

Министерство образования и науки РФ
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова
(филиал) федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

кафедра «Технологии и оборудование в металлургии и
машиностроении им. В.Б. Крахта»

П.Ф. Бойко

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Учебное пособие

Одобрено Редакционно-издательским советом СТИ НИТУ «МИСиС»
в качестве учебного пособия дисциплины «Механическое оборудование
сталеплавильных цехов» по направлению подготовки
05.03.03 Технологические машины и оборудование
(профиль – Металлургические машины и оборудование)
(очной и заочной форм обучения)

Старый Оскол

2017

УДК 621.8

Составитель: к.т.н. П.Ф. Бойко

Рецензент: к.т.н., доцент А.В. Макаров

Бойко П.Ф. Механическое оборудование сталеплавильных цехов:

Учебное пособие / П.Ф. Бойко. – Старый Оскол:

СТИ НИТУ «МИСиС», 2016–92 с.

Учебное пособие соответствует программе учебной дисциплины

«Механическое оборудование сталеплавильных»

для студентов по направлению подготовки

05.03.03 Технологические машины и оборудование

(профиль – Metallургические машины и оборудование)

(очной и заочной форм обучения)

□ СТИ НИТУ «МИСиС», 2017

□ Бойко П.Ф., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие сведения	6
1.1. Общие сведения о сталеплавильном производстве	9
1.2. Структура сталеплавильного цеха (СПЦ)	10
1.3. Грузопотоки и транспорт СПЦ	11
1.4. Технология плавки металла в электросталеплавильном цехе (ЭСЦ)	14
1.5. Электросталеплавильный цех (ЭСЦ) ОЭМК	15
1.6. Машины и агрегаты электросталеплавильных цехов	17
1.6.1. Дуговые электропечи (ДСП)	17
1.6.2. Вакууматоры	26
1.6.3. Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ)	28
2. Примеры выполнения расчетных задач по механическому оборудованию сталеплавильных цехов	48
2.1. Задача № 1	48
2.2. Задача № 2	51
3. Домашнее задание	54
3.1. Общие требования и рекомендации при решении задач	54
3.2. Перечень и содержание задач	55
Примерный перечень вопросов для защиты домашнего задания	74
Вопросы для тестирования	75
Вопросы для подготовки к экзамену	87
Библиографический список	90

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия являются одной из форм изучения дисциплины «Механическое оборудование сталеплавильных цехов». Выполняя работы, студент приобретает навыки практической работы, включающей элементы научных исследований. Выполнение взаимосвязанных домашних заданий и их оформление обеспечат более глубокое освоение основных положений дисциплины.

Дисциплина «Механическое оборудование сталеплавильных цехов» в соответствии с учебным планом направлению подготовки 05.03.03 Технологические машины и оборудование (профиль – Metallургические машины и оборудование) (очной и заочной форм обучения) состоит из лекционных занятий и цикла практических занятий.

Учебное пособие по этой дисциплине содержит теоретические сведения о сталеплавильном оборудовании, перечень задач для домашних заданий, порядок их выполнения.

Выполняя расчет, студент учится анализировать получаемые результаты, принимать решения.

В учебное пособие включены задачи по всему теоретическому материалу дисциплины.

В заключение работы студент выполняет индивидуальное домашнее задание.

Каждое домашнее задание защищается у преподавателя в форме собеседования.

Подготовка к защите выполненной работы и проведению новой осуществляется самостоятельно. Рекомендации по организации и выполнению этой части процесса по каждой работе приведены в учебном пособии.

Выполнение взаимосвязанных практических работ и домашних заданий и их оформление обеспечат более глубокое освоение основных положений

дисциплины, приобретение навыков практической работы, включающей элементы научных исследований.

Расчетные задания направлены на закрепление и углубление знаний студентов в области комплексных расчетов оборудования применительно к металлургическим машинам и ответственным механизмам машин по определению и анализу энергосиловых параметров приводов, нагрузок и деформаций.

К задачам выполнения расчетных заданий относится приобретение студентами следующих умений и навыков:

- использования учебной, научно-технической, справочной литературы, патентов;
- проведения самостоятельного анализа силовых, кинематических зависимостей в машинах и механизмах, грамотного обоснования выбора исходных величин;
- сопоставления содержания задания с назначением, принципом; действия, конструкцией и режимом работы механизма или машины;
- применения компьютерных технологий и принципов моделирования при выполнении заданий.

Расчетные задания представлены в виде методик комплексного решения укрупненных задач по расчетам приводов целого ряда металлургических машин. Там приведены примеры выполнения заданий.

1. Общие сведения

1.1. Общие сведения о сталеплавильном производстве

Сталеплавильное производство - производство стали из чугуна и стального лома в сталеплавильных агрегатах металлургических заводов. Сталеплавильное производство — второе звено в общем производственном цикле чёрной металлургии и прокатка стальных слитков или заготовок. Сталеплавильное производство включает два основных технологических процесса — выплавку и разливку стали [1].

В современной металлургии важнейшие способы выплавки стали — кислородно-конвертерный процесс, мартеновский процесс и электросталеплавильный процесс. Соотношение между этими видами сталеплавильного производства меняется: если в начале 50-х гг. XX в. в мартеновских печах выплавлялось около 80% производимой в мире стали, то уже к середине 70-х гг. главенствующее положение занял кислородно-конвертерный процесс, на долю которого приходится более половины мировой выплавки стали.

В настоящее время доля электростали, то есть стали, выплавленной в дуговых сталеплавильных печах, приближается в мировом масштабе к 31-33%. В некоторых странах эта цифра намного превышает среднемировой показатель, например, в США доля электростали 45%, странах ЕС в среднем – 40% (но в ряде европейских государств существенно выше: в Германии – 50%, а в Норвегии – все 100%). Из крупнейших мировых производителей стали только в Японии доля электростали ниже – 25%. В России в электропечах выплавляется также примерно 25% стали (рисунок 1).

По абсолютному производству электростали наша страна, находясь почти на уровне Германии, Индии и Италии, заметно уступает США, Китаю, Японии и Южной Корее. Но уже в ближайшие несколько лет Россия должна вплотную приблизиться к среднемировым показателям по удельному весу стали, получаемой электрическим способом.

Все это позволяет говорить о том, что кислородно-конвертерное производство может утратить свою доминирующую роль в мировой выплавке стали, уступая ее электросталеплавильному.

В связи с этим, основным направлением развития сталеплавильного производства в России является приоритетное развитие электрометаллургии с выводом из эксплуатации мартеновских цехов.

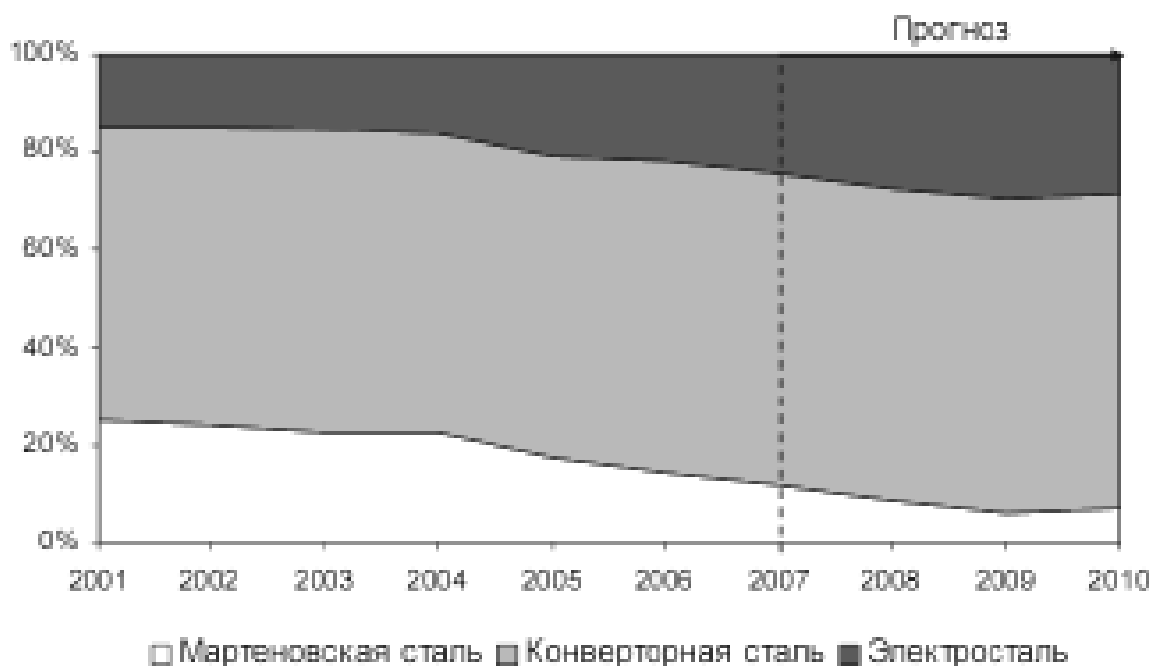


Рисунок 1 – Динамика структуры производства стали различными способами в России

Полученную в сталеплавильном агрегате сталь выпускают в разливочный ковш, а затем либо разливают в металлические формы — изложницы, либо направляют на установки непрерывной разливки стали (машины непрерывного литья); лишь около 2% всей производимой стали идёт на фасонное литьё. В результате затвердевания металла получаются стальные слитки или заготовки, которые в дальнейшем подвергают обработке давлением (прокатке, ковке). Непрерывный способ разливки стали имеет неоспоримые преимущества перед разливкой в изложницы. Однако пока преобладающее количество металла разливается в изложницы. Технология и организация разливки в значительной мере определяют качество готового металла и количество отходов при последующем переделе стальных слитков.

Одно из перспективных направлений развития сталеплавильного производства — повышение качества стали путём внепечного рафинирования. Наибольшее промышленное значение имеют следующие методы: продувка металла в ковше или специальном агрегате инертными газами или окислительными смесями; вакуумная обработка стали (см. Дегазация стали); обработка стали синтетическими шлаками.

Примерно в середине 60-х гг. начала интенсивно развиваться так называемая спецэлектрометаллургия, которая включает различные виды рафинирующих переплавов заготовки, полученной в обычных сталеплавильных агрегатах (чаще всего в дуговых или индукционных печах). К ним относятся плавка в дуговых вакуумных печах и в индукционных вакуумных печах, Электрошлаковый переплав, Электроннолучевая плавка, плазменная плавка. В результате рафинирующего переплава исходный металл эффективно очищается от неметаллических включений и нежелательных примесей, повышаются плотность и однородность его структуры, улучшаются многие свойства стали.

В области разливки стали наблюдается постоянное увеличение доли непрерывно-литого металла. Как при непрерывном литье, так и при разливке стали в изложницы высокие технико-экономические результаты даёт замена стопорных устройств бесстопорными (шиберными) затворами — надёжными и безопасными в работе, позволяющими точно регулировать скорость разливки металла. Применение экзотермических шлакообразующих смесей позволяет улучшить поверхность получаемых слитков. Благодаря использованию теплоизолирующих и экзотермических прибыльных надставок удаётся значительно сократить потери металла.

К тенденциям сталеплавильного производства, как и чёрной металлургии в целом, следует отнести дальнейшую концентрацию производства, повышение степени непрерывности всего технологического цикла, специализацию отдельных цехов и предприятий, что создаёт благоприятные условия для снижения себестоимости и повышения качества стали, для достижения высокой степени механизации и автоматизации всего металлургического процесса,

внедрения электронно-вычислительных машин и автоматизированных систем управления. Большое значение для развития сталеплавильного производства имеют ведущиеся в ряде стран работы по созданию непрерывного сталеплавильного процесса и агрегата длительного проведения.

1.2. Структура сталеплавильного цеха (СПЦ)

Сталеплавильный цех представляет собой сложный взаимосвязанный и оснащенный разнообразным оборудованием комплекс зданий и сооружений, в котором осуществляют хранение запаса исходных шихтовых материалов, подачу и загрузку их в печь, выплавку и разливку стали, уборку продуктов плавки и подготовку оборудования, обеспечивающего выполнение этих технологических процессов. Цех подразделяют на ряд основных производственных и вспомогательных отделений, располагаемых либо в отдельных зданиях, либо представляющих собой отдельные пролеты или участки главного здания цеха. В состав цеха могут входить следующие основные производственные отделения: главное здание, в котором производится выплавка и зачастую разливка стали, шихтовые отделения для магнитных и немагнитных материалов, миксерное отделение или отделение (участок) перелива чугуна, отделение непрерывной разливки (ОНРС), участок или отделение внепечной обработки жидкой стали, отделения подготовки и ремонта сталеразливочных и промежуточных ковшей, отделение раздевания слитков (стрипперное), отделения подготовки изложниц; вспомогательными отделениями и участками являются шлаковые отделения, электроподстанции, насосные, мазутохранилища, механические и ремонтные мастерские и участки, цеховые лаборатории, склады и отделения термообработки и зачистки литых заготовок и имеющиеся в ряде электросталеплавильных цехов отделения зачистки, обдирки и термической обработки слитков. Кроме того, для каждого цеха предусматривают отдельное административно-бытовое здание. Состав сталеплавильного цеха, число и тип входящих в него отделений и зданий зависят от типа сталеплавильного процесса, от принятого способа разливки стали и от того, сблокированы отделения друг с другом или нет. При выборе числа отделений и зданий учитывают, что цех

целесообразно проектировать в соответствии с принципом поточного производства, вынося отдельные операции и элементы технологического процесса в специализированные отделения, в которых благодаря выполнению однотипных работ обеспечивается высокая производительность труда. При этом также учитывают, что расположение специализированных отделений в отдельных зданиях обеспечивает улучшение условий труда в связи с отсутствием во многих отделениях вредностей, связанных с наличием жидкого металла и работой плавильных агрегатов, а также в связи с улучшением аэрации отдельно стоящих зданий.

При такой планировке с увеличением числа отдельно стоящих отделений, в особенности при использовании для связи между ними железнодорожного транспорта существенно увеличивается занимаемая цехом площадь. Ранее при проектировании отечественных Metallургических цехов и заводов этому фактору решающего значения не придавали. В настоящее время в связи с необходимостью экономии годных для земледелия площадей ставится задача разработки более компактной планировки с уменьшением числа отдельных зданий (путем блокирования отделений, организации работ в специализированных пролетах главного здания). При этом необходима разработка специальных мер по улучшению условий труда в многопролетном здании (изоляция плавильных агрегатов с улавливанием выделяющихся вредностей, установка местных отсосов в местах выделений пыли, тепла, вредных газов и др.).

1.3. Грузопотоки и транспорт СПЦ

Бесперебойная работа сталеплавильных агрегатов и цеха в целом возможна лишь в случае своевременной доставки и загрузки в печи шихтовых материалов и уборки продуктов плавки. Поэтому при проектировании цеха первостепенное значение придают рациональной организации грузопотоков и транспорта.

Система грузопотоков и межцехового транспорта должна обеспечивать:

- транспортировку большого числа различных по свойствам грузов (жидких металла и шлака, сыпучих материалов, слитков, ферросплавов и др.);

- большой объем перевозок (например, в современный конвертерный цех необходимо доставлять до 20 000 т жидкого чугуна в сутки);

доставку материалов к печам и уборку от печей порциями в строго заданное время;

- точное взвешивание транспортируемых материалов;

- транспортирование материалов кратчайшим путем;

- доставку материалов наиболее удобным по требованиям технологии способом и оптимальное сочетание доставки с системами загрузки материалов в печи;

- полную механизацию и исключение ручного труда, а при возможности — автоматизацию транспортировки.

В связи с этими требованиями система организации грузопотоков и транспорта должна предусматривать: организацию неза-висимых грузопотоков основных материалов; исключение пересе-чения путей напольного транспорта; применение наряду с транспортными средствами общего назначения специальных видов транспорта (чугуновозы, шлаковозы, ширококолейные тележки для перевозки совков с ломом или корзин и др.).

Вид транспорта выбирают с учетом типа перевозимых грузов, объема перевозок и особенностей отдельных разновидностей транспорта. Для новых цехов, как ранее отмечалось, рекомендуется широкое применение автомобильного и конвейерного транспорта.

Внутри производственных зданий рациональная организация грузопотоков обеспечивается за счет сочетания напольного транспорта (рельсового и реже автотранспорта), конвейерного транспорта и работы мостовых кранов, позволяющих перемещать грузы в любом направлении и независимо от напольного транспорта. Мостовые краны играют очень важную роль в обеспечении бесперебойной работы многих отделений сталеплавильных цехов. С по-мощью кранов осуществляют заливку чугуна, загрузку лома, транспортировку сталеразливочных и шлаковых ковшей, ремонт-ные и многие другие работы. До недавнего времени в отечественных сталеплавильных цехах

применяли сравнительно тихоходные краны большой (100 т и более) грузоподъемности, у которых скорость перемещения главного подъема с траверсой составляла 2—3 м/мин. В новых цехах предполагается установка тяжелых кранов, работа которых характеризуется следующими скоростями, м/мин: подъема и опускания траверсы 10; перемещения тележки 20—45 и моста 50—80.

В проектах отечественных сталеплавильных цехов обязательным является использование плавильных агрегатов, емкость и основные размеры которых соответствуют утвержденному типовому ряду. Применение плавильных агрегатов типовых емкостей позволяет стандартизировать подъемно-транспортное и технологическое оборудование цеха; исключает необходимость заново проектировать это оборудование, что сокращает сроки и стоимость проектирования и строительства.

Можно отметить две общие для любого сталеплавильного цеха особенности расположения сталеплавильных агрегатов. Одна из них заключается в том, что печи и конвертеры располагают в главном здании цеха в одну линию. Это соответствует принципу поточного производства, позволяя создать общую для всех печей транспортную систему подачи шихтовых материалов и уборки продуктов плавки. Вторая общая особенность состоит в том, что печи и конвертеры располагают на определенной высоте так, чтобы обеспечивался выпуск стали и шлака в ковши, находящиеся на уровне пола цеха, и можно было перемещать под печами тележки со шлаковыми ковшами для уборки шлака. В некоторых старых цехах печи устанавливали на уровне пола цеха, что требовало сооружения под печами глубоких траншей или приямков для ковшей; эти приямки затрудняют обслуживание печей и сложно обеспечить их очистку от вышлеков шлака и металла и просыпи материалов. При верхнем расположении печей и конвертеров для удобства их обслуживания в цехе сооружают рабочую площадку на высоте от 6 до 12 м от пола цеха.

1.4. Технология плавки металла в электросталеплавильном цехе (ЭСЦ)

Электросталеплавильному способу принадлежит ведущая роль в производстве качественной и высоколегированной стали. Благодаря ряду принципиальных особенностей этот способ приспособлен для получения разнообразного по составу высококачественного металла с низким содержанием серы, фосфора, кислорода и других вредных или нежелательных примесей и высоким содержанием легирующих элементов, придающих стали особые свойства – хрома, никеля, марганца, кремния, молибдена, вольфрама, ванадия, титана, циркония и других элементов.

Преимущества электроплавки по сравнению с другими способами сталеплавильного производства связаны с использованием для нагрева металла электрической энергии. Выделение тепла в электропечах происходит либо в нагреваемом металле, либо в непосредственной близости от его поверхности. Это позволяет в сравнительно небольшом объеме сконцентрировать значительную мощность и нагревать металл с большой скоростью до высоких температур, вводить в печь большие количества легирующих добавок; иметь в печи восстановительную атмосферу и безокислительные шлаки, что предполагает малый угар легирующих элементов; плавно и точно регулировать температуру металла; более полно, чем других печах, раскислять металл, получая его с низким содержанием неметаллических включений; получать сталь с низким содержанием серы. Расход тепла и изменение температуры металла при электроплавке относительно легко поддаются контролю и регулированию, что очень важно при автоматизации производства.

Электропечь лучше других приспособлена для переработки металлического лома, причем твердой шихтой может быть занят весь объем печи, и это не затрудняет процесс расплавления. Металлизированные окатыши, заменяющие металлический лом, можно загружать в электропечь непрерывно при помощи автоматических дозирующих устройств. В электропечах можно выплавлять сталь обширного сортамента.

1.5. Электросталеплавильный цех (ЭСПЦ) ОЭМК

ЭСПЦ предназначен для выплавки различных марок стали на шихте из скрапа и металлизированных окатышей, поставляемых цехом металлизации, с применением добавочных и легирующих элементов. Жидкую сталь разливают на УНРС в заготовке. После охлаждения и (если необходимо) зачистки слитки подаются в СПЦ. Годовая производительность цеха около 3,5 млн. тонн стали. ОЭМК является отечественным лидером по выпуску трубной заготовки, подшипниковой стали и высокопрочного прутка для нужд автопрома и производства метизов.

Главный корпус цеха включает в себя следующие отделения:

- скрапное;
- сталеплавильное с бункерным пролетом;
- внепечной обработки с распределительным пролетом;
- непрерывной разливки стали;
- обработки сортовой заготовки;
- хранения и транспортировки металлизированных окатышей;
- приемки, хранения и транспортировки легирующих, кусковых и пылевидных материалов, включающее участки:
 - размораживания вагонов;
 - приемных бункеров;
 - расходных бункеров;
 - перегрузки десульфурирующих реагентов.

Сталеплавильное отделение включает в себя шесть пролетов:

- транспортные пролеты 1 и 2 предназначены для проезда автотранспортных средств. Пролет 1 для передвижения автотележек, транспортирующих корзины со скрапом из скрапового пролета к электропечам и обратно, автошлаковозов. В пролете предусмотрены 3 мостовых крана (грузоподъемностью 10 т) для ремонта грузочных кранов;

- скрапной пролет. В пролете предусмотрены заглубленные закрома для хранения 3-6 суточного запаса скрапа. Пролет обслуживается магнитными

кранами (50/32т) со взвешивающим устройством и съёмным грейфером. Вдоль закров предусмотрен подъезд авто - контейнеровозов для подачи скрапа в совках ёмкостью 15 м³. Производство высококачественной стали составляет более 3,5 т в год.

Загрузка скрапа в завалочные корзины грейферного типа ёмкостью 75 м³, стоящих в пролете на подставках осуществляется путем опорожнения совков, либо россыпью из закров магнитами. Транспортировка завалочных корзин к электропечам осуществляется автобадьевозами грузоподъёмностью 140т;

- печной и бункерные пролёты. В печном пролёте предусмотрены пролёты (по числу электропечей), в каждом из которых устанавливается электропечь ёмкостью 150т со вспомогательным оборудованием. Каждая печь заключается в звуко-дымоизолирующий кожух.

Слив стали из электропечи предусмотрен в сталеразливочный ковш ёмкостью 160т, установленный на сталевозе. Сталевоз (грузоподъёмностью 260т) передвигается по рельсам в распределительный пролёт. На тех же рельсах установлен шлаковоз грузоподъёмностью 80т со шлаковым ковшом ёмкостью 16м³. Шлаковоз выдаёт ковш в сторону скрапного пролёта.

Для загрузки скрапа и обслуживания печей установлен загрузочный кран (125/32+ 10т) с дистанционным управлением. Для перекрытия проёма в кожухе печи предусмотрен фартук на самоходной тележке.

Система хранения, дозирования и загрузки материалов в каждой печи включает 14 рабочих бункеров и комплект устройств (весовые питатели, виброжелоба, конвейеры).

Рабочие бункера размещаются в бункерном пролёте, и загрузка материалами осуществляется системой транспортёров.

Каждые две печи оснащены системой устройств для хранения и подачи порошков (три рабочих бункера и комплекс устройств).

Ферросилиций пересыпается в бункер ёмкостью 1.5 м³ ленточной бросковой машиной. Магнетитовый порошок выдаётся в заправочную машину центробежного типа.

Скачивание шлака производится при помощи самоходной машины управляемой оператором.

- распределительный пролёт предназначен для внепечной обработки стали, распределения сталеразливочных ковшей со сталью между МНЛЗ, а также для межплавочного режима сталеразливочных ковшей. Пролёт обслуживается литейными кранами (250 +80/10т). в пролёт выходят рельсовые пути сталевозов, над ними со стороны печного пролёта установлены устройства для измерения температуры и взятия проб стали из ковша.

С другой стороны пролёта размещаются устройства для внепечной обработки. Состоят из трех установок циркуляционного вакуумирования и двух устройств для продувки аргоном. Каждая установка циркуляционного вакуумирования стали оснащается парэжекторным насосом и системой хранения, дозирования и загрузки легирующих присадок (8 рабочих бункеров, виброжелоба, весовые бункера и транспортёры).

