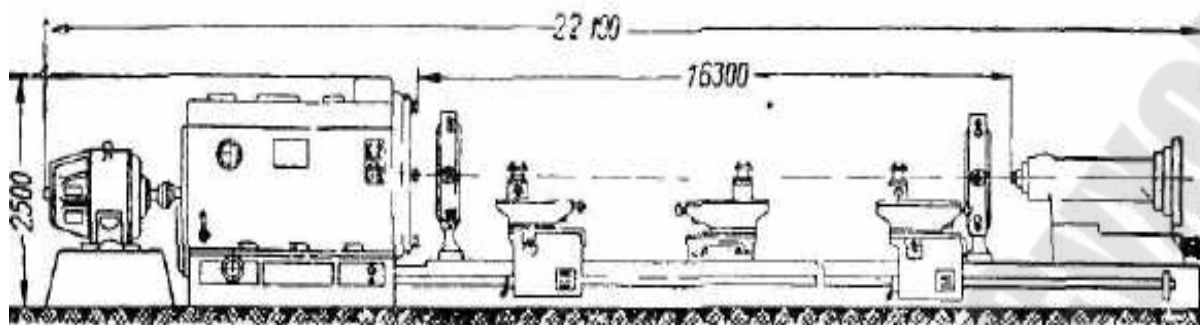


Рис. 20. Общий вид тяжелого токарного станка.

Технические данные

Высота центров, мм	650
Расстояние между центрами, мм	16 300
Наибольший наружный диаметр изделия, обрабатываемого над суппортами, мм	900
Наибольший вес обрабатываемого изделия, т	15
Расчетная скорость вращения шпинделя, принимаемая для расчета мощности двигателя, об/мин	6
Наибольшее сечение стружки для одного суппорта при обработке углеродистой стали, мм ²	60
Количество ступеней в коробке скоростей шпинделя	3
Количество суппортов	2
К. п. д. станка при полной нагрузке	0,75

Рекомендуемая литература

1. Ильинский, Н. Ф. Общий курс электропривода / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. - М. : Энергоатомиздат, 1992. – 543 с.
2. Ильинский Н. Ф. Основы электропривода : учеб. пособие / Н. Ф. Ильинский. – 3-е изд., стер. – М. : МЭИ, 2007. – 224 с.
3. Соколов М. М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов./ М.М. Соколов. –М. : Энергия, 1976.
4. Васильев, Н. Н. Сборник задач по основам электропривода / Н. Н. Васильев, С. Ф. Дробязко – Киев, 1962.
5. Москаленко, В. В. Электрический привод / В. В. Москаленко. – М. : Мастерство, 2000. – 366 с.
6. Онищенко, Г. Б. Теория электропривода: учебник / Г. Б. Онищенко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
7. Вешеневский, С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе / С. Н. Вешеневский. – 6-е изд., испр. – М. : Энергия, 1977. – 431 с.
8. Вольдек, А. И. Электрические машины / А. И Вольдек. – Л. : Энергия, 1978. – 832 с.
9. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины / А. В. Иванов-Смоленский. – М. : Энергия, 1980. – 928 с.
10. Капунцов, Ю. Д. Электрооборудование и электропривод промышленных установок : учебник для вузов / Ю. Д. Капунцов, В. А. Елесеев, Л. А. Ильяшенко; под. ред. проф. М. М. Соколова. – М.: Высш. школа, 1979. – 359 с.
11. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. М.: Машиностроение, 1984. – 253 с.
12. Фираго, Б. И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов : учеб. пособие для вузов / Б. И. Фираго. – Минск : Техноперспектива, 2012. – 639 с.
13. Рапутов, Б. М. Электрооборудование кранов металлургических предприятий / Б. М. Рапутов. – М. : Металлургия, 1990. – 272 с.
14. Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 364 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
1. Ленточный транспортер с барабаном-двигателем	5
2. Горизонтальная центрифуга стекольного завода	6
3. Фрикционный бездисковый пресс	8
4. Эксцентриковый пресс	11
5. Центробежный насос	12
6. Ленточный транспортер с отдельно расположенным электродвигателем	14
7. Механизм подъема кабельного Крана грузоподъемностью 15 т	15
8. Верхние щитовые ворота шлюза	16
9. Главный привод семнадцатирольной листоправильной машины	20
10. Барабанная моталка, свертывающая стальную полосу в рулон	22
11. Раскатный стан трубопрокатного агрегата	24
12. Правильный стан трубопрокатного агрегата	25
13. Кромкострогальный станок	28
14. Электропривод планшайбы тяжелого токарного станка	29
Рекомендуемая литература	31

Брель Виктор Валерьевич
Веппер Леонид Владимирович

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
ТИПОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
И ТРАНСПОРТНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

**Учебно-методическое пособие
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 18.11.20.

Рег. № 73Е.

<http://www.gstu.by>