Также в этой части пролёта установлены три агрегата комплексной обработки стали. Агрегат комплексной обработки стали оборудуется устройством для продувки через днище ковша, установкой измерения температуры и взятия проб, устройства для ввода алюминиевой проволоки в ковш.

В распределительном пролёте размещены устройства для подготовки к плавке сталеразливочных ковшей.

Сталеразливочные ковши, вакуумные камеры передаются из пролёта на ремонт футеровки в футеровочное отделение автотележкой грузоподъёмностью 100 т.

Отделение непрерывной разливки стали (ОНРС) состоит из двух участков:

-участка разливки жидкой стали на МНЛЗ;

-участка для отделки заготовок.

МНЛЗ расположена по оси между каждыми двумя электропечами. Участок разливки располагается в одном из пяти продольных пролётов. Здесь находятся; разливочные площадки, поворотные стенды, промежуточные ковши, тележки

для транспортировки проковшей, кристаллизаторы и направляющие устройства. В торцах пролёта участки подготовки проковшей.

Во втором пролёте расположены механизмы для транспортировки затравок, машины газовой резки заготовок, транспортные рольганги, машины газовой резки проб, устройства для клеймения заготовок.

В следующем пролете находятся печи для регламентируемого охлаждения заготовок производительностью 78 т/ч.

Загрузка заготовок в печь производится рольгангом и загрузочным механизмом. Кроме печей в пролёте расположены колпаки для замедленного охлаждения заготовок, стеллажи.

В поперечных пролётах расположены устройства для зачистки заготовок от окалины, кабины осмотра, шлифовальные станки и пилы холодной резки и пилы холодной резки дефектов.

1.6. Машины и агрегаты электросталеплавильных цехов

1.6.1. Дуговые электропечи (ДСП)

Дуговая печь (рисунок 2) состоит из рабочего пространства (рисунок 3) (собственно печи) с электродами и токоподводами и механизмов, обеспечивающих наклон печи, удержание и перемещение электродов и загрузку шихты. Плавку стали ведут в рабочем пространстве, ограниченном сверху куполообразным сводом, снизу сферическим подом и с боков стенками. Цикл плавки занимает от 42-48 мин., в зависимости от соотношения: скрап- жидкий чугун. Расход электроэнергии составляет 235-365 кВт/т. Температура плавления 1400-1600°C.

Огнеупорная кладка пода и стен заключена в металлический кожух. Съёмный свод набран из огнеупорных кирпичей, опирающихся на опорное кольцо. Через три симметрично расположенных в своде отверстия в рабочее пространство введены токопроводящие электроды, которые с помощью специальных механизмов могут перемещаться вверх и вниз. Печь питается трехфазным током.

Шихтовые материалы загружают на под печи, после их расплавления в печи образуется слой металла и шлака. Плавление и нагрев осуществляется за счет тепла электрических дуг, возникающих между электродами и жидким металлом или металлической шихтой.

Выпуск готовой стали и шлака осуществляется через сталевыпускное отверстие и желоб путем наклона рабочего пространства. Рабочее окно, закрываемое заслонкой, предназначено для контроля за ходом плавки, ремонта пода и загрузки материалов.

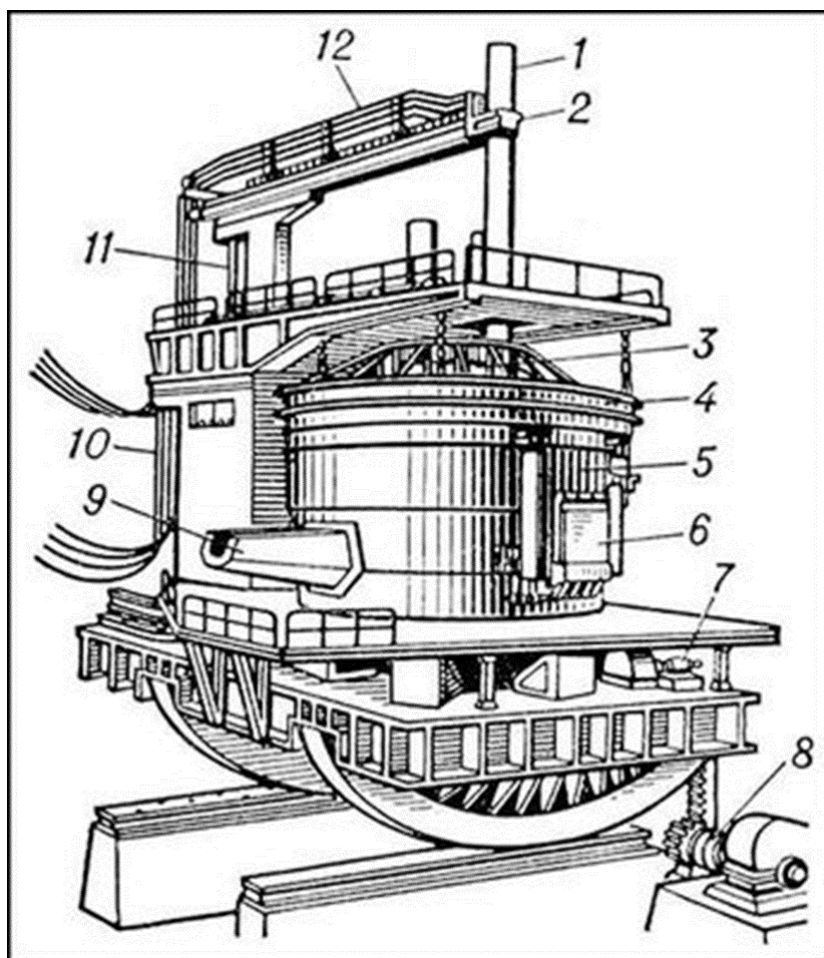


Рисунок 2 - Дуговая сталеплавильная печь ДСП-200 ёмкостью 200 т:

1-графитированный электрод; 2- электрододержатель; 3- свод; 4- водоохлаждаемое сводное кольцо; 5- цилиндрический кожух; 6- водоохлаждаемая вспомогательная дверка; 7- электромеханический механизм поворота печи вокруг вертикальной оси; 8- электромеханический механизм наклона печи; 9- сливной носок; 10- подвижный токоподвод из водоохлаждаемых гибких кабелей; 11- шток для вертикального перемещения

системы: стойка- рукав- электрододержатель- электрод; 12- токоподвод из охлаждаемых медных труб.

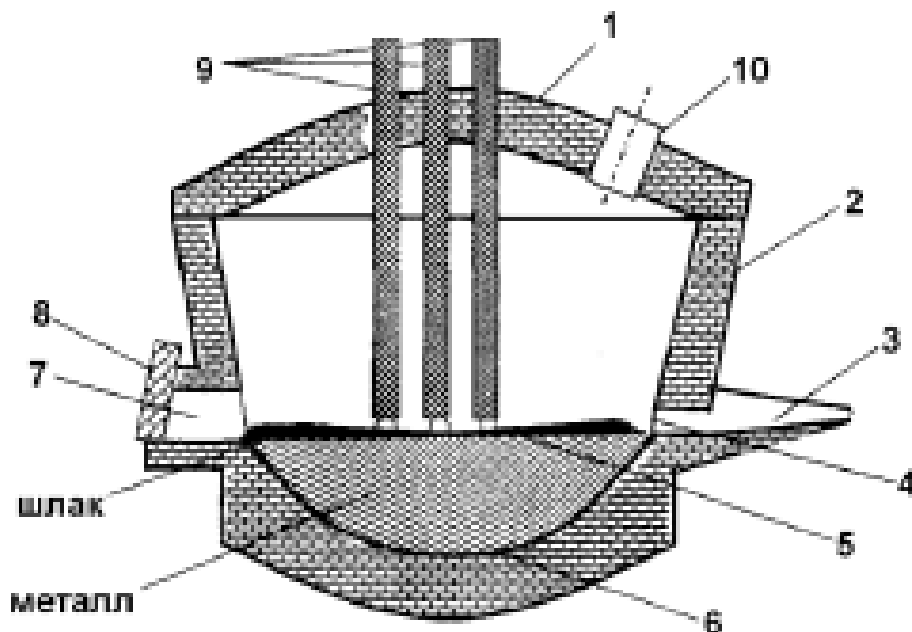


Рисунок 3 - Схема рабочего пространства дуговой электропечи:

1 - куполообразный свод; 2 – стенка; 3 - сливной желоб; 4 - стальное выпускное отверстие; 5 - электрические дуги; 6 - сферический под; 7 - рабочее окно; 8 - заслонка; 9 - токоподводящие электроды; 10 - отверстие для газоотсоса

Печь оснащается системой хранения, дозирования и подачи сыпучих материалов и ферросплавов. Конструктивно, электродуговая печь выполнена наклоняющейся для выпуска металла, а также с подъемом и поворотом свода для обеспечения механизированной загрузки через верх (свод). Основной несущей конструкцией печи является двухсекторная люлька, на которой установлены составные части печи.

Кожух печи представляет собой сварную конструкцию и имеет разъем на уровне порога. Верхняя часть кожуха цилиндрическая, нижняя часть выполнена цилиндро - сферической формы.

Свод электропечи представляет собой комбинированную конструкцию:

- футерованная купольная часть дельта - видной формы;
- периферийная, из водоохлаждаемых элементов;

-электрододержатели - выполнены с токоведущими водоохлаждаемыми рукавами с подачей воды на орошение электрода;

-механизм подъема и поворота свода служит для открывания печи под загрузку через верх.

Для обеспечения безопасности, в системе управления предусмотрены электрические блокировки.

Конструкция печи включает: систему водоохлаждения, воздухоподвода и маслоподвода.

Механическое оборудование печей

Опора печи и механизмы ее наклона. Для опоры корпуса печи на фундамент и для наклона печи при сливе металла служит люлька (рисунок 4). Она выполняется в виде горизонтальной сварной коробчатой плиты с двумя опорными сегментами 3а. Механизм наклона может быть с гидравлическим (рисунок 4а) или электромеханическим (рисунок 4б) приводами. В первом случае жидкость, подаваемая под давлением в гидроцилиндры 1, вызывает выдвигание или опускание штоков 2, во втором – электродвигатели 6 с редукторами 4 обеспечивают продольное перемещение зубчатых реек 5.

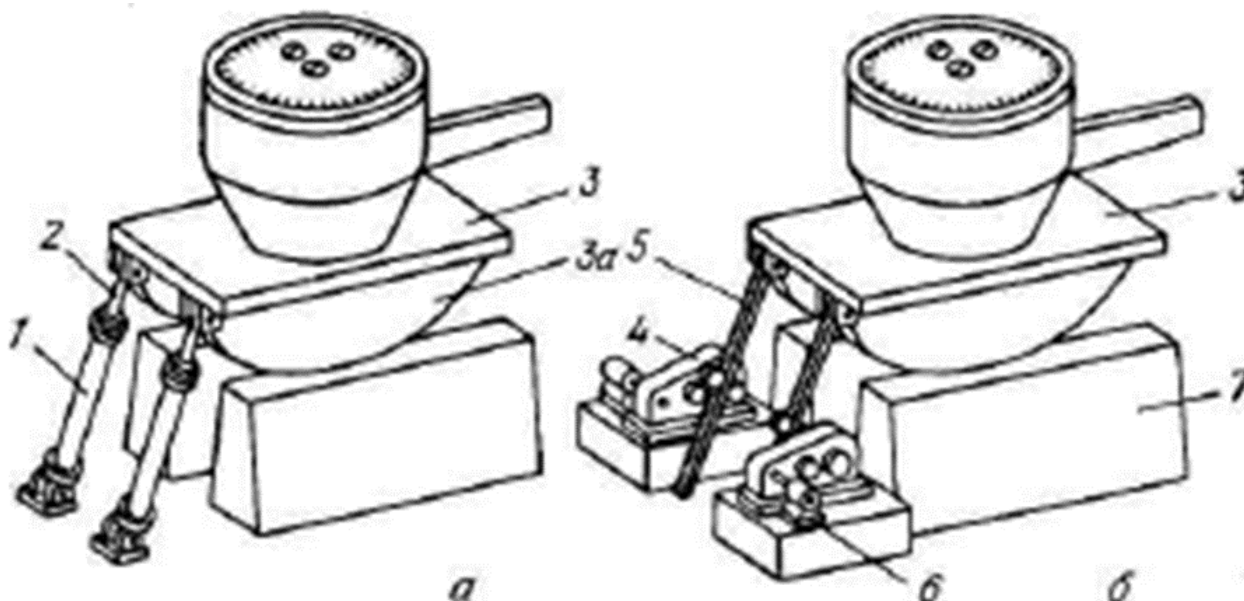


Рисунок 3.9 – Люлька и механизмы наклона печи с гидравлическим (а) и электромеханическим (б) приводом

При перемещении штоков или реек опорные сегменты люльки перекатываются по горизонтальным фундаментным балкам опорных станин 7 печи, что вызывает наклон печи.

Механизмы подъема-поворота свода. Печи с отворачиваемым сводом бывают двух разновидностей: с опорой механизма отворота свода с электродами на люльку или на отдельный фундамент.

Печи с опорой механизма отворота свода на люльку. Большая часть строившихся в последние десятилетия отечественных печей этого типа схожи с устройством 100-т печи, схематически показанной на рисунок 5.

Корпус печи (на рисунке не показан) опирается на люльку 8 через четыре опорных тумбы 9. Свод 12 подвешен к полупорталу, состоящему из двух Г-образных стоек 14, с помощью цепей 11, перекинутых через ролики 13. Концы цепей соединены с приводом 7 (электродвигатель и червячный редуктор с тяговым винтом), который перемещает цепи, обеспечивая подъем и опускание свода. Два привода 7 соединены синхронизирующим валом 15. Полупортал закреплен на литой стальной поворотной плите 1, которая одним концом насажена на поворотный вал 4 диаметром 750 мм. Вал закреплен в люлке, опираясь на подпятник 5 и верхний 6 и нижний роликовые подшипники. Вращение вала осуществляет электродвигатель с редуктором 2 через коническую шестерню, входящую в зацепление с коническим зубчатым сектором 3, закрепленным на валу 4. На поворотной плите между Г-образными стойками закреплены три стойки механизма перемещения электродов (на рисунке 12 не показаны).

При открывании печи для загрузки включают привод, приподнимая свод на 150–300 мм, поднимают электроды выводя их из рабочего пространства. Далее включают привод 2, поворачивая вал 4 на угол в 80° ; вместе с валом вокруг его оси поворачивается плита 7 и закрепленные на ней портал, свод и электроды, открывая рабочее пространство сверху.

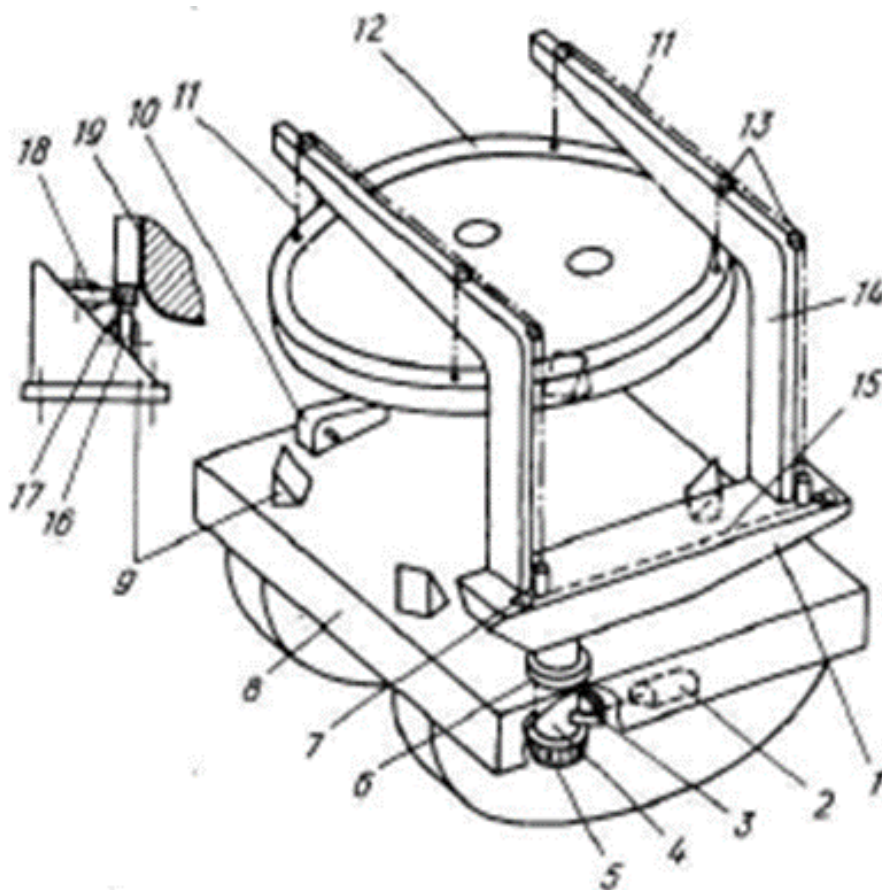


Рисунок 5 - Механическое оборудование печи с опорой механизмов подъема–поворота свода на люльку:

1 – поворотная плита; 2 – электродвигатель с редуктором; 3 – конический зубчатый сектор; 4 – вал; 5 – подпятник; 6 – верхний опорный роликовый подшипник; 7 – привод (электродвигатель и червячный редуктор с тяговым винтом); 8 – люлька; 9 – опорные тумбы; 10 – механизм вращения; 11 – цепи; 12 – свод; 13 – ролики; 14 – Г-образные стойки; 15 – синхронизирующий вал; 16 – ролики опорных тумб; 17 – кольцевой рельс; 18 – ролики, предотвращающие боковое смещение корпуса; 19 – корпус печи

Печь снабжена механизмом вращения ванны. Он предназначен для поворота печи вокруг вертикальной оси на 40° в одну и другую сторону относительно нормального положения. Это позволяет во время плавления при трех положениях кожуха проплавливать в шихте девять «колодцев», что сокращает время расплавления шихты. Возможность вращения обеспечивается благодаря тому, что корпус 19 печи посредством прикрепленного к нему кольцевого рельса

17 опирается на ролики 16 опорных тумб 9. Один или два механизма вращения 10 установлены на люльке; каждый из них состоит из электродвигателя с редуктором, выходной вал которого входит в зацепление с закрепленным на корпусе печи зубчатым сектором, благодаря чему вращение вала вызывает поворот корпуса. При включении механизма 10 и вращении корпуса кольцевой рельс 17 катится по роликам 16, а ролики 18 предотвращают боковое смещение корпуса. На высокомошных печах в таком механизме нет необходимости, поскольку в процессе расплавления вокруг трех электродов образуется общая плавильная зона или колодец, а не три отдельных проплавляемых колодца, характерных для маломощных печей.

Печи с опорой механизма отворота свода на отдельный фундамент эксплуатируются уже много лет. Имеется несколько их разновидностей. Современный вариант устройства представлен на рисунке 6 на примере отечественной высокомошной печи ДСП-100И6.

Корпус печи жестко закреплен на люльке 1. Он включает нижнюю часть 2 (опору ванны) из стального листа и стеновой каркас 3 из труб со стеновыми панелями 4 и рабочим окном 5. Водоохлаждаемый свод 6 с помощью четырех гибких тяг 7 подвешен к двум консолям 8, которые объединены в общую жесткую конструкцию с порталом 13 и шахтой 18. В нижнем положении портал опирается на люльку через закрепленные на ней две тумбы 14, а свод 6 – на корпус печи. В шахте 18 размещены три гидроцилиндра, которые перемещают телескопические стойки 12 электрододержателей. Электроды в электрододержателе зажимают с помощью хомута 9 и пружинно-гидравлического механизма 10. Ток от гибких кабелей к электрододержателям подводят водоохлаждаемыми медными трубами 11а.

Механизм отворота свода с электродами расположен на отдельном фундаменте и включает поворотную платформу 20 с закрепленными на ней двумя направляющими колоннами 15 и перемещаемую по ним вверх-вниз с помощью системы роликов 19 каретку 17. При открывании рабочего пространства печи вначале из него выводят электроды путем подъема стоек 12. Одновременно с

помощью двух гидроцилиндров 25 перемещают каретку 17 вверх; при этом конический хвостовик 16 каретки входит в соответствующее отверстие портала, а выступ 26 прилегает к шахте.

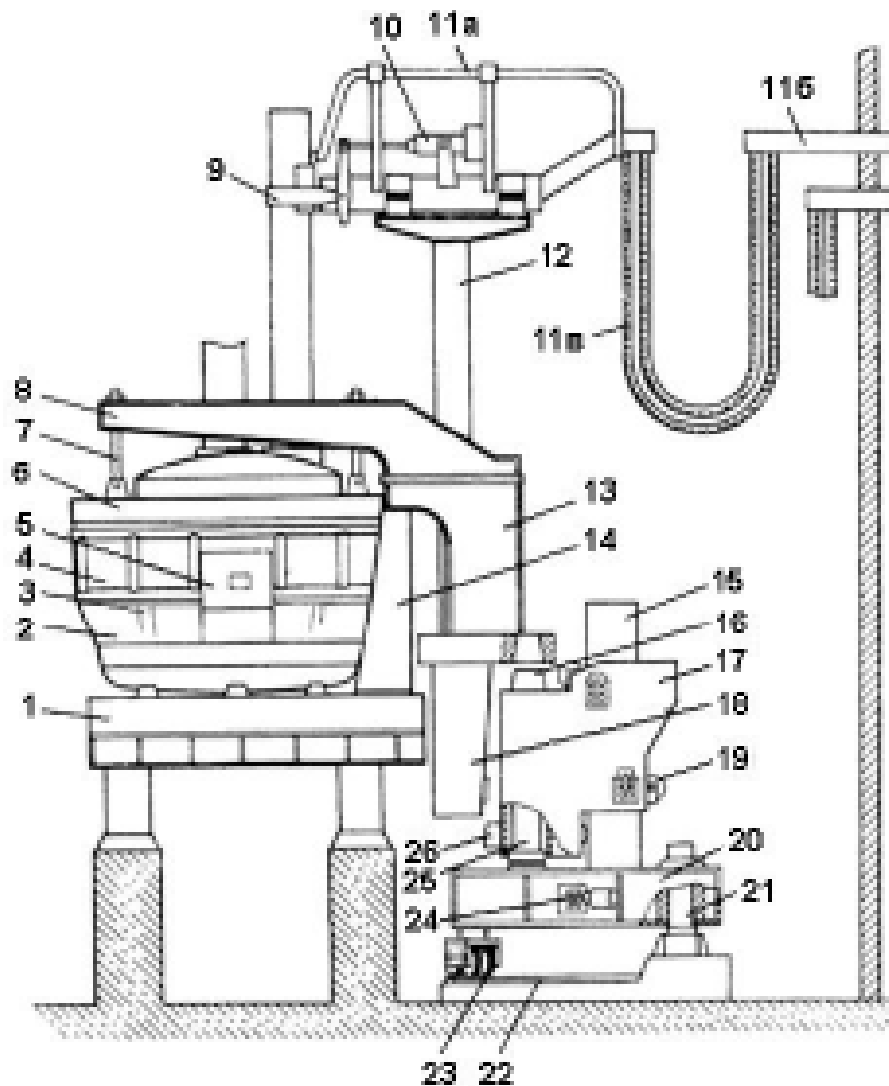


Рисунок 6 - Печь с опорой механизма подъема-поворота свода на отдельный фундамент:

1-люлька; 2 - кожух печи (нижняя часть); 3 - стеновой каркас; 4 - стеновые панели; 5 - рабочее окно; 6 - водоохлаждаемый свод; 7 - гибкие тяги, 8 - консоли; 9 - хомут; 10 - пружинно-гидравлический механизм; 11 - короткая сеть; 12 - телескопические стойки электрододержатели, 13 - портал; 14 - тумбы; 15 - направляющие колонны; 16 - конический хвостовик каретки; 17 - каретка; 18 - шахта; 19 - ролики; 20 - поворотная платформа; 21 - опорный вал; 22 - дугообразные рельсы; 23 - опорные ролики; 24, 25 - гидроцилиндры; 26 – выступ

Движущаяся вверх каретка поднимает портал, консоли и шахту и закрепленные на них свод и электроды. После подъема свода на 200–300 мм каретку 17 останавливают и с помощью гидроцилиндра 24 начинают поворот платформы 20 вокруг опорного вала 21; опорные ролики 23 платформы при этом движутся по дугообразным рельсам 22. Вместе с платформой вокруг оси 21 поворачивается все приподнятое кареткой оборудование, включая свод и электроды; поворот ведут до полного открывания рабочего пространства печи.

Эта печь, как и все новые высокомошные, имеет гидравлические приводы основных печных механизмов, являющиеся более быстродействующими, чем электромеханические.

Технические характеристики дуговых печей

В стране разработана серия дуговых сталеплавильных печей нового поколения, характеризующихся следующими особенностями: увеличена удельная мощность трансформаторов до 600 - 900 кВ.А/т со ступенями постоянной мощности; предусмотрены водоохлаждаемые элементы футеровки стен и свода; установлены в своде газокислородные горелки; для управления печью применен вычислительный комплекс (УВК).

Таблица 1. Технические характеристики дуговых печей

Тип	ДСП-100И6	ДСП-100НЗА	ДСП-150	ДСП-200
Номинальная вместимость, т	100	100	150	200
Диаметр кожуха на уровне откосов. Мм	6900	6900	7800	8400
Мощность трансформатора (максимально используемая), МВ.А	79	63	90	125

Максимальное вторичное напряжение, В	761	573	761	950
Максимальный вторичный ток, кА	69,4	63,5	79,5	87
Диаметр электрода, мм	610	610	610	610

1.6.2. Вакууматоры

Для дегазации жидкой стали применяются вакууматоры. Наиболее распространено порционное вакуумирование, при котором засасывается порция металла (порядка 10 % массы стали в ковше) и подвергается вакуумированию. Затем эта порция выпускается в ковш, перемешивая металл. Для обеспечения 3—4-кратного прохождения стали через вакууматор производится до 50 циклов. Порционный вакууматор (рисунок 7) состоит из следующих основных узлов: вакуум-камеры 2, вакуум-провода 5, газоохладителя 6, вакуум-насосов, платформы 3, бункера сыпучих добавок 4 и механизма перемещения (подъема и опускания). Перемещаемым элементом вакууматоров является вакуум-камера или ковш. Платформа 3 соединена с кареткой 7, имеющей по углам спаренные катки 9, которые опираются и перекатываются по колонне 8. Конфигурация сечения колонны обеспечивает самоцентрирование платформы. Платформа перемещается тремя гидроцилиндрами; большим, с диаметром плунжера 0,63 м и двумя малыми с диаметром 0,32 м каждый (на рис. не показаны), ход плунжеров 2,65 м. В первый гидроцилиндр масло подается от газового аккумулятора, во второй и третий гидроцилиндры — от насосов высокого давления. Суммарная сила на всех трех штоках гидроцилиндров обеспечивает подъем платформы с вакуум-камерой.

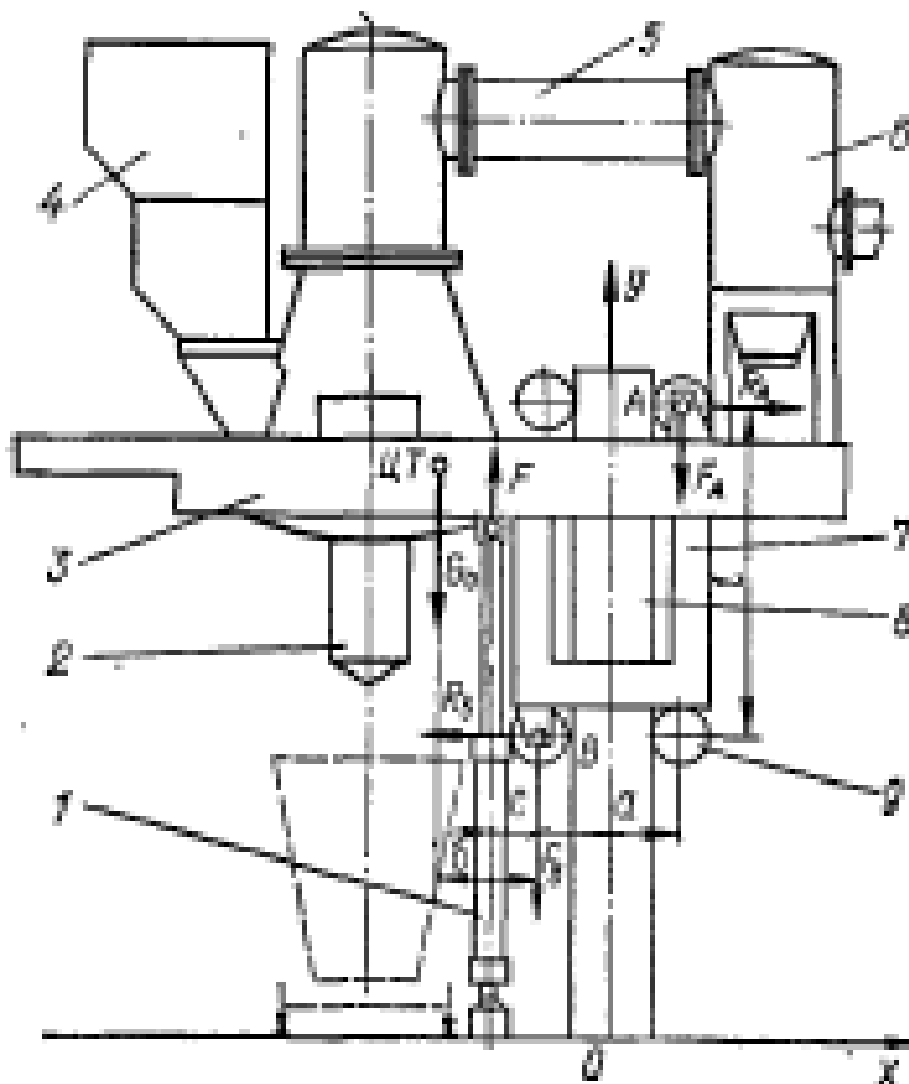


Рисунок 7 - Вакууматор для ковша вместимостью 350 т

Механизм перемещения ковша

Механизм перемещения ковша разработан во ВНИИМЕТМАШе для ковша вместимостью 250 т, схема которого представлена на рисунке 8. Платформа 2 с ковшом 3 подвешена на рычагах 4. Вертикальность еремещения обеспечивается движением катков по направляющей колонне I. Рычаги опираются на стойку 8, причем второй конец рычагов соединен из штангой 7, на которой закреплены зубчатые рейки, находящиеся в зацеплении с шестернями 5 электромеханического привода. Штанга снабжена противовесами и центрируется роликами 6. В результате реверсирования

привода изменяется направление движения ковша.

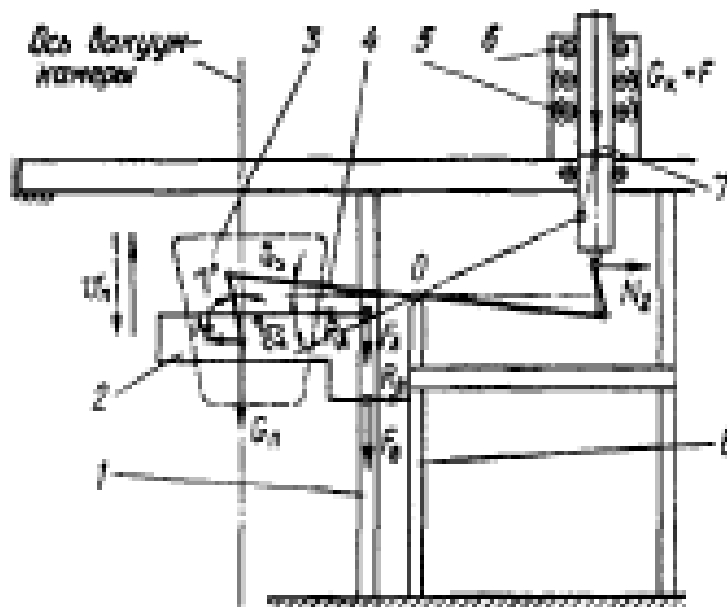


Рисунок 8 - Схема механизма перемещения ковша вместимостью 250 т

1.6.3. Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ)

Назначение и типы машин

Способ непрерывного литья заготовок является одним из наиболее важных достижений металлургии XX века и за сравнительно короткий период времени получил самое широкое распространение в мировом сталеплавильном производстве. Он коренным образом изменил не только процесс разлива стали, но и все металлургическое производство. В большинстве стран мира доля стали, разливаемой на МНЛЗ, превышает 90 - 95%.

Принцип непрерывной разливки заключается в том (рисунок 9) , что жидкую сталь из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму прямоугольного или квадратного сечения кристаллизатор, где происходит частичное затвердевание непрерывно выходящего слитка, дальнейшее его затвердевание происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения. Процесс непрерывного литья позволяет получать заготовки (после резки) для прокатных станов, а также его можно совместить с непрерывной прокаткой в одном агрегате.

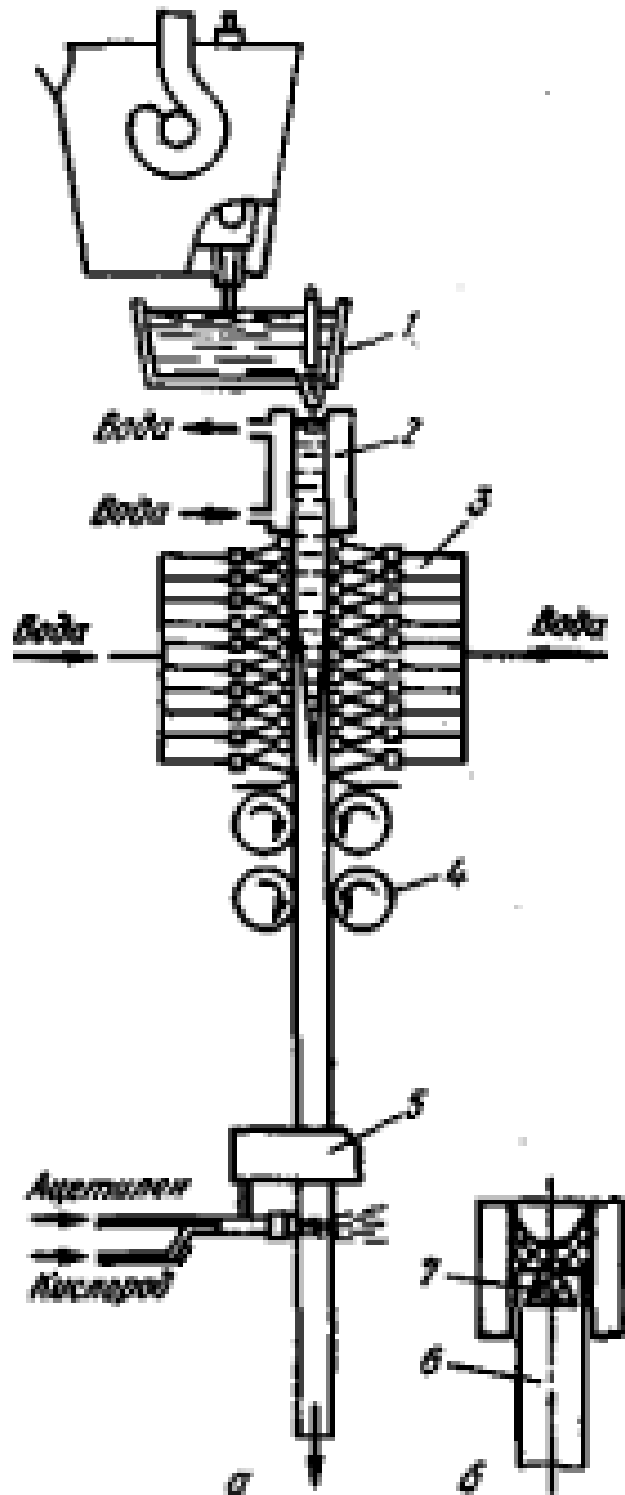


Рисунок 9 - Схемы разливки стали на МНЛЗ (а) и действия затравки (б):
 1 - промежуточный ковш; 2 - кристаллизатор; 3 - зона вторичного охлаждения;
 4 - тянущая клеть; 5 - резка; 6 - затравка; 7 - закристаллизовавшийся металл

Основные преимущества непрерывного литья стали по сравнению с разливкой в изложницы заключаются в следующем. Отпадает необходимость

в большом парке изложниц и сталеразливочных тележек, в применении стрипперных кранов и стационарных машин для извлечения слитков из изложниц, установок для охлаждения и подготовки составов с изложницами под разливку, в установке центровых и поддонов, а также блюмингов и слябингов, а в ряде случаев и заготовочных станов.

Снижаются эксплуатационные расходы и затраты электроэнергии, повышается выход годного металла вследствие минимальных потерь металла в скрап*, ликвидации литников, резкого уменьшения расхода металла на обрезь в прокатных цехах и т. д. Значительно повышается качество металла вследствие уменьшения поверхностных пороков и улучшения структуры слитка. Процесс непрерывного литья поддается полной автоматизации.

Классификация МНЛЗ

В настоящее время в эксплуатации находится большое разнообразие установок непрерывной разливки стали. Все эти разновидности установок классифицируются по следующим признакам.

По типу заготовки МНЛЗ различаются на слябовые, блюмовые и сортовые. Заготовки, отливаемые на слябовых машинах, имеют форму поперечного сечения в виде прямоугольника с соотношением длинной стороны к короткой, $> 3 \dots 4$. На блюмовых и сортовых МНЛЗ отливают заготовки в виде круга, квадрата или прямоугольника с меньшим отношением сторон. Заготовки с размером стороны > 200 мм обычно называются блюмами, с меньшим размером – сортовыми заготовками.

По принципу работы различают установки непрерывной разливки и полунепрерывного литья. На машинах непрерывной разливки слиток режется на заготовки мерной длины, что позволяет разливать плавки сериями методом плавки на плавку. При полунепрерывном литье длина заготовки обусловлена конструктивными особенностями – ходом механизма вытягивания, который выбирается из соображения упрощения и удешевления машины в данных условиях производства.

По составу различают одно- и многоручьевые МНЛЗ. Увеличение производительности установки достигается разливкой металла из сталеразливочного ковша в несколько кристаллизаторов. Обычно сортовые машины образуются четырьмя – восемью ручьями, а слябовые – двумя. В последнее время изготавливаются слябовые машины с четырьмя ручьями.

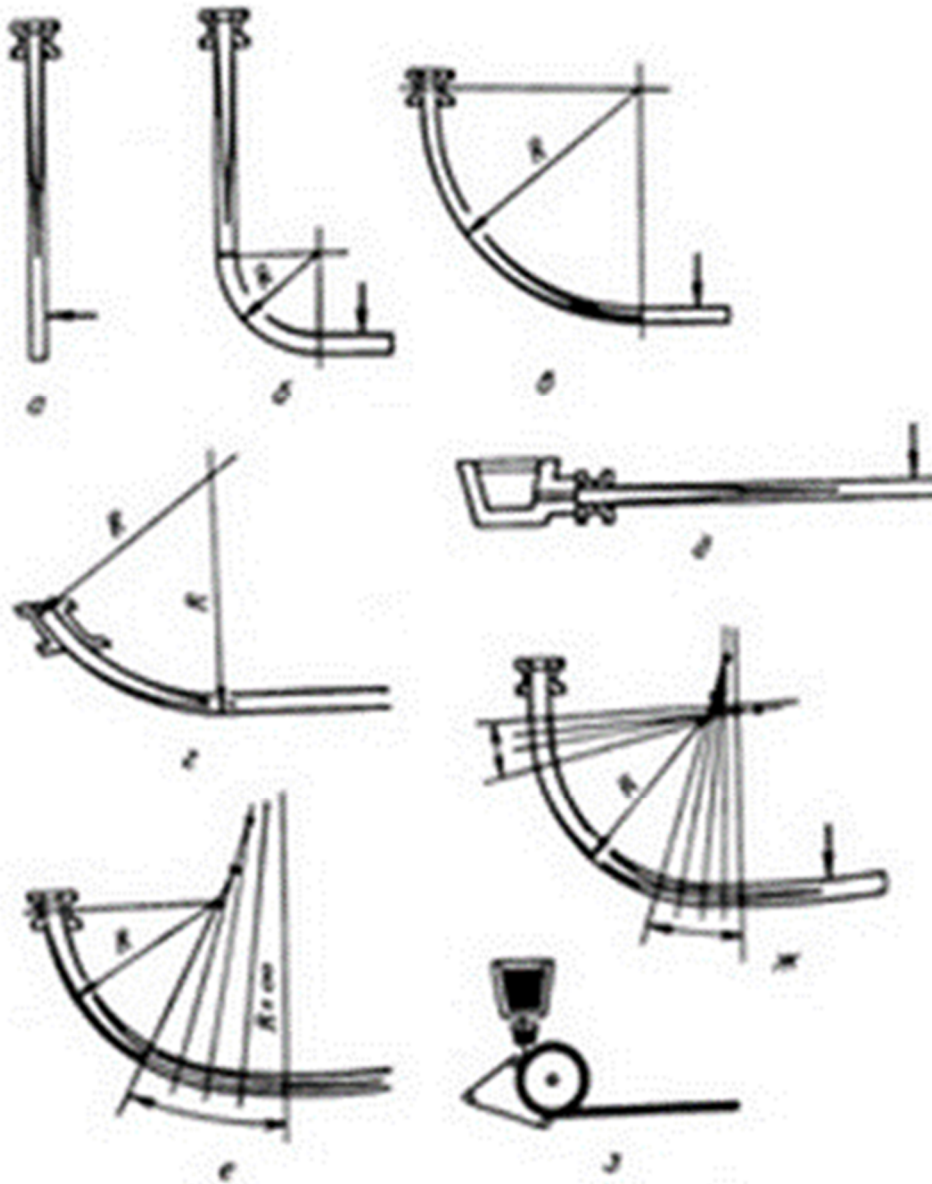


Рисунок 10 – Расположение технологических осей МНЛЗ:

а - вертикальная; б - вертикальная с изгибом; в - радиальная; г - наклонно-радиальная; д - горизонтальная; е - криволинейная с радиальным кристаллизатором; ж - то же, с вертикальным кристаллизатором; з - роторная (валковая) МНЛЗ

По характеру движения кристаллизатора различаются следующие типы МНЛЗ:

- с неподвижным кристаллизатором; к ним относится горизонтальная МНЛЗ;

- с возвратно-поступательным движением; кристаллизатор, определенный период движется одновременно со слитками или, опережая его, а затем возвращается в начальное положение; к этому типу машин относится основное количество установок непрерывной разливки стали;

- с кристаллизатором,двигающимся со скоростью слитка; это обеспечивает отсутствие скольжения оболочки слитка относительно кристаллизатора и, следовательно, трения между ними, что снижает вероятность разрыва оболочки при высоких скоростях разливки; к этому типу МНЛЗ относится так называемая роторная (валковая) МНЛЗ.

По расположению технологической оси установки непрерывной разливки стали делятся на машины с постоянной кривизной оси до окончания затвердевания слитка (см. рисунок 10, а-д) и машины с технологической осью на участке затвердевания слитка переменной кривизны (см. рисунок 10, е, ж).

Наибольшее распространение получили следующие виды МНЛЗ: вертикальные, криволинейные и радиальные, с изгибом слитка и горизонтальные.

Как было отмечено, МНЛЗ любого типа представляет собой комплекс самых разнообразных устройств, выполняющих строго определенные функции. Все эти устройства, тесно связанные работой друг с другом, должны располагаться в определенной технологической последовательности. При этом их компоновка должна обеспечивать ряд общих требований, главными из которых являются следующие:

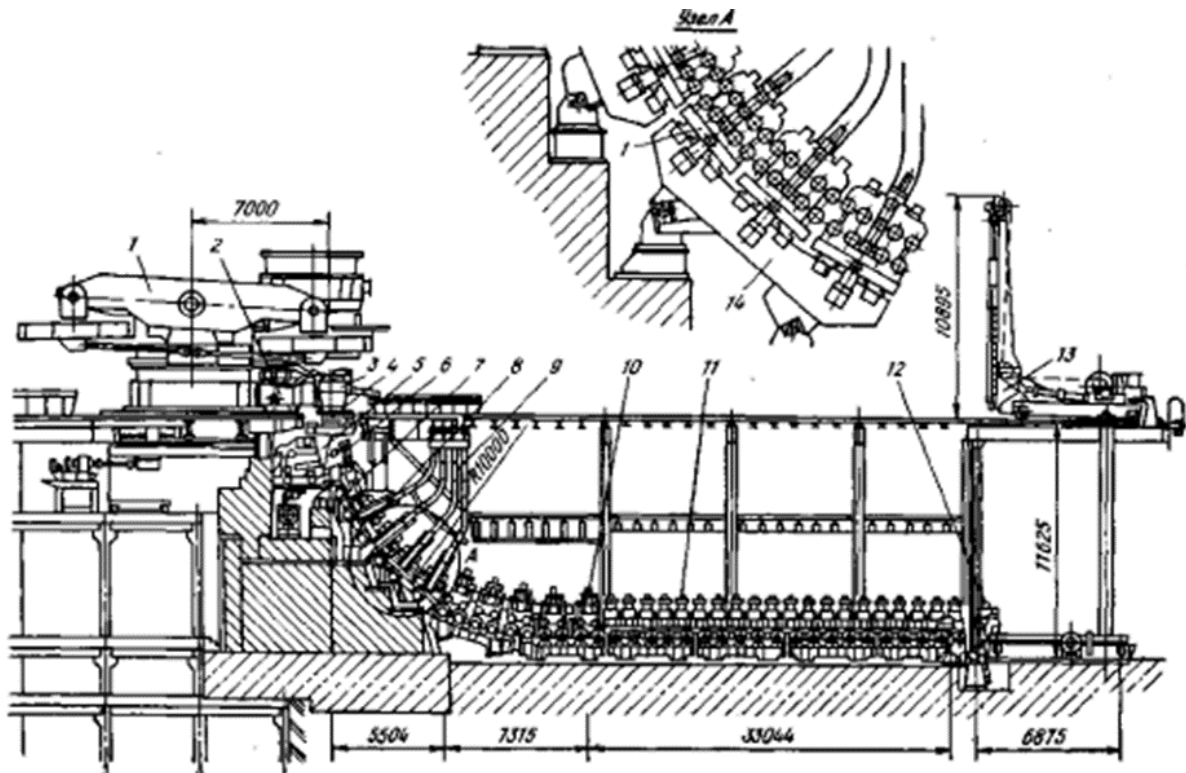
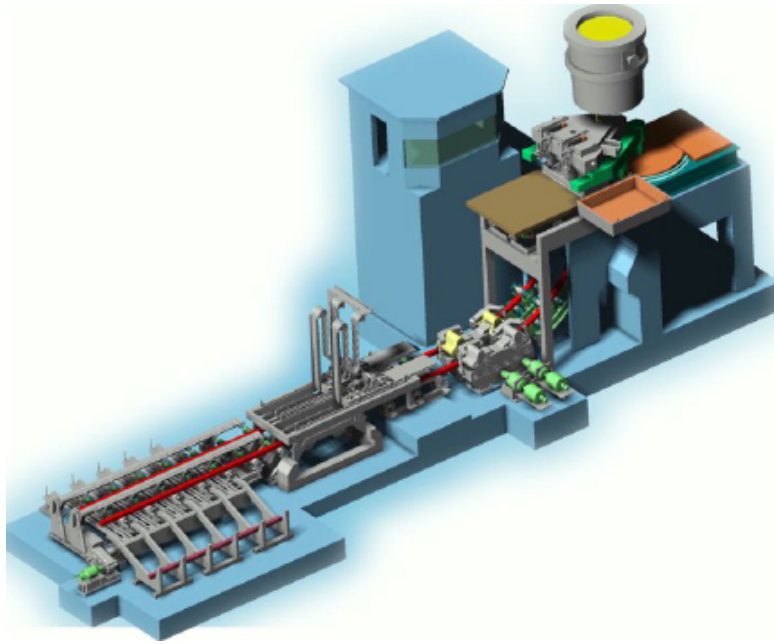
- 1) стабильное положение технологической оси машины в процессе достаточно длительного периода непрерывной работы;

- 2) независимое функционирование всех этих устройств путем индивидуального подвода электроэнергии, воды, смазки и т. п.,

- 3) точную синхронизацию работы всех ее элементов;
- 4) максимально возможную скорость замены отдельных узлов или устройств целиком в случае аварийного выхода их из строя;
- 5) переналадку всей машины на отливку слитка другого сечения без замены ее составных элементов;
- 6) высокий уровень механизации и автоматизации обслуживания и управления;
- 7) требования охраны труда и защиты окружающей среды.

Обеспечение стабильности положения технологической оси МНЛЗ любого типа достигается определенной схемой компоновки ее основных узлов (рисунок 11). Машина устанавливается на индивидуальном монолитном железобетонном фундаменте, располагаемом отдельно от любых строительных конструкций здания и его оборудования. Это позволяет не только сохранять в течение многих лет стабильность технологической оси, но и предотвращает получение любых дополнительных воздействий (обычно в виде вибрации) на ее полость, в процессе эксплуатации от другого оборудования, действующего в цехе. На фундаменте с помощью анкерных соединений закрепляются опорные металлоконструкции, которые в зависимости от расстояний между ними, места расположения по линии машины и нагрузок и других факторов могут быть различными — от стоек различной конфигурации до литых или сварных фундаментных балок.

Во избежание тепловых деформаций балки делаются определенной длины и закрепляются своими концами в шарнирных опорах, из которых одна является плавающей, а другая фиксированной. В результате перемещения балок происходит тангенциально положению технологической оси. Схема опор позволяет также компенсировать деформации рам, возникающие под действием общих усилий вытягивания, приложенных к слитку, реакция которых передается на все поддерживающие конструкции.



б

Рисунок 11 – Общая компоновка МНЛЗ (а – схема, б – чертеж):

1 – сталеразливочный стенд; 2 – тележка промежуточного ковша; 3 – промежуточный ковш; 4 – кристаллизатор; 5 – механизм качания кристаллизатора; 6, 7, 8, 10, 11 – различные секции роликовой проводки; 9 – направляющие для смены секций; 12 – механизм отсоединения затравки; 13 – машина для ввода затравки; 14 – фундаментные балки с фиксирующими и плавающим опорами

В зависимости от типа и завода-изготовителя для МНЛЗ изменяются набор и конструкция механизмов. Однако для них можно выделить некоторые однотипные по назначению механизмы: сталеразливочных стенов, промежуточных ковшей, качания кристаллизаторов, роликовых проводок, резки и др.

Технические характеристики некоторых МНЛЗ приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики машин непрерывного литья заготовок

Параметры	Модели МНЛЗ в зависимости от сечения отливаемых заготовок, мм						
	300—350X 900—1100	300—350X 1600—1800	170—315X 900—1850	160—350X 760—1850	150—350X 940—1800	300—350X 1000—2500	300—315X 1000—1600
Вместимость ковша, т	250	160	130	150	60	350	350
Вместимость промежуточного ковша, т	20	10	7—9	6	5,6	—	23
Количество ручьев	2	1	2	2	1	—	—
Скорость литья, м/мин	0,2— 2,0	0,2— 2,0	0,2— 0,8	0,3— 1,5	0,2— 1,0	1,0— 2,5	2,5
Длина кристаллизатора, мм	1200	1200	1200	1500	1200		
Годовая производительность, млн. т/год	1,0	0,3	—	—	—	2,0	—
Масса, т	3835	1709	2040	1450	810	—	3800

Сталеразливочные стенов

Для подачи ковшей к МНЛЗ и установки их над промежуточным ковшом при разливке стали используются стенов. Кроме того, на стенов проводятся операции взвешивания стали, вертикального перемещения ковша с целью регулирования высоты истечения струи стали в промежуточный ковш. Применяются в основном стенов двух типов: мостовые и поворотные, каждый из которых имеет конструктивные отличия.

Все они рассчитаны на установку двух ковшей.

Стенов мостового типа перемещаются по рабочей площадке, обеспечивая перевод ковшей из резервного в рабочее. Общий вид такого стенов представлен на рисунке 12. Он представляет собой сварной мост 4,

установленный на четырех двух-скатанных тележках 2, обеспечивающих движение моста по рельсовому пути I. Все тележки имеют электрический привод 5.

Для установки ковшей 6 на заданную высоту мост перемещается в вертикальном направлении по четырем колоннам 5, которые расположены на тележках. Каждая колонна снабжена винтовым механизмом с электроприводом.

Следует отметить, что данная конструкция является одной из первых в мире, относительно проста и успешно обеспечивает весь технологический процесс разливки в одном из конвертерных цехов Ново-Липецкого металлургического комбината (НЛМК). В то же время она имеет следующие недостатки: стенд громоздкий и тяжелый, что требует больших площадей и мощных опорных конструкций. Отсутствует возможность отдельного вертикального перемещения ковшей.

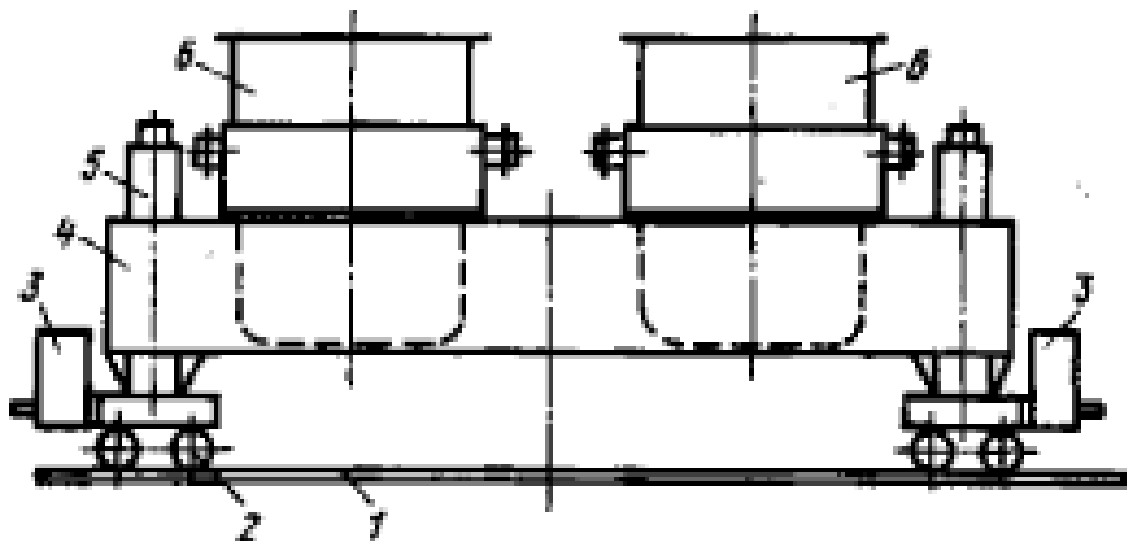


Рисунок 12 - Стелеразливочный стенд мостового типа

Поворотные стенды представляют собой принципиально новые конструкции, применяемые в современных сталеплавильных комплексах. Все они выполнены в виде опорно-поворотных башен, снабженных механизмами поворота, консолями для ковшей и установленных на индивидуальных фундаментах. Расположенные стационарно, они обеспечивают перенос

сталеразливочных ковшей из резервного положения в рабочее и наоборот путем поворота двух консолей вокруг общей их оси.

Необходимо отметить, что в кислородно-конвертерных цехах, оборудованных конвертерами вместимостью 100...350 т, масса ковшей с металлом составляет 180...450 т. Кроме того, необходимо учитывать объемно-планировочные решения разливочного отделения и связанное с этим расположение стенда относительно колонн здания, габариты ковшей и приближения кранов, наличие оборудования МНЛЗ', находящегося ниже рабочей площадки, а также взаимную привязку сталеразливочного и промежуточного ковшей с кристаллизатором. С учетом всех этих факторов вылет поворотной консоли должен составлять 5 ... 7 м. Поэтому, принимая во внимание необходимую грузоподъемность, поворотные стенды относятся к уникальному оборудованию.

В настоящее время существует достаточно большое число вариантов таких стендов, различающихся на основе опыта эксплуатации ранее созданных конструкций, схемами компоновки и конструктивными решениями поворотных узлов, подъемных механизмов и других элементов. В отечественной практике нашли применение стенды с качающейся и жестко установленной траверсами.

На рисунке 13 приведена общая схема устройства поворотных стендов конструкции Уральского завода тяжелого машиностроения (УЗТМ), работающих на ЧерМК и «Азовсталь», которые имеют качающуюся траверсу.

Стенд состоит из следующих основных узлов: установленного на фундаменте 1 основания 2, на котором в кольцевой обойме расположены ролики 3. На ролики опирается поворотная платформа 4 с прикрепленными двумя стойками 5, между которыми на оси посажена рама 6 с двумя подвесками 7 для ковшей 8, Для обеспечения плоско-параллельного перемещения ковшей и подвесок последние соединены тягами 9 с рычагами 10 на раме. Подъем или опускание ковшей обеспечивается качанием несущей рамы.

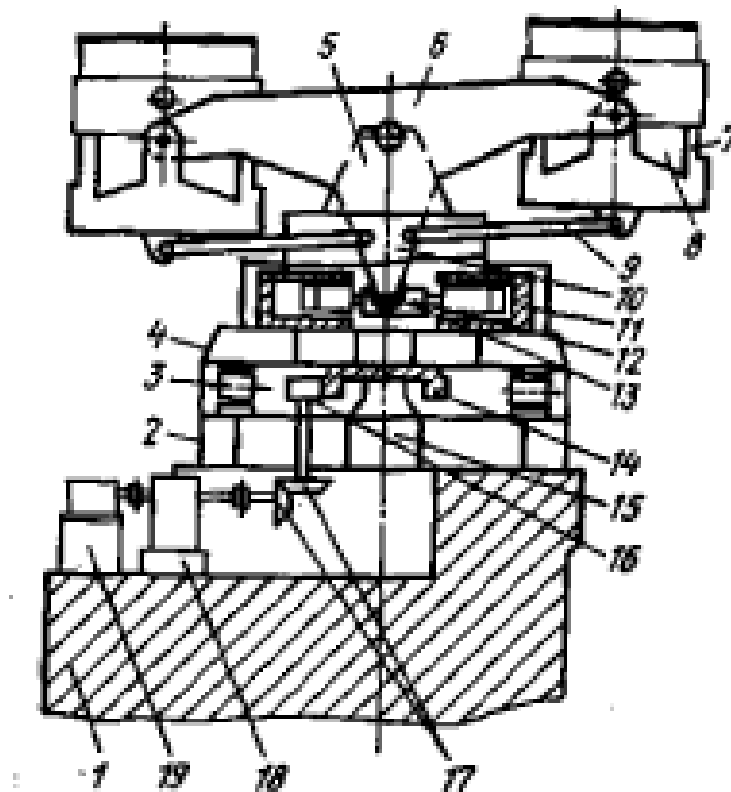


Рисунок 13 - Сталеразливочный стенд конструкции ПО УЗТМ

При ее наклоне один ковш поднимается, а второй опускается. Это перемещение рамы достигается с помощью двух гидроцилиндров 11, передвигающих ползун 12, в котором сделан паз в виде трапеции. В паз вставлен эвольвентный по профилю зуб 13 рычага, прикрепленного к несущей раме. Таким образом, гидроцилиндры, передвигая ползун, поворачивают рычаг, в результате чего несущая рама наклоняется и висащие на ее концах ковши перемещаются вверх и вниз.

Поворот платформы осуществляется со скоростью 1 об/мин электроприводом, состоящим из двух электродвигателей 19, один из которых является резервным, редуктора 18, конической 17 и цилиндрической 16 передач. Зубчатый венец 14 цилиндрической передачи прикреплен к поворотной платформе. Центровка платформы по оси стенда осуществляется фиксатором 15 с подшипниковыми узлами.

В этой конструкции стенда при наличии одного груженого ковша на несущей раме нагрузка от консольного расположения ковша воспринимается

частью тел качения горизонтального ряда роликов, находящихся со стороны ковша, так как масса подвижных частей станда примерно равна массе груженого ковша, а диаметр роликовой обоймы близок к вылету ковша.

Радиальные нагрузки от момента вращения станда воспринимаются частью тел качения вертикального ряда подшипников, расположенных на фиксаторе.

Промежуточный ковш

Конструкция и вместимость промежуточного ковша в значительной степени определяют стабильность процесса разливки стали и качество слитка.

Промежуточный ковш обеспечивает поступление металла в кристаллизатор с определенным расходом n , обеспечивая хорошо организованную струю, позволяет разливать сталь в не сколько кристаллизаторов одновременно и осуществлять серийную разливку методом плавка на плавку при смене сталеразливочных ковшей без прекращения и снижения скорости разливки. Промежуточный ковш является буферной емкостью, так как с его помощью согласовывается поступление металла из сталеразливочного ковша в кристаллизатор. При этом обеспечиваются усреднение поступающей порции металла и предотвращение попадания шлака в кристаллизатор. Конструкция промежуточного ковша должна обеспечивать минимальные потери теплоты.

Промежуточный ковш выполняется сварным (рисунок 14) из стальных листов, футерованным огнеупорными материалами. Для уменьшения тепловых потерь он снабжен крышкой, футерованной кнриичом или набивной огнеупорной массой. В ряде случаев применяют цельнометаллические крышки, изготовленные из слябов или плит. В крышках имеются отверстия для ввода защитной трубы, через которую поступает металл из сталеразливочного ковша в промежуточный, и отверстия для установки горелок для разогрева ковша.

Для уменьшения воздействия статических и динамических нагрузок,

воздействия термических напряжений металлические стены, как правило, выполняются ребристыми.

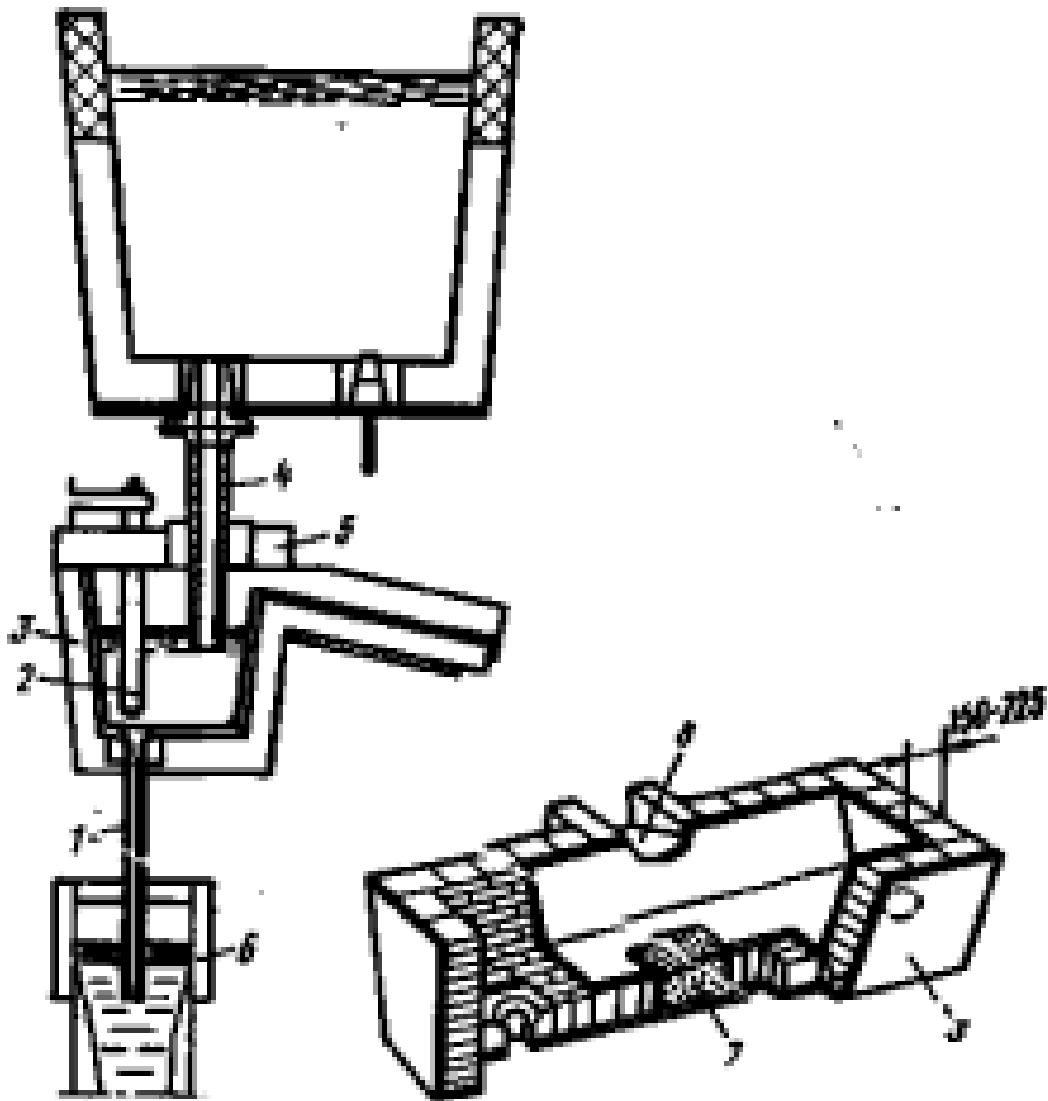


Рисунок 14 - Устройство промежуточного ковша:

1 - погружной стакан; 2 - стопор; 3 - промежуточный ковш; 4 - защитная труба; 5 - крышка; 6 - кристаллизатор; 7 - участок удара струи (бойное место); в —аварийный слив

В области воздействия струи металла из сталеразливочного ковша увеличена толщина корпуса, кроме того, корпус имеет наружное кольцо жесткости, в котором закреплены цапфы для транспортировки ковша.

Струя металла регулируется обычно стопорным механизмом.

В последнее время для этой цели начинают использовать шиберные затворы. Стопорные или шиберные механизмы крепятся к корпусу промежуточного ковша так же, как и к корпусу сталеразливочного.

Для предотвращения перелива металла через край ковша при аварийной ситуации ковш снабжен сливным носком, позволяющим направить избыточный металл в аварийную емкость.

Промежуточный ковш устанавливается на специальный подъемно-поворотный стол или тележку, которые обеспечивают его перемещение из резервной позиции в рабочую и обратно, а также подъема над кристаллизатором для установки сталеразливочного стакана, обслуживание кристаллизатора и поддержание процесса разливки в заданном режиме.

Промежуточный ковш так же, как и сталеразливочный, может футероваться штучными огнеупорными материалами или иметь монолитную футеровку. Тип футеровки зависит от марки разливаемой стали, наличия огнеупорных материалов и требуемой стойкости футеровки.

Кристаллизаторы

В любой МНЛЗ кристаллизатор выполняет функции первичного холодильника, отводящего до 30% теплоты расплава, и формообразователя, обеспечивающего заданную форму поперечного сечения слитка. По принципу работы — это теплообменник, основной задачей которого является создание необходимых условий для интенсивного отвода теплоты от жидкого металла.

В результате по его периметру происходит непрерывное формирование внешней оболочки — корочки будущего слитка. Обязательным условием нормальной работы кристаллизатора является обеспечение на выходе из него оболочки с прочностью, превышающей ферростатическое давление находящегося в ней жидкого металла и усилий вытягивания.

От конструктивных и теплофизических характеристик кристаллизатора во многом зависят производительность машины в целом и качества слитка. Поэтому помимо выполнения основных функций конструкция кристаллизатора должна обеспечивать высокую его стойкость, возможность регулирования

размеров сечения профиля отливаемой заготовки, а в случае необходимости — его быструю замену.

К основным конструктивным параметрам кристаллизатора относятся внутренние размеры по сечению, определяющие профиль слитка, высота, толщина и материал рабочих стен, их конусность, система охлаждения и система регулирования размеров.

В настоящее время все конструкции кристаллизаторов по способу изготовления и области применения можно объединить в три большие группы: блочные, гильзовые и сборные. Все они в зависимости от формы технологической оси МНЛЗ могут быть прямолинейными и радиальными.

Блочные кристаллизаторы изготавливаются из цельнокованных или литых медных блоков с толщиной стенок 150... 175 мм.

В стенках просверлены отверстия, по которым проходит вода для охлаждения. Число отверстий, их диаметр и расстояние между ними определяются условиями теплоотвода. Обычно диаметр отверстий составляет 20 ... 22 мм с шагом 40 ... 60 мм.

Готовый медный блок крепится для повышения прочности в стальном корпусе (рисунок 15а). Кристаллизаторы такого типа характеризуются сравнительной долговечностью, отсутствие стыков между стенками обеспечивает достаточно высокую надежность их в работе. В то же время они дороги в изготовлении и в процессе эксплуатации. В такой монолитной конструкции возникают термические напряжения, вызывающие деформации стенок и образование в них трещин (особенно по углам). Все это в конечном итоге снижает производительность кристаллизатора и качество слитка. Ремонт таких кристаллизаторов затруднен, и к тому же в процессе ремонта увеличиваются внутренние размеры, что требует большого парка кристаллизаторов.

Поэтому в настоящее время в массовых промышленных масштабах блочная конструкция уже почти нигде не применяется.

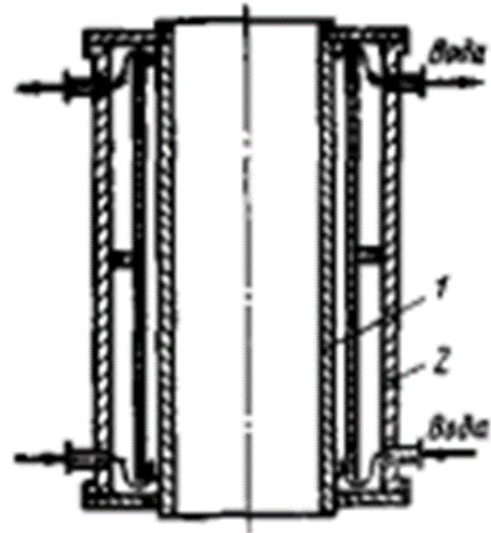
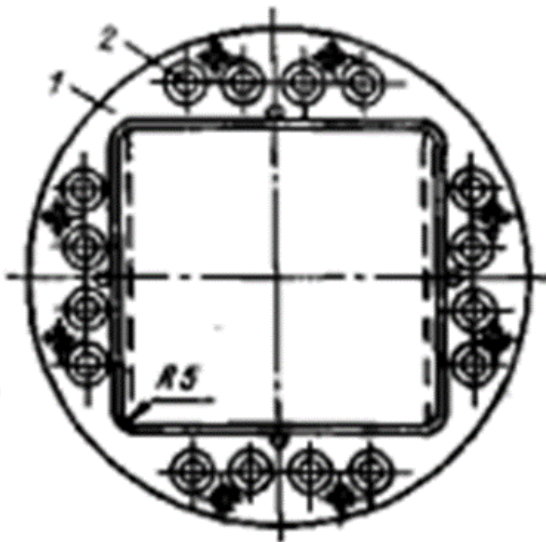


Рисунок 15 – Схемы кристаллизаторов: а) блочного: 1 – медный блок; г - канал для охлаждающей воды; б) гильзового: 1 - медная гильза; 2 - стальной корпус

Гильзовые кристаллизаторы изготавливаются из цельнотянутых медных труб с толщиной стен 5 ... 20 мм. Из трубной заготовки различными методами обработки металла давлением получают деталь с заданным профилем поперечного сечения, называемую гильзой, которая и является внутренней рабочей стенкой кристаллизатора. Гильза вставляется в стальной корпус и крепится в верхней части с помощью фланца. Нижняя часть гильзы фиксируется в корпусе с помощью уплотнения, допускающего свободное термическое расширение без возникновения деформации стен. Вода движется между корпусом и гильзой по зазору шириной 4 ... 7 мм, обеспечивая равномерный и интенсивный отвод теплоты. Коробление гильзы предотвращается также устройством ребер жесткости. В зависимости от конкретных задач и условий создано и эксплуатируется большое количество разнообразных вариантов конструкций гильзовых кристаллизаторов, различающихся лишь профилем поперечного сечения и некоторыми деталями крепления, охлаждения и т. д. На рисунке 15б приведен один из вариантов конструкции гильзовых кристаллизаторов.

Гильзовые кристаллизаторы получили широкое распространение на МНЛЗ, отливающих сравнительно небольшие по сечению сортовые заготовки преимущественно квадратного сечения с максимальным размером сторон 200... 250 мм. Применяются они при отливке круглых, полых и других профилей.

Сборные кристаллизаторы изготавливаются из четырех отдельных медных плит, каждая из которых для большей жесткости крепится шпильками на отдельной стальной плите. В зависимости от толщины плит кристаллизаторы делятся на тонко(15...25 мм) и толстостенные (50... 100 мм). Собранные все вместе и стянутые по боковым граням болтами они образуют изложницу с медной рабочей поверхностью, расположенную в стальном корпусе. Для снятия температурных напряжений в плитах, вызывающих их деформации, и для предотвращения образования зазоров между стенками плит стягивающие болты снабжены пружинными компенсаторами.

Такие кристаллизаторы широко применяются для отливки прямоугольных листовых заготовок — слябов и крупных блюмов, так как высокая жесткость стен позволяет выдерживать без деформации очень большое ферростатическое давление.

Сборная конструкция по мере износа поверхности медных плит обеспечивает возможность неоднократных ее ремонтов путем прострагирования и шлифовки рабочей поверхности плит с последующим их использованием, что дает большую экономию меди.

Механизм качания кристаллизатора

Механизм качания служит для сообщения кристаллизатору возвратно-поступательного движения относительно оси движущегося слитка.

Перемещение происходит по определенному закону, например синусоидальному, с заданной амплитудой колебания.

Рассмотрим механизм качания с шарнирным четырехзвенником, который приблизительно воспроизводит круговую траекторию на участке движения кристаллизатора.

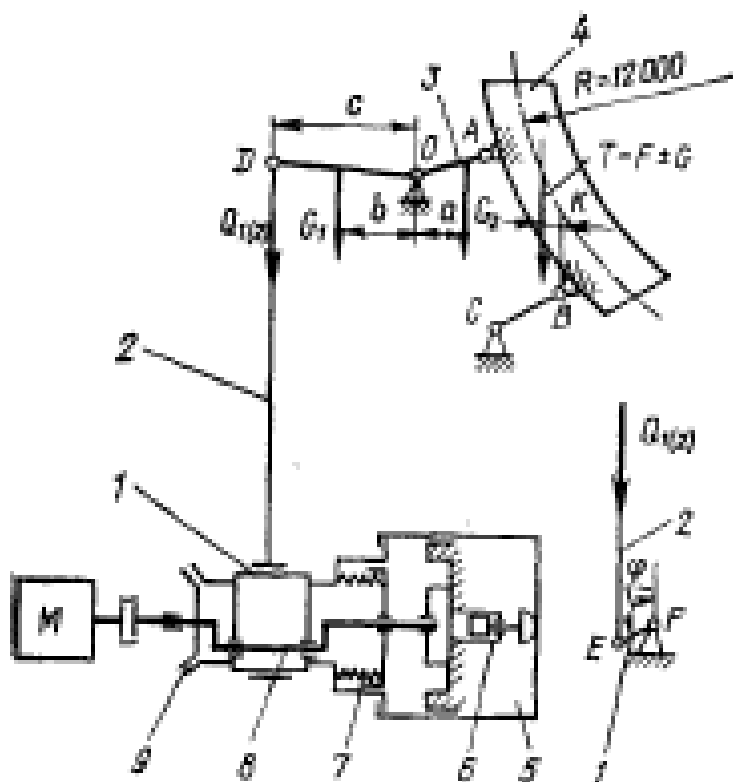


Рисунок 16 - Схема действия сил на механизм качания кристаллизатора МНЛЗ.

Масса подвижных частей кристаллизатора — 23 т; диапазоны регулирования частоты качания — 5—100 кач/мин; амплитуды качания — 2,5—12,5 мм; мощность электродвигателя — 45 кВт; частота вращения — 0—100 об/мин.

Движение шатуна 2 создается при вращении эксцентриковой системы (рисунок 16) и тогда рычаги четырехзвенника 5 (0/1BC) обеспечивают качание кристаллизатора 4. Амплитуду качания кристаллизатора изменяют путем регулирования эксцентриковой системы 1, для чего, создавая давление, в гидроцилиндре 6, сжимают пружины 7 и перемещают траверсу 5, отключая фрикционную муфту 9, затем поворачивают систему 1 относительно эксцентрикового вала 8.

Сила вытягивания заготовки из радиального кристаллизатора определяется силами трения затвердевающей заготовки о стенки кристаллизатора, степенью

приработки кристаллизатора и другими факторами

$$F = \frac{1}{2} k_1 k_2 \Pi \rho R^2 f \varphi^2,$$

где Π — периметр сечения заготовки; ρ — плотность жидкой стали; R — радиус кристаллизатора; f — коэффициент трения затвердевающего металла о стенки кристаллизатора ($Q = 0,47 \dots 0,55$); φ — центральный угол между мениском жидкого металла, нижним торцом кристаллизатора и центром кривизны; k_1 — коэффициент, учитывающий степень приработки кристаллизатора ($k_1 = 1,5 \dots 2$); k_2 — коэффициент, зависящий от химического состава стали ($k_2 = 1,75 \dots 1,8$ для стали 45).

Роликовые проводки

В зоне вторичного охлаждения, состоящей из нескольких групп роликовых секций, происходит дальнейшее затвердевание поверхностной корки слитка. Параметры первых (после кристаллизатора) секций неприводных роликов 1 и 2 (рисунок 17, а) выбирают с таким учетом, чтобы предупредить выпучивание и разрыв корки слитка 3.

Приводные роликовые проводки или правильно-тянущие механизмы служат для дальнейшего перемещения слитка на радиальном, а также правки и перемещения на горизонтальном участках. В МНЛЗ вертикального типа приводные ролики обеспечивают движение заготовки с определенной скоростью, вытягивая и удерживая на весу "слиток".

Для прижатия роликов к слитку применяются различные механизмы. На рисунке 17, б, в представлены двух- и четырехроликовые секции с гидравлическим прижатием. Два ролика 1, 3 (рисунок 17, б) размещены в раме 2. Верхний ролик прижимается к слитку гидроцилиндрами 4, а нижний ролик приводится во вращение от электродвигателя через планетарный редуктор 6 и шпиндель с шарниром Гука 5. В конструкции, изображенной на рисунке 17, в, в гидроцилиндр 1 прижимает к слитку 4 два верхних ролика 5 через балансирующее устройство 6. Нижние ролики 3, 7 располагаются в раме

2 и приводным роликом является ролик 7. Схема привода аналогична механизму, представленному на рисунке 17, б.

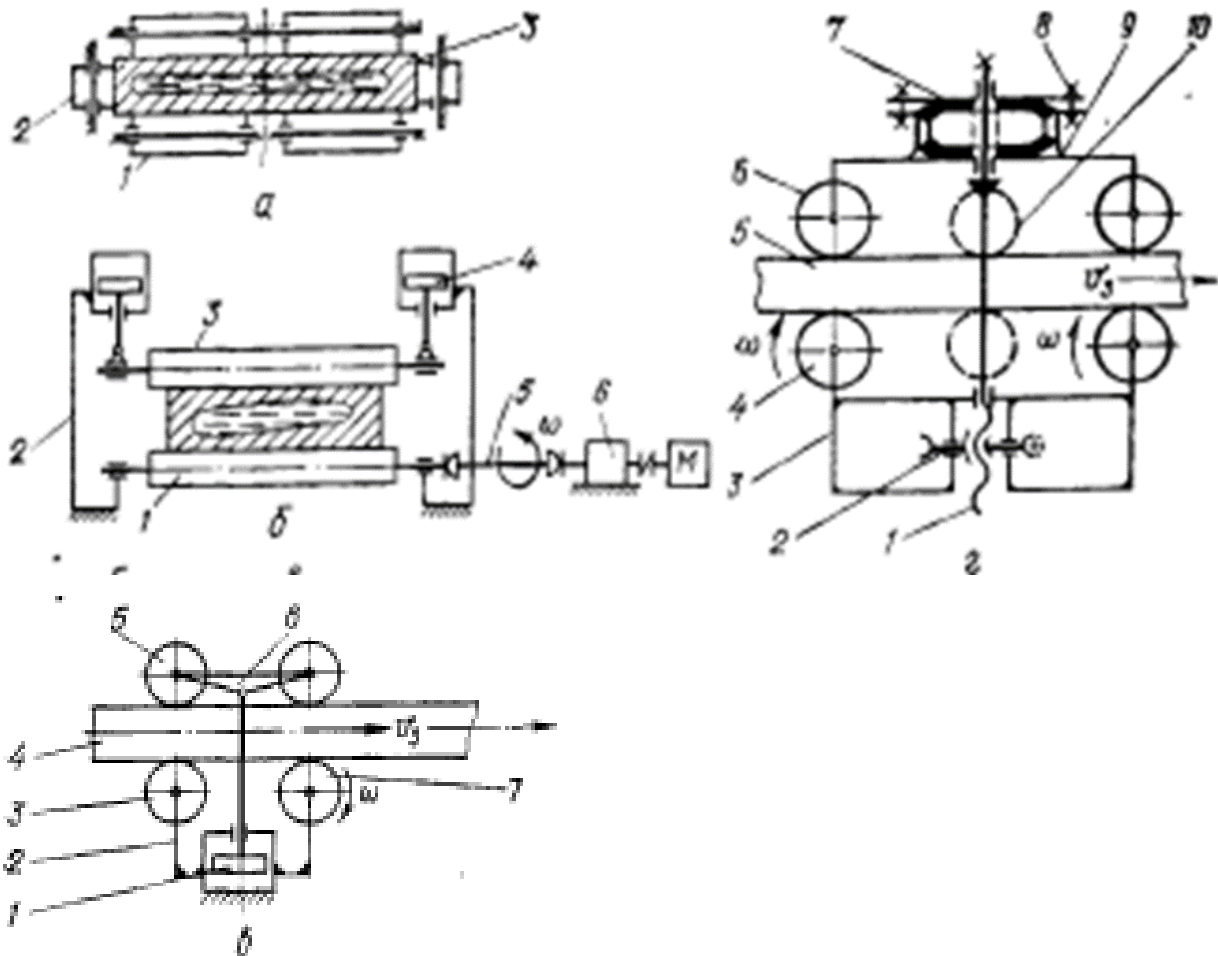


Рисунок 17 - Схемы роликовых проводок: а — секция с неприводными роликами; б — двухрольная секция с гидравлическим прижатием роликов; в — четырехрольная секция с гидравлическим прижатием верхних роликов через балансиры; г — шестирольная секция с пружинно-винтовым прижатием верхних роликов

Пружинно-винтовой механизм (рисунок 17, г) состоит из винтовой пары 1 и червячной передачи 2, обеспечивающих установку верхних роликов 6 и 10 при вертикальном перемещении винта относительно слитка 5. Траверса 9 опирается на тарельчатые пружины 7, затяжка которых регулируется болтами 8. Пружины, сжимаясь, предохраняют ролики от поломок при их перегрузках. Опоры нижних роликов 4 и 10 находятся в раме 3. При этом

приводными являются крайние ролики. Привод индивидуальный (по рассмотренной ранее схеме).

От электродвигателя к ролику крутящий момент передается через планетарный редуктор и шпиндель с зубчатой и роликосферической муфтами. Ролики 10 имеют меньший диаметр, опоры верхнего ролика подпружинены.

2. Примеры выполнения расчетных задач по механическому оборудованию сталеплавильных цехов [5]

2.1 Задача № 1

Определить мощность привода механизма подъема фурмы для подачи аргона установки доводки металла (рисунок 10), если масса фурмы шф = 520 кг; масса поднимаемых с фурмой частей $m_s = 5950$ кг; скорость подъема $v = 0,27$ м/с; высота подъема $H = 6850$ мм; расстояние между роликами каретки $a = 1300$ мм; диаметр барабана по оси каната $D_6 = 577$ мм; кратность полиспаста $i_n = 2$; передаточное число редуктора $i_p = 40$.

1. Для определения сил реакции на роликах каретки необходимо выполнить в масштабе расчетную схему (рисунок 10) [4, 6].

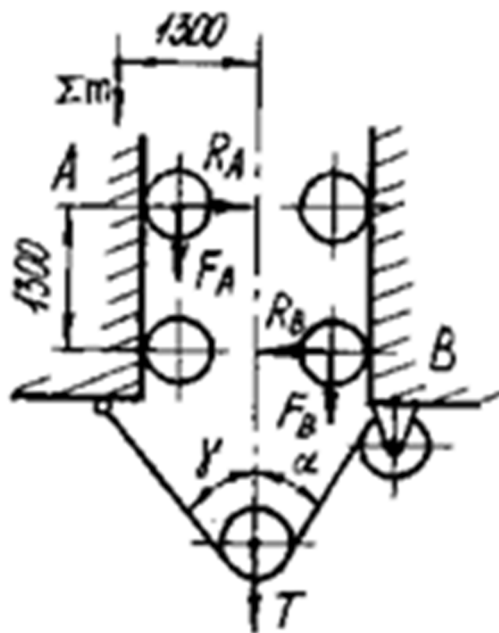


Рисунок 10 – Расчетная схему механизма подъема фурмы для подачи аргона установки доводки металла

2. Определить силы реакции на роликах в опорах А и В

$$R_A = R_B = \frac{\sum m \cdot 1,3}{1,3} = \frac{5950 \cdot 1,3}{1,3} = 5950 \text{ (кг)}.$$

3. Определить силы сопротивления перемещению каретки в опорах А и В

$$F_A = F_B = R_A \cdot \left(\frac{\mu \cdot d + 2 \cdot k}{D} \right) \cdot k_p,$$

где μ - коэффициент трения в подшипниках роликов, принимаем $\mu = 0,02$ [4];

d - диаметр цапфы роликов, $d = (0,25-0,3)D$, где D - диаметр ролика каретки, $D = 0,3$ м ; тогда принимаем $d = 0,09$ м;

k - коэффициент трения качения, принимаем $k = 0,03$ см [4];

k_p - коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления на роликах каретки; для конических роликов принимаем $k_p = 1,5$ [4].

Тогда

$$F_A = F_B = \frac{5950 \cdot 0,02 \cdot 0,09 + 2 \cdot 0,0003}{0,3} \cdot 1,5 = 71,4 \text{ (кг)}.$$

4. Определить силу T , действующую на ось подвижного блока при подъеме каретки

$$\sum m - T + F_A + F_B = 0;$$

$$T = \sum m + F_A + F_B = 5950 + 2 \cdot 71,4 = 6092,8 \text{ (кг)}.$$

5. Определить тяговое усилие S на барабане лебедки. Для этого необходимо выполнить в масштабе расчетную схему действия сил (рисунок 11)

Из схемы определяем

$$\frac{T}{\sin 120^\circ} = \frac{S}{\sin 30^\circ}, \quad S = \frac{0,5 \cdot T}{0,866} = \frac{0,5 \cdot 6092,8}{0,866} = 3517,8 \text{ (кг)}.$$

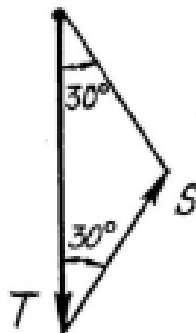


Рисунок 11 - Расчетная схема действия сил на барабане лебедки

6. Определить статическую мощность привода P_c

$$P_c = \frac{S \cdot V_k}{\eta_{\text{мех}}},$$

где S – тяговое усилие на барабане лебедки;

V_k – скорость тяговых канатов, $V_k = i_p \cdot v = 2 \cdot 0,27 = 0,54$ (м/с);

$\eta_{\text{мех}}$ – КПД механизма подъема, принимаем $\eta_{\text{мех}} = 0,85$ [1, 4].

Тогда

$$P_c = \frac{3517,8 \cdot 0,54}{0,08 \cdot 10^3} = 23,75 \text{ (кВт)}.$$

7. Определить число оборотов электродвигателя

$$n = \frac{60 \cdot v \cdot i_n \cdot i_p}{\pi \cdot D_g},$$

где i_p – передаточное число редуктора, из условия задачи $i_p = 40$.

Тогда

$$n = \frac{60 \cdot 0,27 \cdot 2 \cdot 40}{3,14 \cdot 0,577} = 715 \text{ (об/мин)}.$$

8. По каталогу принять электродвигатель типа НТМ200КВ–8 с мощностью 22 кВт, частотой вращения $n = 750$ об/мин, $P_B = 40\%$, так как данный электродвигатель обеспечит устойчивую работу исходя из нормальных условий работы.

2.2. Задача № 2

Определить мощность приводов передвижения и поворота платформы скраповоза, если вес трех совков со скрапом $Q = 58$ т; вес рамы скраповоза $G_r = 58,6$ т; вес платформы с зубчатым венцом и катками $G_p = 62,0$ т; диаметр опорного катка $D = 200$ мм; диаметр цапфы катка $d = 70$ мм; частота вращения платформы $n_{пл} = 0,22$ об/мин; КПД привода поворота платформы $\eta = 0,6$; диаметр ходового колеса скраповоза $D_c = 800$ мм; диаметр цапфы $d_c = 155$ мм; коэффициент трения в подшипниках $f = 0,02$; коэффициент трения качения скраповоза по рельсам $\mu = 0,6$ мм; коэффициент, учитывающий перекося и трение о реборды, $k = 2,5$; скорость передвижения $v = 1,37$ м/с.

Решение

1. Определить мощность привода передвижения скраповоза. Для этого необходимо определить момент сопротивления перемещению скраповоза [1, 4]

$$W_c = (Q + G_p + G_{п}) \cdot \frac{2 \cdot \mu + d_c \cdot f}{D_c} \cdot k,$$

где Q - вес трех совков со скрапом, из условия задачи $Q = 58$ т;

G_p - вес рамы скраповоза, из условия задачи $G_p = 58,6$ т;

$G_{п}$ - вес платформы с зубчатым венцом и катками, из условия задачи $G_{п} = 62,0$ т;

μ - коэффициент трения качения колес скраповоза по рельсам, принимаем $\mu = 0,006$ мм [15, 19];

f - коэффициент трения в подшипниках, принимаем $f = 0,02$ [3, 4];

k - коэффициент, учитывающий перекосяк и трение ребора о головку рельса, принимаем $k = 2,5$ [3, 4];

D_c и d_c - диаметры ходового колеса и цапфы ходового колеса соответственно, из условий задачи $D_c = 800$ мм, $d_c = 155$ мм.

Тогда

$$W_c = (58000 + 58600 + 62000) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,006 + 0,155 \cdot 0,02}{0,8} \right) \cdot 2,5 = 8427,7 \text{ (кг}\cdot\text{м)}.$$

2. Определить статическую мощность электродвигателя

$$N = \frac{W_c \cdot v}{1000 \cdot \eta},$$

где v - скорость перемещения скраповоза, из условий задачи $v = 1,37$ м/с;

η - КПД механизма передвижения, принимаем $\eta = 0,85$ [1, 19].

Тогда

$$N = \frac{8427,7 \cdot 1,37}{1000 \cdot 0,85} = 13,6 \text{ (кВт)}.$$

3. По каталогу выбрать электродвигатель типа МТН411-6 с мощностью 14 кВт, частотой вращения 960 об/мин.

4. Определить мощность привода механизма поворота платформы скраповоза. Для этого необходимо определить момент сопротивления вращению платформы скраповоза

$$W_{\text{н}} = (G_{\text{п}} + Q) \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D} \cdot k_{\text{в}} \cdot R_{\text{о}} ,$$

где $G_{\text{п}}$ - вес платформы с зубчатым венцом и катками, из условий задачи $G_{\text{п}} = 62,0$ т;

Q - вес трех совков со скрапом, из условия задачи $Q = 58$ т;

μ - коэффициент трения качения катков по опорной поверхности рельса, принимаем $\mu = 0,3$ мм [19];

f - коэффициент трения в подшипниках, принимаем $f = 0,02$ [3, 4];

D и d - диаметры опорного катка и цапфы соответственно, из условия задачи $D = 200$ мм; $d = 70$ мм;

$k_{\text{в}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление от скольжения цилиндрических безребордных катков, принимаем $k_{\text{в}} = 1,5$ [4];

$R_{\text{о}}$ - средний радиус кругового рельса, принимаем из технических характеристик $R_{\text{о}} = 2,1$ м.

Тогда

$$W_{\text{н}} = (62000 + 58000) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,003 + 0,02 \cdot 0,07}{0,2} \right) \cdot 1,5 \cdot 2,1 = 13986 \text{ (кг}\cdot\text{м)}$$

5. Определить статическую мощность электродвигателя

$$N = \frac{W_{\text{н}} \cdot n_{\text{пл}}}{975 \cdot \eta} ,$$

где $n_{\text{пл}}$ - частота вращения платформы, принимаем из технических характеристик $n_{\text{пл}} = 0,22$ об/мин;

η - кпд привода поворота платформы, принимаем $\eta = 0,6$ [1, 4].

Тогда

$$N = \frac{13986 \cdot 0,22}{975 \cdot 0,6} = 52,6 \text{ (кВт)}$$

6. По каталогу выбрать электродвигатель типа МТН612-10 с мощностью 60 кВт и частотой вращения 580 об/мин.

3. Домашнее задание

3.1. Общие требования и рекомендации при решении задач

Для решения любой задачи необходимо подробно ознакомиться с назначением, принципом действия, конструкцией, режимом работы, условиями эксплуатации машины, механизма, детали. В некоторых задачах дается краткое описание и характеристика, но для глубокого ознакомления необходимо использовать различные дополнительные источники: учебную, научно-техническую литературу, атласы, журнальные статьи, справочники, материалы цеховых (заводских) технологических инструкций и технических характеристик машин и агрегатов, собранные во время производственных практик.

Список необходимой литературы приведен в учебном пособии, однако при решении задач рекомендуется не ограничиваться приведенной литературой и производить самостоятельный, дополнительный поиск.

В литературных источниках имеются необходимые теоретические сведения (формулы, зависимости, коэффициенты, параметры и др.), на основании которых составляется план решения задачи, расчетная схема (например: схема привода, схема нагружения вала, ролика и т.п.). Затем рекомендуется решить задачу в общем виде с использованием принятых в методике буквенных обозначений. Необходимые численные значения коэффициентов трения, полезного действия, удельного веса, различные характеристики материалов деталей и т.п. обычно приводятся в условиях задач.

Если какие-то численные значения констант и других характеристик не приведены, их необходимо взять из справочной литературы с обязательной ссылкой на литературный источник.

При решении задачи необходимо следить за размерностями подставляемых и получаемых величин, применять их в одной системе единиц

(СИ). Ответы к задачам должны быть близкими к реальным величинам, соответствующим практическим (производственным) данным.

Номер задачи для домашнего задания соответствует номеру студента в списке группы.

3.2. Перечень и содержание задач [5]

Задача № 1

Определить мощность привода механизма передвижения тележки копра (рисунок 12), если скорость передвижения тележки $V = 7,2$ м/мин, масса тележки $m = 2$ т, вес копровой «бабы» $Q = 100$ кН, скорость подъема «бабы» $V_{\text{п}} = 30$ м/мин. Диаметры колеса и цапф тележки выбрать из условия равномерного распределения нагрузки на колеса тележки. Расчет произвести с учетом сопротивления перематыванию каната подъемного полиспаста.

Задача № 2

Определить мощность привода подъема «бабы» копра (рисунок 12), если скорость подъема $V = 0,3$ м/с. Подбор каната и блоков механизма подъема выполнить самостоятельно.

Задача № 3

Определить параметры винтовой передачи (рис. 82), если расстояние между опорами винта $AB = 2400$ мм, скорость подъема «бабы» копра 30 м/мин. Тип подшипников и материал винтовой передачи выбрать самостоятельно.

Задача № 4

Определить, что рациональнее – построить копер высотой H , применяя «бабу» массой $2m$, или принять высоту копра равной $2H$, а массу «бабы» взять величиной m . Решение обосновать аналитически.

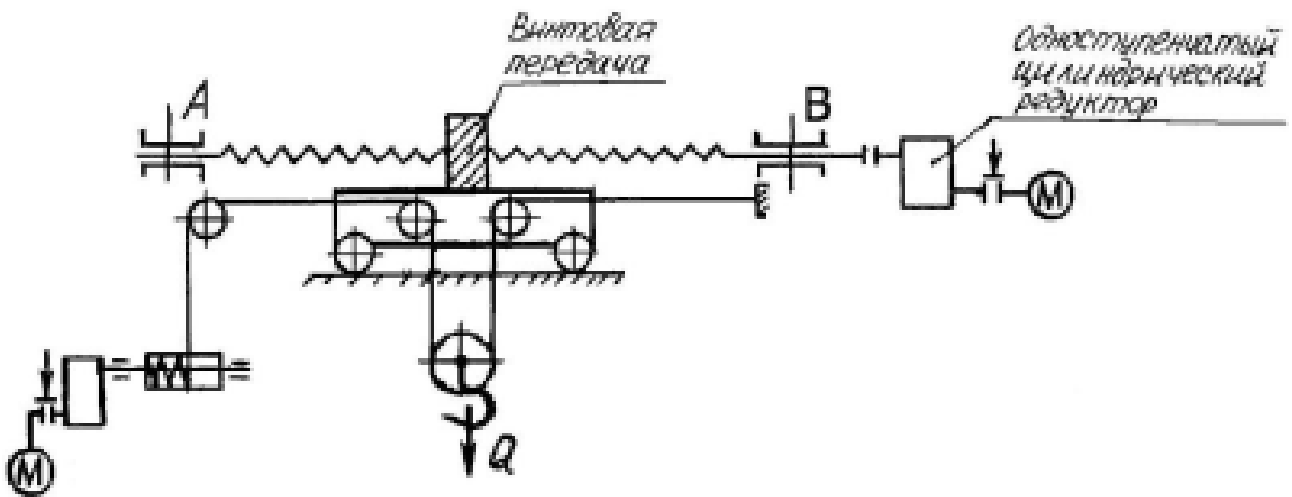


Рисунок 12 – Схема механизма передвижения тележки копра

Задача № 5

Определить мощность и подобрать двигатель механизма подъема «бабы» копра (рисунок 13). Вес копровой «бабы» $Q = 50$ кН; передаточное число редуктора $i_p = 20,5$; кпд редуктора $\eta = 0,9$; частота вращения электродвигателя пдв = 1440 об/мин. Тип каната, блоки и диаметр барабана принять самостоятельно.

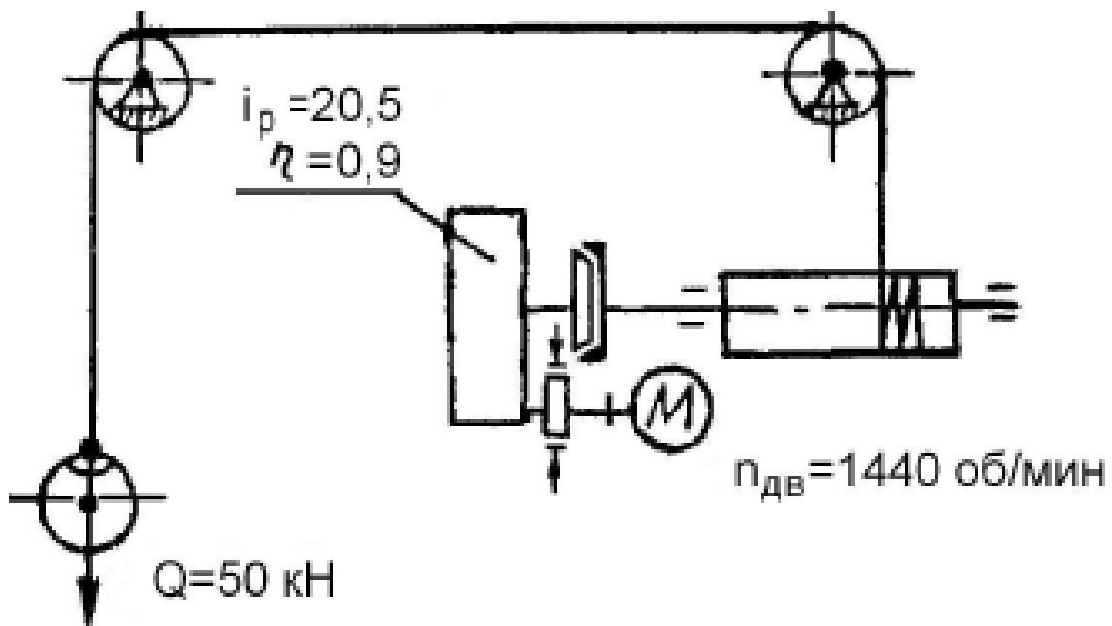


Рисунок 13 – Схема механизма подъема «бабы» копра

Задача № 6

Определить размеры сечения реек (рисунок 14), если их максимальная длина 8000 мм, материал реек – сталь 40Х, форма – цилиндрическая. Усилие, действующее на рейки, $P = 3800$ кН; $h = 3800$ мм; $d_{ш} = 300$ мм.

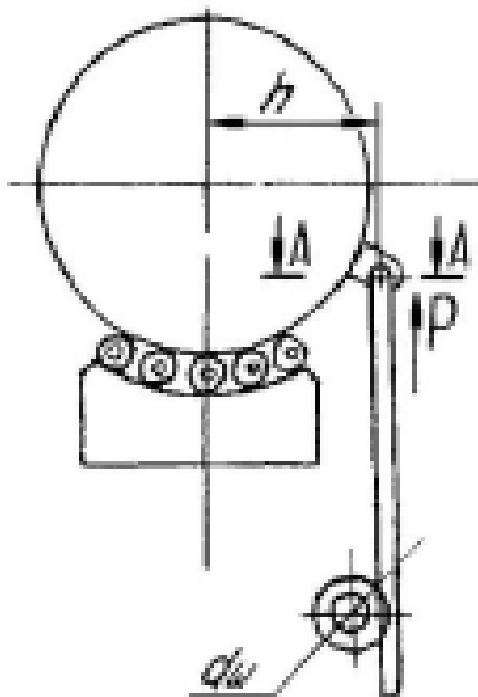


Рисунок 14 – Схема механизма поворота миксера

Задача № 7

Определить мощность, необходимую для поворота миксера, если рейки расположены вертикально (рисунок 14), усилие на рейке $P = 140$ т; плечо действия рейки $h = 3800$ мм; диаметр приводной шестерни $d = 300$ мм; передаточное число цилиндрического редуктора $i_p = 25$, открытой цилиндрической зубчатой пары $i_{цп} = 7$; КПД редуктора $\eta_p = 0,85$, открытых пар $\eta_{оп1} = \eta_{оп2} = 0,8$; частота вращения миксера $n = 0,5$ об/мин

Задача № 8

Крепление корпуса конвертера в опорном кольце предлагается в следующих вариантах: опора на 4 точки по 3 шпильки (рисунок 15а) и опора на 3 точки по 4 шпильки (рисунок 15б). Вид крепежа на шпильках – однотипный. Определить нагрузку на одну шпильку в случае крепления по трем точкам

на четыре шпильки (рисунок 15б). Материал шпилек – сталь 20. Масса конвертера с футеровкой 1264400 кг, масса плавки номинальная 300000 кг, допускаемая – 320000 кг, максимальная – 370000 кг.

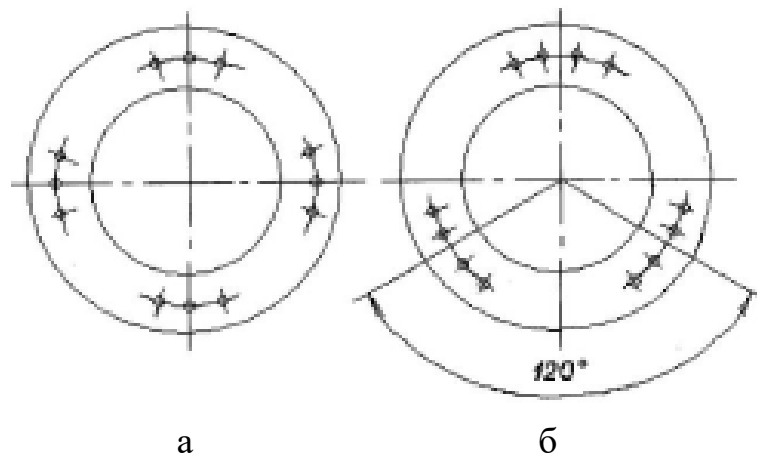


Рисунок 15 – Схемы крепления корпуса конвертера в опорном кольце

Задача № 9

Определить нагрузку на одну шпильку в случае крепления корпуса конвертера по четырем точкам на три шпильки, учитывая начальные условия задачи № 8 (рисунок 15а).

Задача № 10

Определить нагрузку на верхние опоры роликовых секций на криволинейном участке МНЛЗ, если углы, координирующие положение заготовки по отношению к горизонтали, $\varphi_1 = 18^\circ$, $\varphi_2 = 22^\circ$; угол, определяющий положение роликовой секции на радиальном участке проводки, $\varphi_r = 20^\circ$; угол, определяющий положение мениска металла в кристаллизаторе, $\varphi_0 = 5^\circ$; плотность жидкой стали $\rho = 7000 \text{ кг/м}^3$; скорость движения заготовки $v = 0,018 \text{ м/с}$; коэффициент, зависящий от условий охлаждения слитка $k = 2,6$ (рисунок 16).

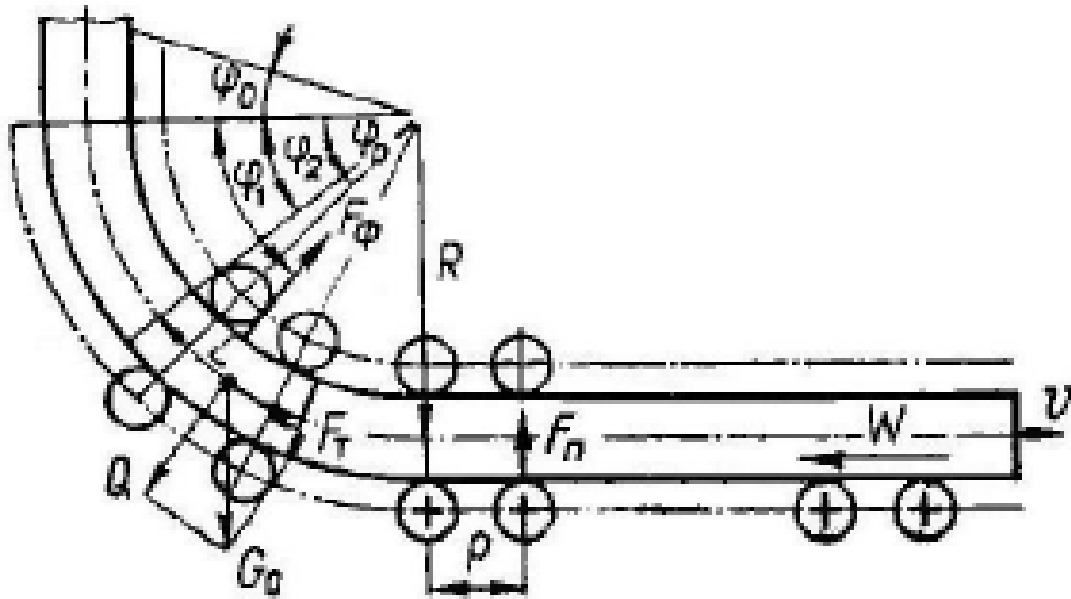


Рисунок 16 – Схема роликовых секций МНЛЗ

Задача № 11

Определить тяговое усилие на барабане лебедки для подъема фурмы для подачи аргона установки доводки металла (рисунок 17), если масса фурмы $m_{\text{ф}} = 520$ кг; масса поднимаемых с фурмой частей $m_{\Sigma} = 5950$ кг; скорость подъема $v = 0,27$ м/с; высота подъема $H = 6850$ мм; расстояние между роликами каретки $a = 1300$ мм; диаметр барабана по оси каната $D_{\text{б}} = 577$ мм; кратность полиспаста $i_{\text{п}} = 2$; передаточное число редуктора $i_{\text{р}} = 40$.

Задача № 12 Учитывая условия задачи № 10, определить мощность привода механизма подъема фурмы для подачи аргона в сталеразливочный ковш (рисунок 17).

Задача № 13

Определить мощность привода для подъема каретки машины для подачи кислорода в конвертер (рисунок 18), если вес фурмы с водой $G_{\text{ф}} = 15000$ Н; вес металлоулавков для подвода воды и кислорода $G_{\text{мр}} = 8000$ Н; вес каретки $G_{\text{к}} = 5000$ Н; расстояние между кареткой (направляющей) и фурмой $b = 500$ мм; база каретки $a = 1200$ мм; расстояние от оси фурмы до оси роликов каретки $c = 0$ мм; скорость подъема каретки $v = 0,3$ м/с; КПД лебедки $\eta_{\text{л}} = 0,85$. Диаметры роликов

каретки и средний размер подшипников роликов выбрать на основании предварительного расчета.

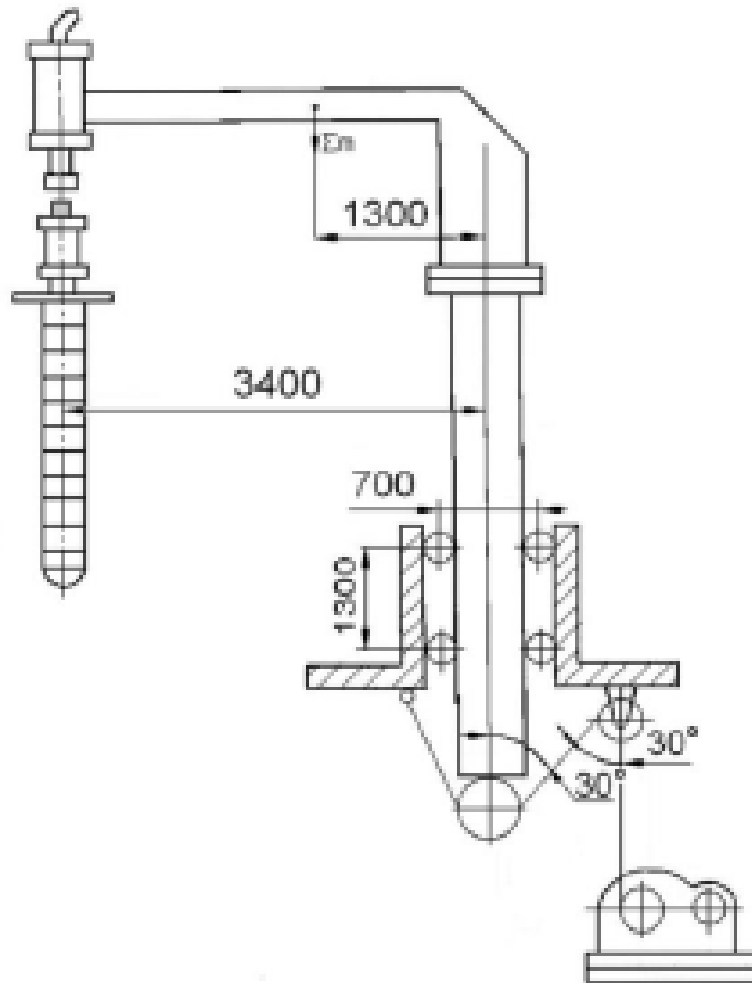


Рисунок 17 – Схема механизма для подъема фурмы для подачи аргона установки доводки металла

Задача № 14

Определить момент на валу двигателя привода аллигаторных ножниц для нарезки круга диаметром 90 мм из стали 5 (рисунок 19), если коэффициент надреза $\varepsilon = 0,3$; общий КПД передачи $\eta = 0,8$; $a = 500$ мм, $b = 1700$ мм, $c = 600$ мм, $d = 250$ мм, $e = 200$ мм.

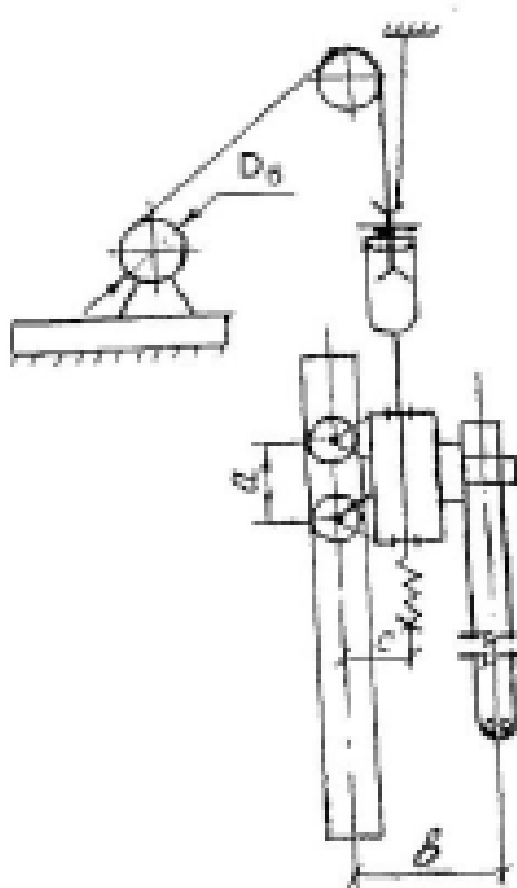


Рисунок 18 – Схема привода для подъема каретки машины для подачи кислорода в конвертер

Задача № 15

Определить максимально возможный диаметр цапфы D (рисунок 20) разливочного ковша емкостью $Q = 300$ т (собственная масса $m = 72,6$ т). Приняв значения $l_1 = 160$ мм; $l_2 = 150$ мм; приведенный диаметр опоры цапфы $D_1 = 880$ мм; допустимое напряжение на изгиб $[\sigma]_{из} = 100$ МПа. При решении учесть напряжения в цапфе, возникающие при ее посадке в подушке Н6/р5. Диаметр D_0 принять самостоятельно в пределах $D_0 = 80-100$ мм.

Задача № 16

Выполнить расчет на прочность цапфового несущего пояса сталеразливочного ковша массой 350 т, если диаметр цапфы $D = 480$ мм; приведенный диаметр опоры цапфы $D_1 = 900$ мм; ширина цапфы $D_2 = 280$ мм;

$D_0 = 100$ мм; вес груженого ковша $Q = 446$ т; $l_1 = 200$ мм; $l_2 = 180$ мм (рисунок 20).

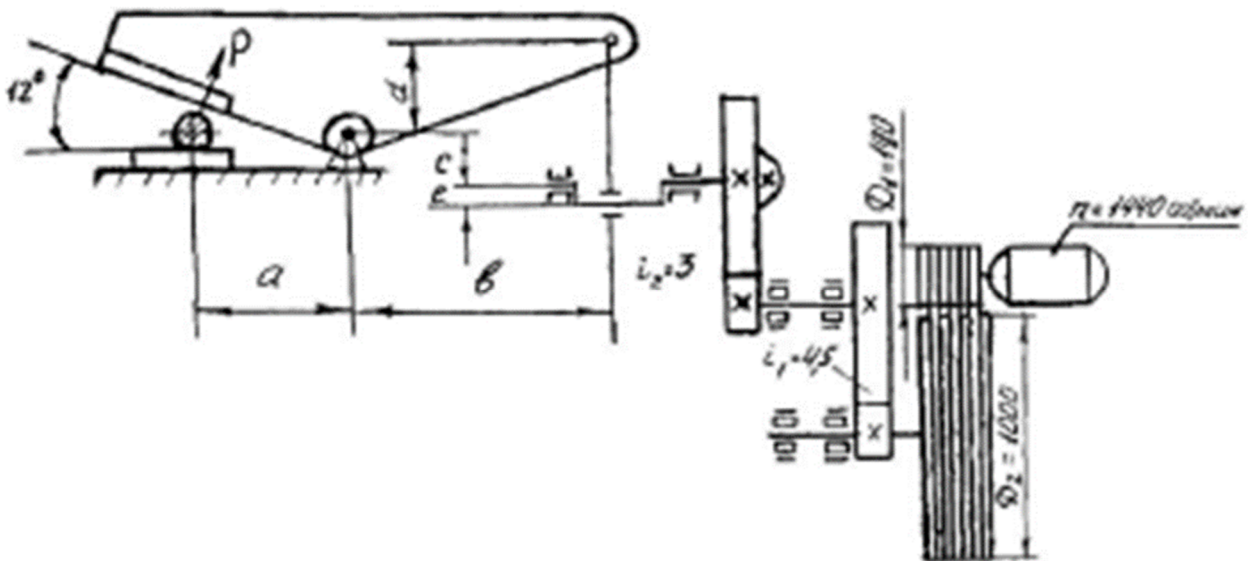


Рисунок 19 – Схема аллигаторных ножниц

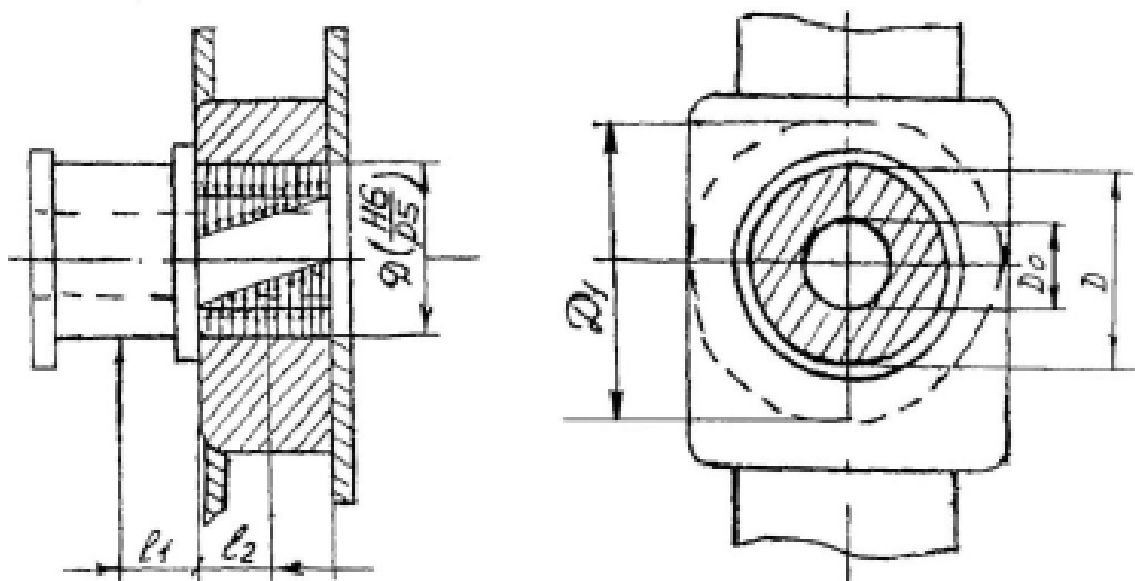


Рисунок 20 – Схема к расчету цапфы разливочного ковша емкостью $Q = 300$ т

Задача № 17

Определить мощность приводов передвижения и поворота платформы скраповоза (рисунок 21), если вес трех совков со скрапом $Q = 58$ т; вес рамы скраповоза $G_p = 58,6$ т; вес платформы с зубчатым венцом и катками $G_{п} =$

62,0 т; диаметр опорного катка $d = 200$ мм; диаметр цапфы катка $d = 70$ мм; частота вращения платформы $n_{пл} = 0,22$ об/мин; КПД привода поворота платформы $\eta = 0,6$; диаметр ходового колеса скраповоза $D_c = 800$ мм; диаметр цапфы $d_c = 155$ мм; коэффициент трения в подшипниках $f = 0,02$; коэффициент трения качения скраповоза по рельсам $\mu = 0,6$ мм; коэффициент, учитывающий перекосяк и трение о реборды, $k = 2,5$; скорость передвижения $v = 1,37$ м/с.

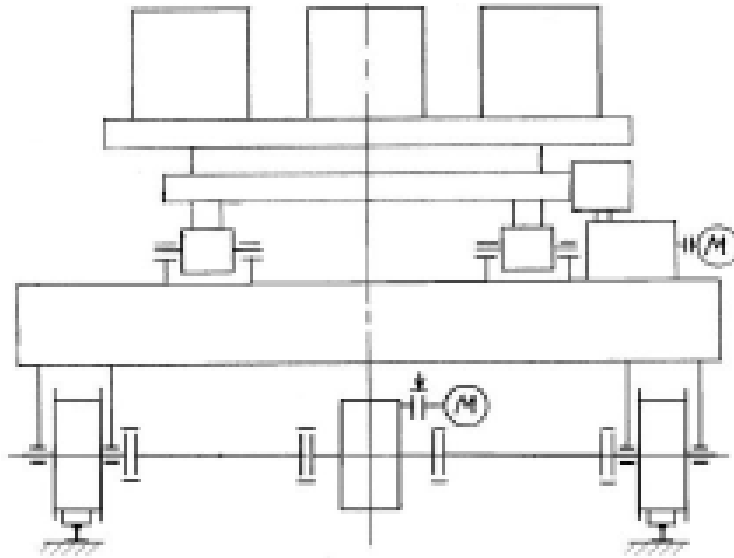


Рисунок 21 – Схема приводов передвижения и поворота платформы скраповоза

Задача № 18

Подобрать канат подъема грузовой колонны крановой завалочной машины (рисунок 22). Вес поворотной части тележки $Q = 280$ кН; вес мульты с грузом $G_m = 150$ кН; номинальная скорость тележки $V = 40$ м/мин; время разгона тележки $t_{рт} = 3$ с; номинальная скорость моста $V_m = 80$ м/мин; время разгона моста $t_{рм} = 4$ с. Диаметр направляющих подшипников колонны: верхнего - $d_v = 350$ мм, нижнего – $d_n = 1050$ мм.

Задача № 19

Определить усилие, действующее на наиболее нагруженное колесо главной тележки крановой завалочной машины (рисунок 23) при вращении хобота на 360° , если вес неповоротной части тележки $G = 274$ кН; поворотной

части тележки $G_1 = 216 \text{ кН}$; вес мульды с грузом $Q_M = 50 \text{ кН}$; координаты $x_0 = 500 \text{ мм}$; $y_0 = 700 \text{ мм}$.

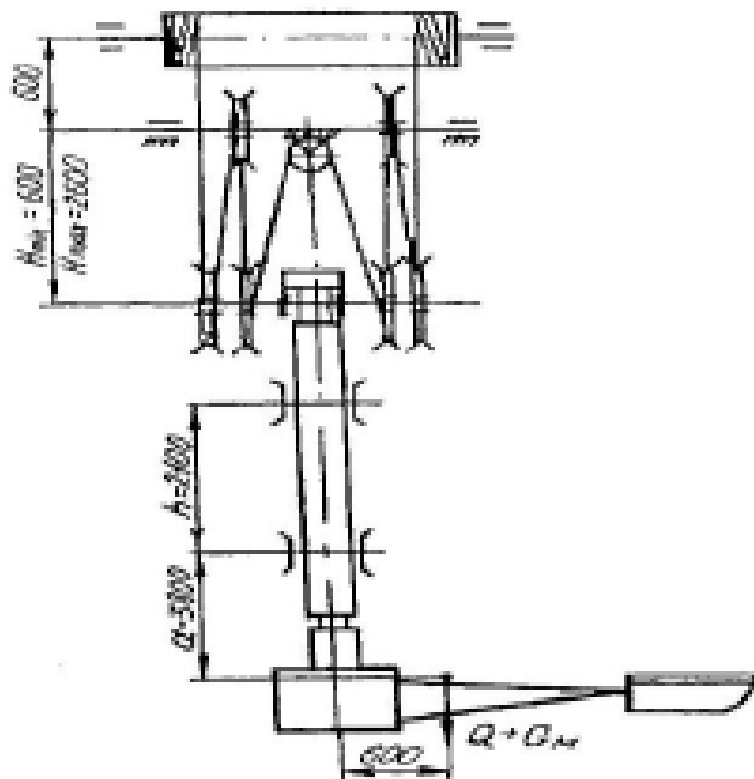


Рисунок 22 – Схема механизма подъема грузовой колонны крановой завалочной машины

Задача № 20

Определить мощность привода вращения хобота завалочной машины (рисунок 24) только от сил трения в подшипниках d_1 и d_2 , предварительно выбрав тип подшипников, и рассчитать их размеры, если вес мульды с грузом $G_M = 15000 \text{ Н}$; вес хобота $G_1 = 75000 \text{ Н}$; вес мундштука $G_2 = 56000 \text{ Н}$; вес зубчатого колеса $G_3 = 3200 \text{ Н}$; расстояния $a = 3300 \text{ мм}$, $l = 7000 \text{ мм}$, $l_1 = 3000 \text{ мм}$, $l_2 = 1050 \text{ мм}$, $l_3 = 2300 \text{ мм}$, $l_4 = 2000 \text{ мм}$.

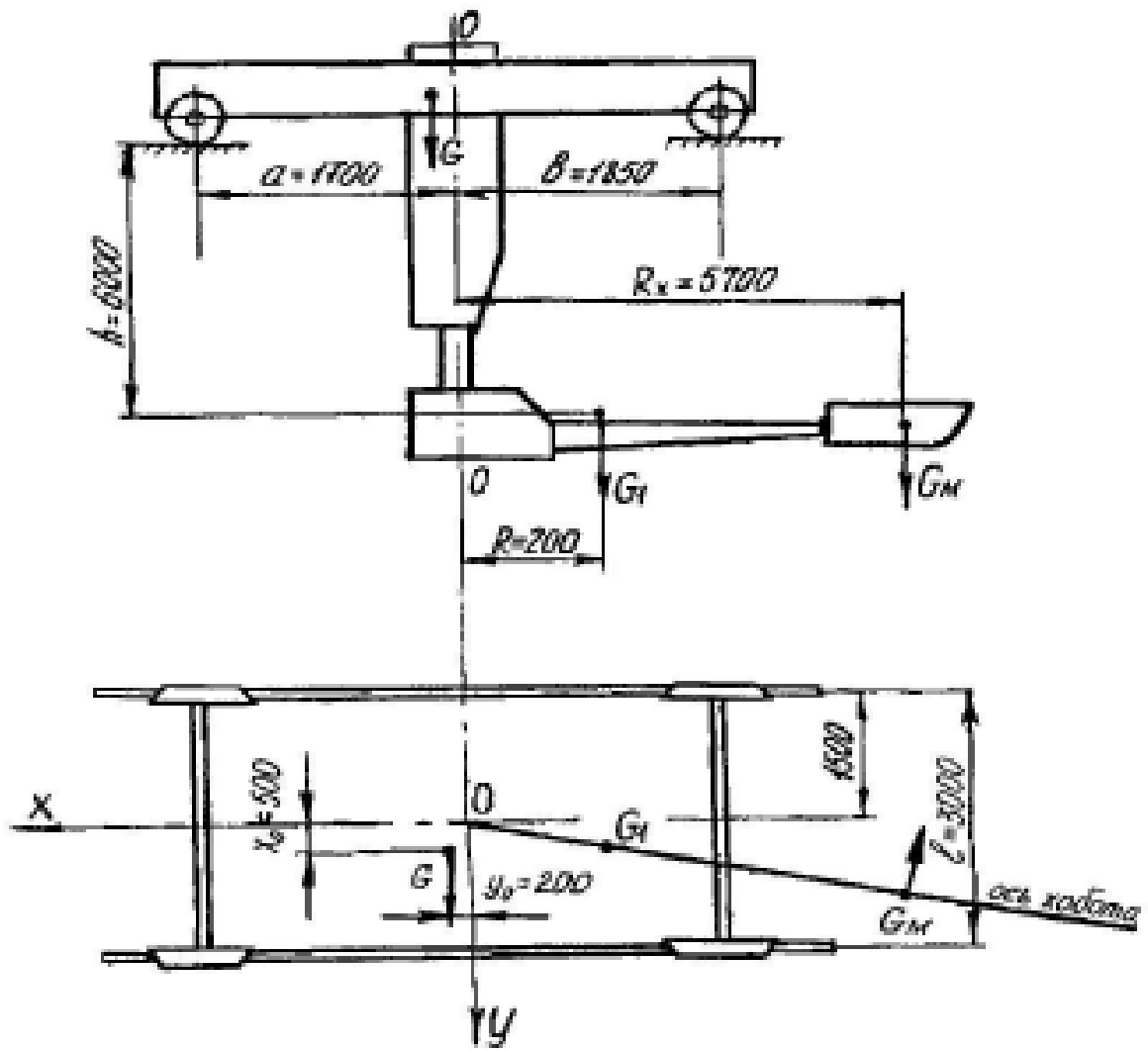


Рисунок 23 – Схема главной тележки крановой завалочной машины

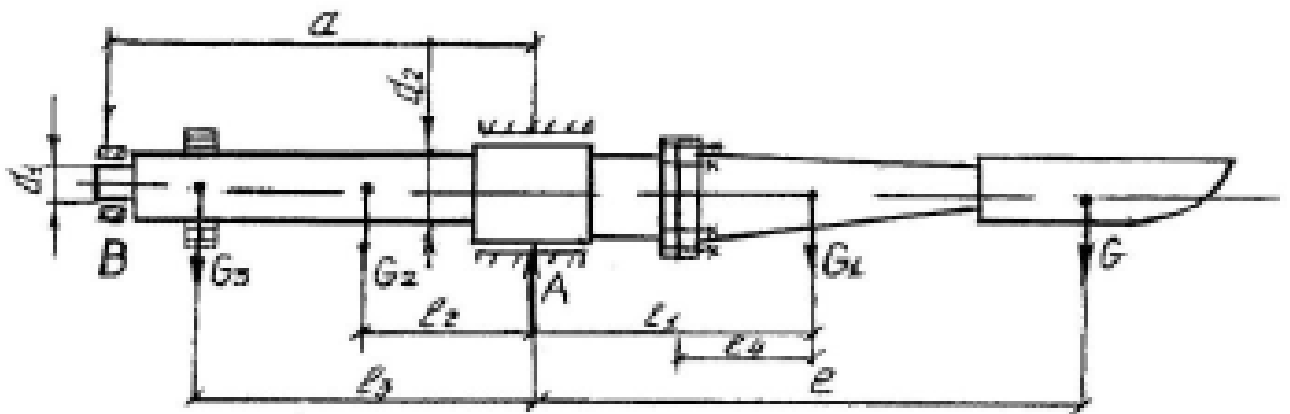


Рисунок 24 – Схема привода вращения хобота завалочной машины

Задача № 21

Определить усилие гидроцилиндров механизма вертикального перемещения ковшей Т и статическую мощность одного электродвигателя поворотного сталеразливочного стенда (рисунок 25), если вес ковша с металлом $Q = 450$ т; вес качающейся рамы $G_1 = 250$ т; диаметр оси O $d_o = 0,56$ м; коэффициент трения в подшипнике $f = 0,01$; плечи приложения сил относительно оси O $a = 5500$ мм, $b = 4800$ мм; усилие затяжки центральной цапфы $S = 2400$ кН; вес платформы $G = 170$ т; вес порожнего ковша $Q_k = 89$ т; диаметр опорного круга $D = 7200$ мм; диаметр катков $D_k = 0,37$ м; коэффициент трения качения катков по рельсам $k = 0,05$ мм; диаметр упорного подшипника цапфы $d_p = 0,05$ м; КПД передач $\eta_p = 0,8$; частота вращения платформы $n_p = 1$ об/мин. Проверить, существует ли опасность опрокидывания ковшей.

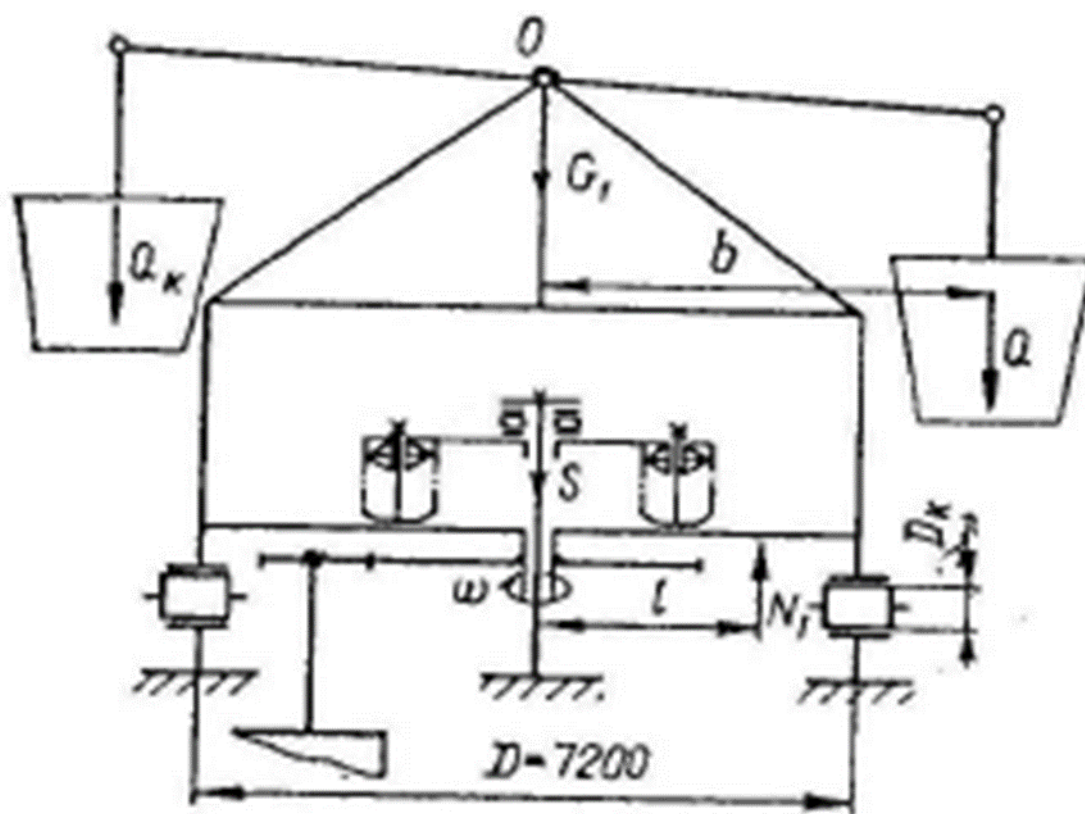


Рисунок 25 – Схема механизма вертикального перемещения ковшей поворотного сталеразливочного стенда

Задача № 22

Определить статическую мощность привода толкателя составов с изложницами (рисунок 26), если вес тележки $G = 40$ т; вес груза $Q = 3,5$ кН; число тележек в составе $z = 3$; коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления вследствие плохого состояния пути $k_{доп} = 1,5$; коэффициент трения в подшипниках $f = 0,015$; коэффициент, учитывающий перекосы $c = 1,1$; диаметры цапф вала тележки и каретки соответственно $d_t = 130$ мм, $d_k = 40$ мм; диаметры ходовых колес тележки и каретки соответственно $D_t = 630$ мм, $D_k = 200$ мм; коэффициент, учитывающий трение реборд о рельсы $k_p = 1,5$; размеры $a = 100$ мм, $b = 1300$ мм; скорость перемещения каретки $v_k = 12,6$ м/мин; КПД механизма $\eta = 0,8$.

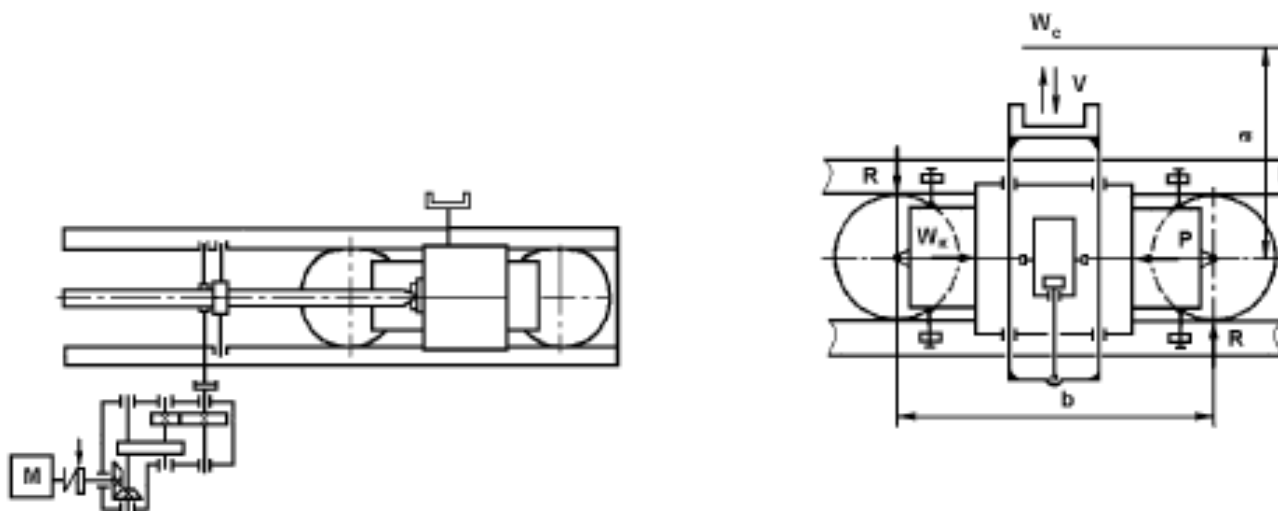


Рисунок 26 – Схема привода толкателя составов с изложницами

Задача № 23

Подобрать электродвигатель для механизма качания кристаллизатора (рисунок 27), состоящего из шатуна 2, эксцентриковой системы 1, рычагов трехзвенника 3, кристаллизатора 4, гидроцилиндра 6, пружин 7, траверсы 5, фрикционной муфты 9, эксцентрикового вала 8, если масса подвижных систем кристаллизатора 23 т; диапазон регулирования частоты качания 5...100 кач./мин; амплитуды качания 2,5...12,5 м; $G_1 = 100$ кг; $G_2 = 80$ кг; $f = 0,5$; $\varphi = 125^\circ$; $\Pi = 3700$ мм; $\eta = 0,85$.

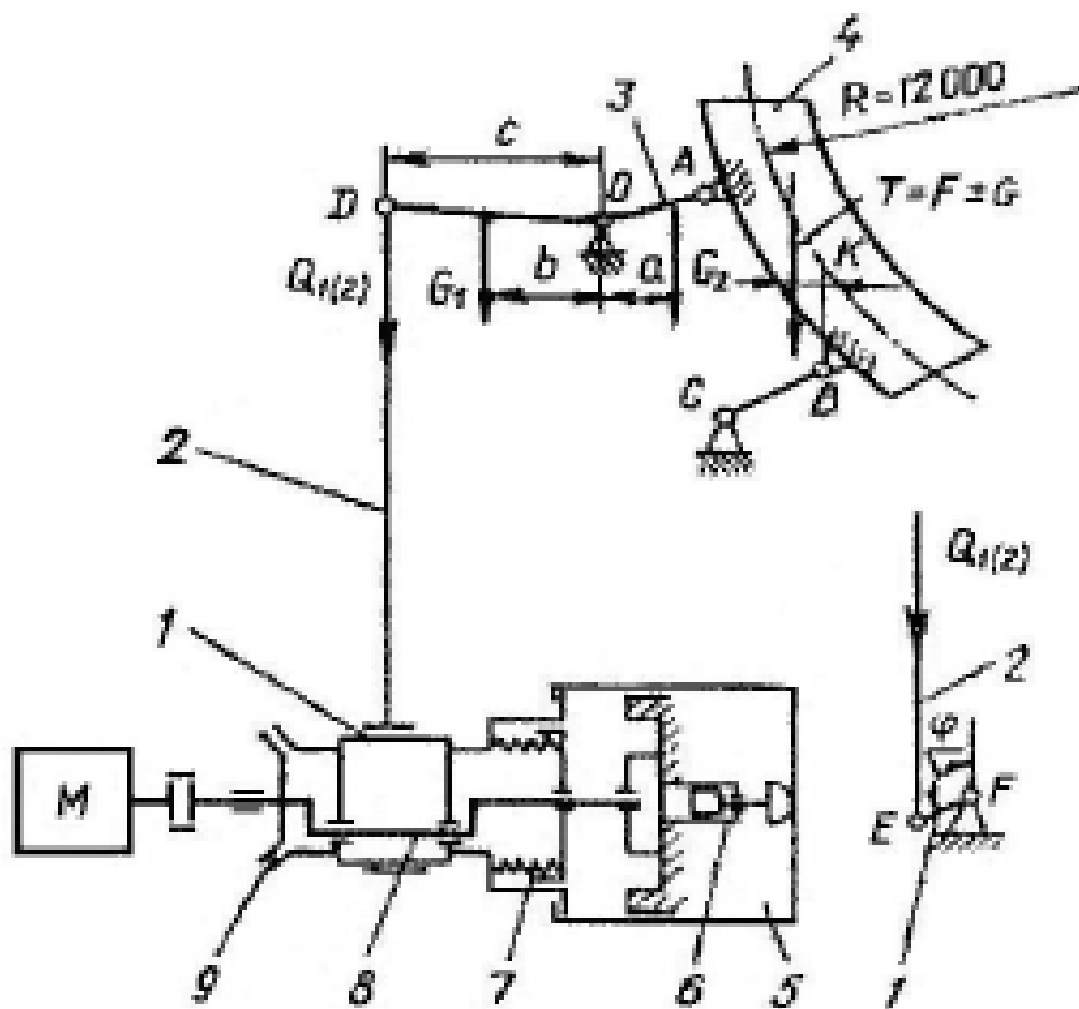


Рисунок 27 – Схема механизма качания кристаллизатора

Задача № 24

Подобрать электродвигатель механизма передвижения напольной завалочной машины (рисунок 28), если диаметр колес 300 мм, диаметр цапф колес 100 мм, диаметр ролика 150 мм, диаметр цапфы ролика 65 мм, вес мульды с шихтой 10 т, скорость движения тележки 0,2 м/с, $\eta = 0,8$; $c = 400$ мм; $l_1 = 500$ мм; $l_2 = 550$ мм; $l_3 = 700$ мм; $l_D = 900$ мм; $l_4 = 1000$ мм; $l_5 = 1500$ мм; $l_6 = 1600$ мм; $l_7 = 1700$ мм; $l_8 = 1800$ мм; $G_1 = 50$ кН; $G_2 = 10$ кН; $G_3 = 150$ кН; $G_4 = 2$ кН; $G_5 = 15$ кН; $G_6 = 8,5$ кН; $G_7 = 10$ кН; $G_8 = 12$ кН; $G_9 = 50$ кН; $C = 200$ кН; $D = 100$ кН.

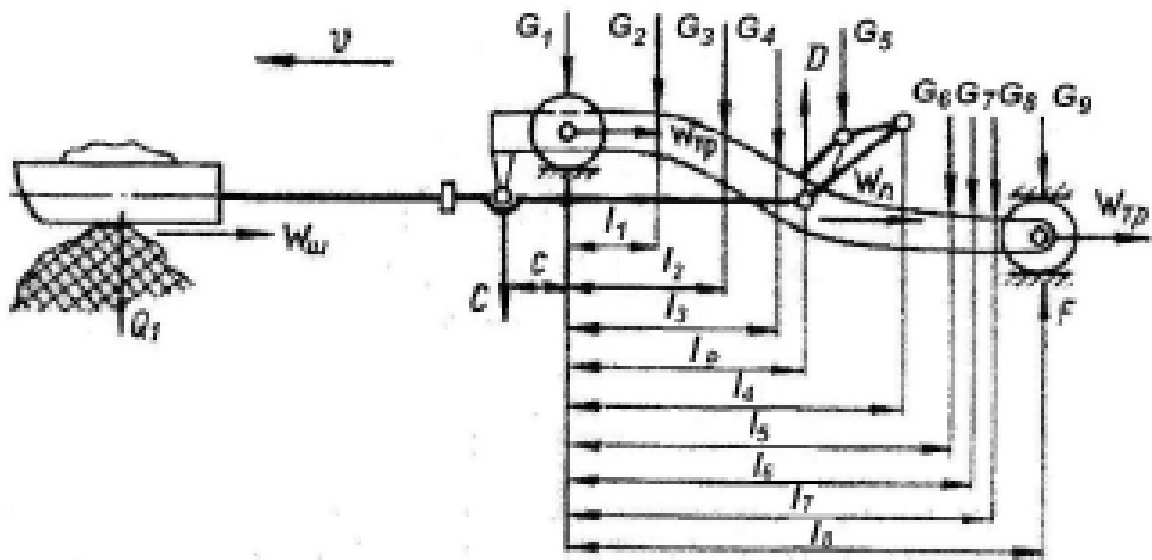


Рисунок 28 – Схема механизма передвижения напольной завалочной машины

Задача № 25

Подобрать электродвигатель броскового механизма машины для подачи шлакообразующих материалов в электропечь (рисунок 29), состоящей из тележки 1 с механизмом передвижения, рамы 5, съемного бункера 6 и ленточного броскового механизма (барабан 4, лента 3, ролики 2, электродвигатель 8, ременная передача 7), если дальность бросания – 11 м, угол бросания материала 20° , условия работы – нормальные.

Задача № 26

Для осуществления привода двух колесных пар тележки завалочной машины от одного электродвигателя применяются спарники (рисунок 30). Из условия пробуксовки одного из скатов проверить шатун спарника на прочность и устойчивость. Материал спарника – сталь 40. Угол между кривошипами спарников противоположных сторон тележки $\alpha = 90^\circ$; коэффициент трения при скольжении колеса по рельсу $f = 0,2$; номинальная скорость тележки $v = 40$ м/мин; время разгона $t_p = 2$ с.

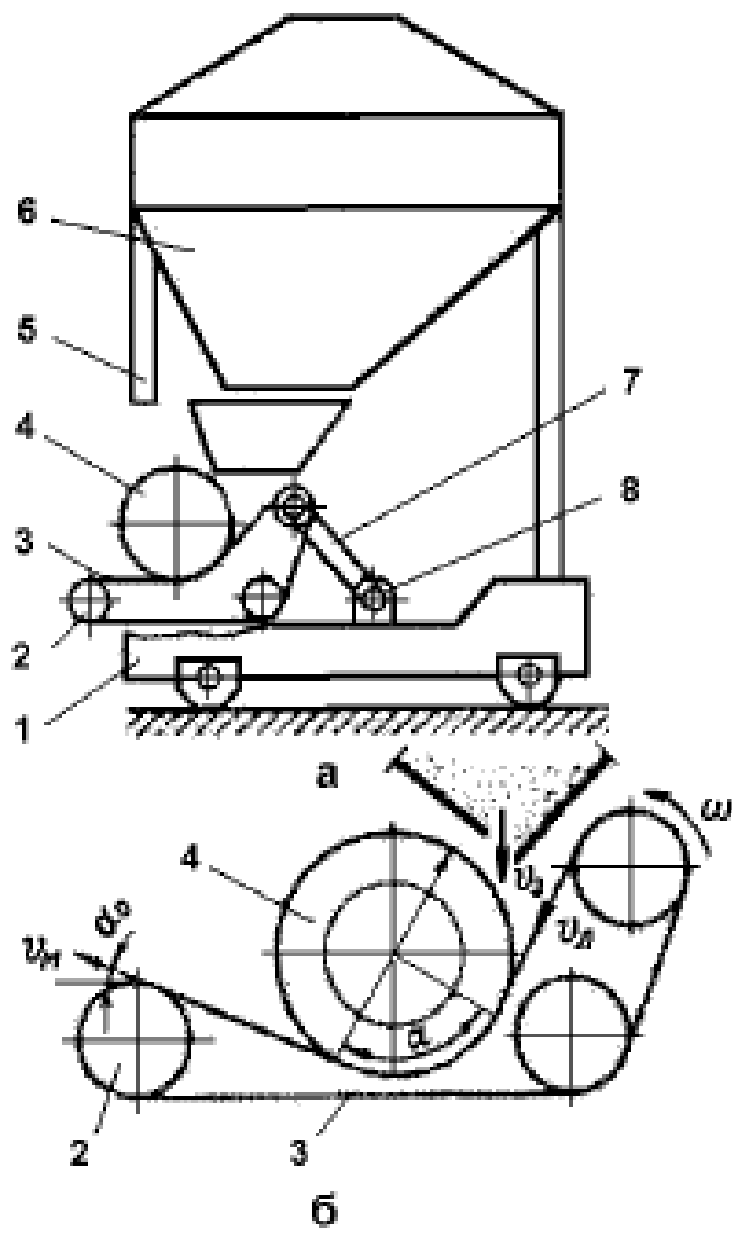


Рисунок 29 – Схема броскового механизма машины для подачи шлакообразующих материалов в электропечь

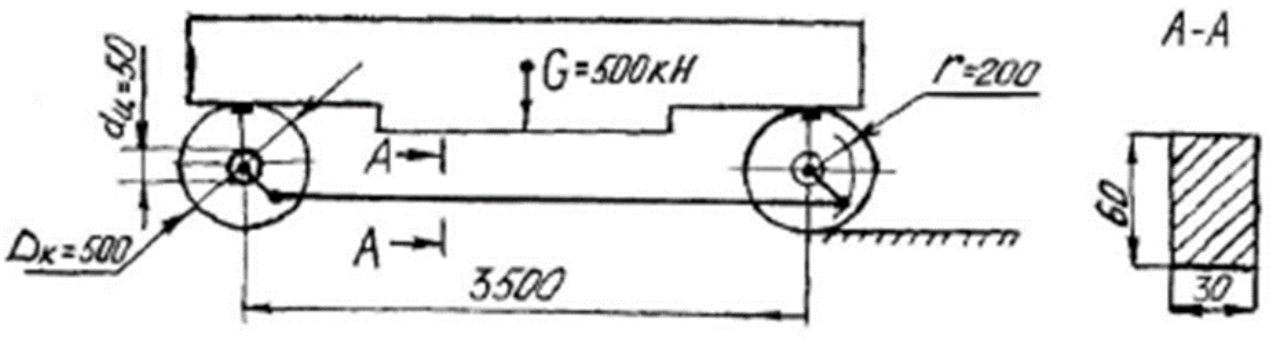


Рисунок 30 – Схема привода тележки завалочной машины

Задача № 27

Определить изменение величины усилия на ходовые колеса машины для перемещения кислородных фурм (рисунок 31) при снятии одной фурмы а ремонт, если база железнодорожных колес равна $B = 1520$ мм; расстояние между ходовыми колесами в плоскости, параллельной оси перемещения, $L = 366$ мм; расстояние между осью платформы и осями фурм $l = 1600$ мм; масса платформы с механизмом $m = 8,2$ т; масса фурмы с водой $m_{\text{ф}} = 15$ т.

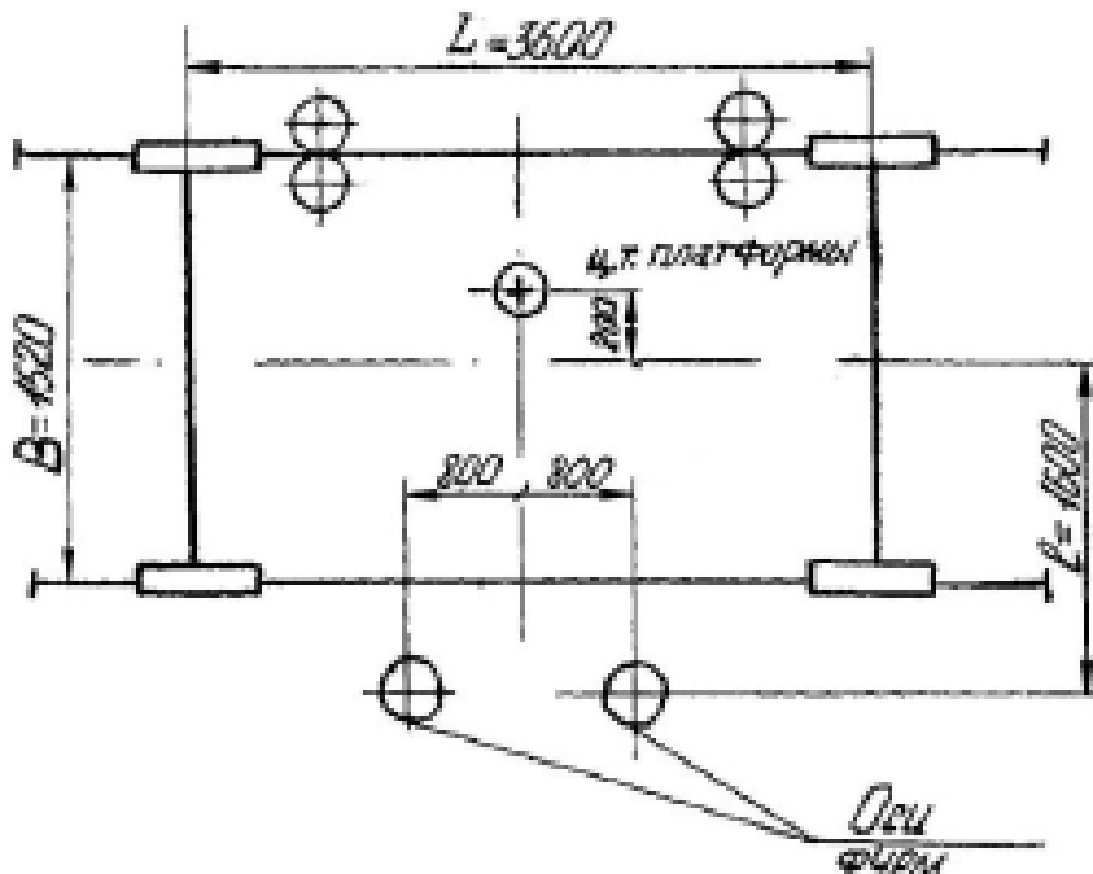


Рисунок 31 – Схема машины для перемещения кислородных фурм

Задача № 28

Определить диаметр пневмоцилиндра шибера затвора сталеразливочного ковша (рисунок 32), если максимальное ферростатическое давление столба стали в ковше $q = 35$ т/м; площадь рабочей поверхности плиты $F = 0,07$ м²; усилие прижатия плиты больше силы ферростатического давления на 20%; ход плиты $L = 100$ мм; рычаги $AB = BC = 250$ мм; давление воздуха $P = 10$ МПа.

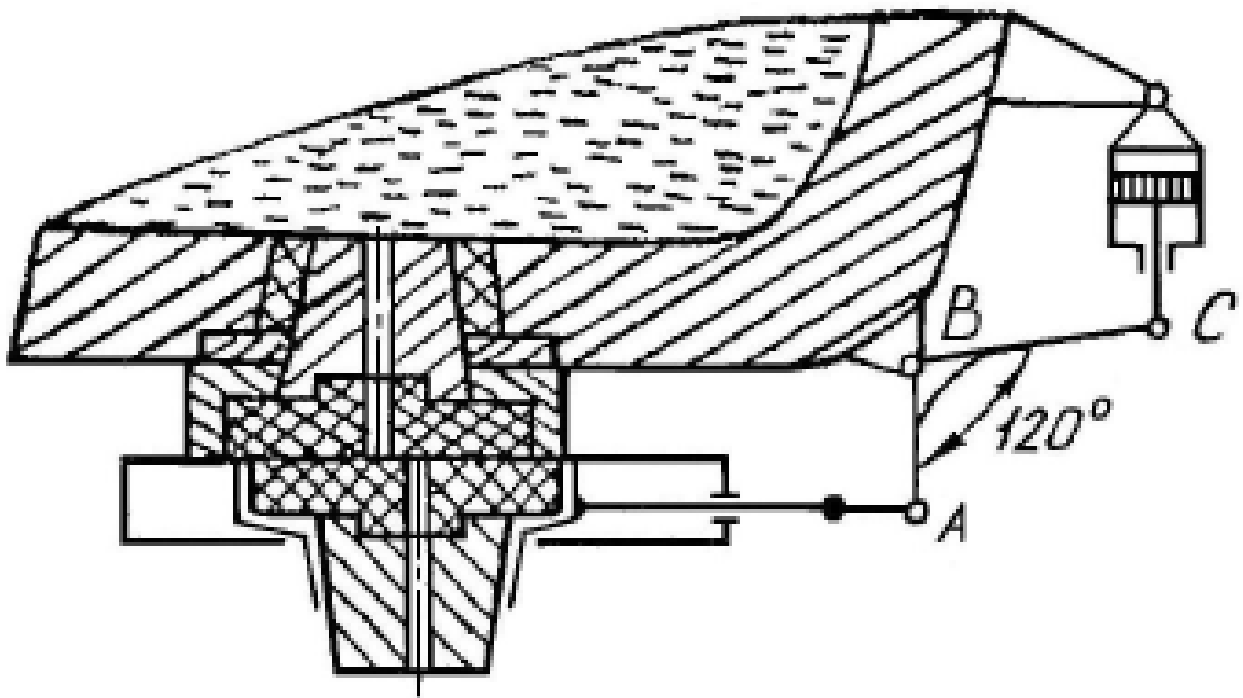


Рисунок 32 – Схема шибера затвора сталеразливочного ковша

Задача № 29

Для механизма поворота свода электропечи определить следующие параметры (рисунок 33): статический момент от сил трения в опорах относительно оси колонны; статический крутящий момент, приведенный к валу электродвигателя; динамический момент от сил инерции движущихся масс при пуске электродвигателя и мощность электродвигателя. Передаточное число редуктора 296,3; общее передаточное число 1304; масса поворотной части с механизмом и вводом 217 т; расстояние между опорами 2015 мм; расстояние от центра тяжести до оси вращения $x_0 = 3835$ мм; масса свода 60 т; КПД механизма 0,77.

Задача № 30

Определить мощность привода механизма главного подъема заливочного крана $Q = 225 + 63/20$ т (рисунок 34а, 34б), работающего в конвертерном отделении, по следующим данным: скорость подъема груза $v_{гр} = 0,102$ м/с; грузоподъемность $Q = 225$ т = 2207 кН; вес траверсы с крюками $G_{тк} = 24,155$ т =

237 кН; диаметр барабанов (по центрам канатов) $D_6 = 1850$ мм.

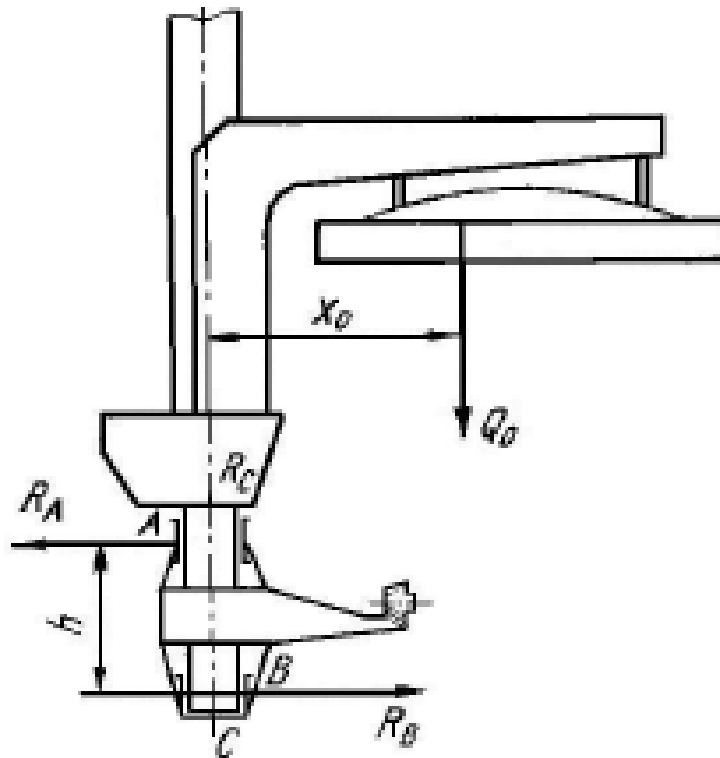


Рисунок 33 – Схема механизма поворота свода электропечи

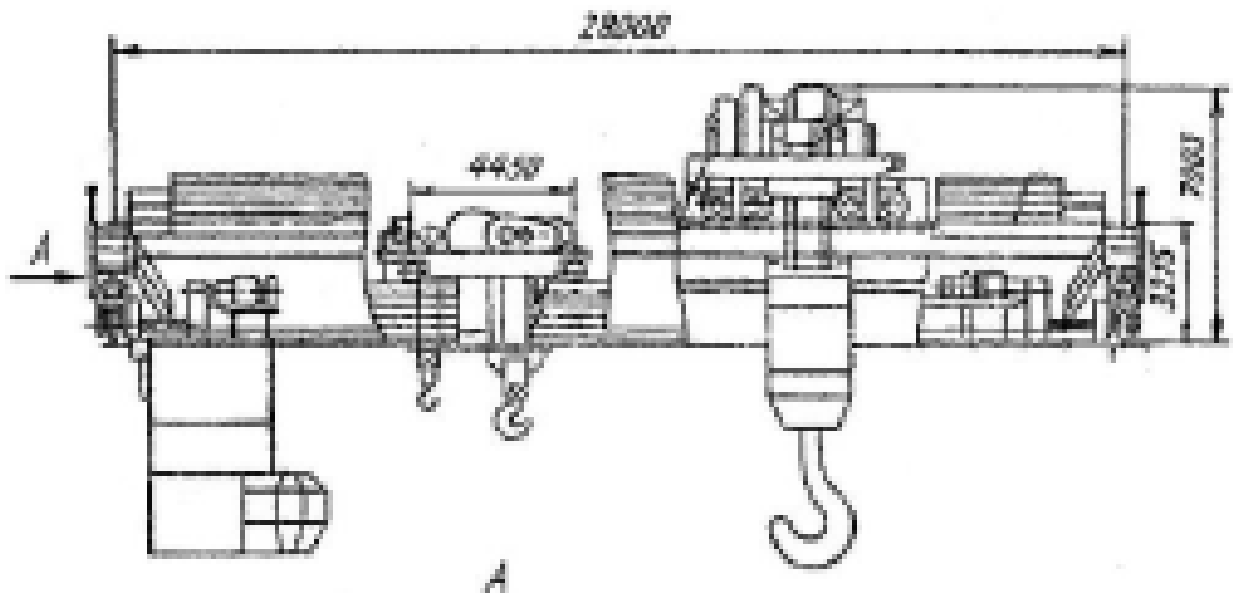
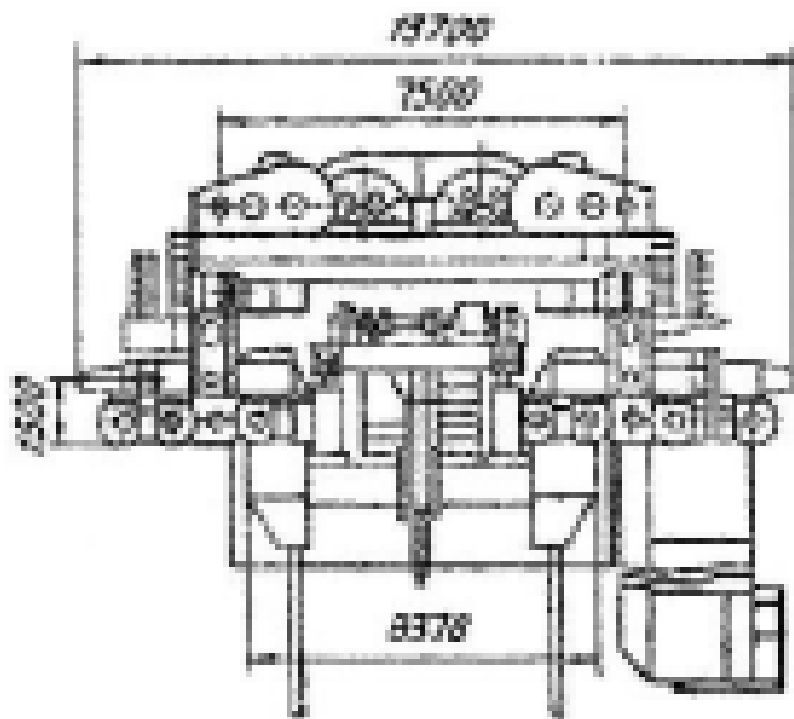


Рисунок 34а – Схема привода механизма главного подъема заливочного крана



б

Рисунок 34б – Схема привода механизма главного подъема заливочного крана

Примерный перечень вопросов для защиты домашнего задания:

1. Ножницы для разделки металлического лома.
2. Аллигаторные ножницы.
3. Гидравлические ножницы.
4. Пакетировочные прессы.
5. Фрезерные стружкодробилки.
6. Стационарные миксеры.
7. Механизм поворота миксера.
8. Механизм открывания крышки заливочного отверстия.
9. Механизм открывания заслонки сливного носка.
10. Конвертеры.
11. Машины для подачи кислорода в конвертер.
12. Механизм передвижения платформы.

13. Механизм перемещения фурмы.
14. Дуговые электросталеплавильные печи.
15. Механизм наклона печи.
16. Механизм подъема свода.
17. Механизм поворота свода.
18. Механизм поворота корпуса печи.
19. Механизм перемещения электрода.
20. Вакууматоры.
21. Механизм перемещения вакуум-камеры.
22. Механизм перемещения ковша.
23. Машины непрерывного литья заготовок.
24. Сталеразливочные стенды.
25. Механизм качания кристаллизатора.
26. Роликовые проводки.
27. Подъемно-транспортные машины для металла и шлака.
28. Сталеразливочные ковши.
29. Самоходные ковшевозы.
30. Литейные краны.
31. Толкатели составов.
32. Стрипперные краны.
33. Подъемно-транспортные машины для подачи и загрузки шихты.
34. Напольные завалочные машины.
35. Крановые завалочные машины.
36. Ленточные загрузочные машины.

Вопросы для тестирования

1. Конвертер – это агрегат для: 1) выплавки чугуна, 2) выплавки стали, 3) выплавки цветных металлов, 4) электрошлакового переплава.
2. Металлошихта – это: 1) металлоконструкция, 2) отходы аглодоменного производства, 3) смесь шлака с металлом, 4) металлический лом.

3. При выплавке стали в расплав добавляются ферросплавы. В какой момент: 1) перед продувкой кислородом в конвертер, 2) после продувки кислородом в конвертер, 3) в стальковш после выпуска стали, 4) в шлаковую чашу после выпуска шлака.

4. Брикетировочный пресс изготавливает брикеты из: 1) чугунной стружки, 2) алюминиевого порошка, 3) стальной стружки, 4) пластмассовых отходов.

5. Что такое миксер: 1) агрегат для хранения чугуна, 2) агрегат для хранения и усреднения по химическому составу чугуна, 3) агрегат для подогрева чугуна, 4) агрегат для охлаждения чугуна.

6. Шихтовые материалы подвергаются предварительной обработке: 1) размалыванию, 2) спеканию, 3) дроблению, 4) сушке.

7. Электросталеплавильная печь предназначена для: 1) обогрева цеха, 2) генерирования электроэнергии, 3) выплавки стали, 4) выплавки чугуна.

8. Крупногабаритный металлический лом измельчают: 1) рубят, 2) пилят, 3) колют, 4) режут.

9. Конвертер – это: 1) печь, 2) ковш, 3) машина, 4) агрегат.

10. Крупногабаритный металлический лом измельчают: 1) рубят, 2) пилят, 3) колют, 4) режут.

11. Брикетировочный пресс бывает: 1) электромеханический, 2) пневматический, 3) гидравлический, 4) на ручном приводе.

12. Какие виды торкретирования существуют: 1) мокрое, 2) сухое, 3) факельное, 4) струйное.

13. Мульда - это: 1) марка автомобиля, 2) сирена на корабле, 3) металлический короб, 4) режущий инструмент.

14. На каком принципе работает электрическая печь: 1) сгорания топлива, 2) горения дуги, 3) выделения тепла химической реакции.

15. Для чего предназначен передвижной миксер: 1) для передвижению по цеху, 2) для передвижения между цехами, 3) для передвижения между заводами, 4) чтобы был все время под рукой.

16. Процесс десульфурации чугуна – это: 1) удаление шлака, 2) удаление серы, 3) добавление ферросилиция, 4) увеличение содержания солей элементов в два раза.

17. Копровая установка – это: 1) установка для копки грунта, 2) установка для сверления отверстий по копиру, 3) установка для копирования бумаг, 4) установка для разбивки металлического лома.

18. Какие типы машин для ремонта и укладки футеровки существуют: 1) крановые, 2) навесные, 3) площадочные, 4) накатные.

19. Пакетировочный пресс имеет максимальное число ступеней прессования: 1) одну, 2) две, 3) три, 4) четыре.

20. Для чего предназначен стационарный миксер: 1) для постоянного хранения чего-либо, 2) для перемешивания материалов, 3) для постоянного хранения и перемешивания материалов.

21. Мульдовая тележка – это тележка для перевозки: 1) ковшей, 2) слитков, 3) мульд, 4) металлолома.

22. По способу теплового воздействия электрические печи разделяются на: 1) печи с независимой дугой, 2) печи с открытой дугой, 3) печи с зависимой дугой, 4) печи с закрытой дугой.

23. Что загружают в конвертер перед плавкой: 1) известь, 2) кокс, 3) окатыши, 4) фурму, 5) жидкий чугун, 6) металлолом.

24. Основным элементом копра является: 1) крюк, 2) шар, 3) баба, 4) каток.

25. Что такое торкретирование: 1) рисование торов, 2) вид обработки поверхности, 3) восстановление футеровки, 4) передача недостоверной информации.

26. Стружкодробильный агрегат выполняет следующие последовательные операции: 1) измельчает, нагревает, прессует, 2) измельчает, отсеивает, доизмельчает, 3) измельчает, прессует, калибрует, 4) измельчает, отсеивает, калибрует.

26. Стационарный миксер - агрегат: 1) для постоянного хранения чего-либо, 2) для перемешивания материалов, 3) для постоянного хранения и перемешивания материалов.

27. Завалочная машина предназначена для: 1) загрузки чугуна, 2) загрузки огнеупоров, 3) загрузки шихты, 4) завалки набок.

28. Печь с зависимой дугой – это когда: 1) дуга горит между электродами и металлом, 2) дуга горит между электродами, 3) дуга горит в газовой полости внутри расплавленной шихты.

29. Чем продувается плавка в конвертере: 1) атмосферным воздухом, 2) Ar, 3) O₂, 4) N₂, 5) H₂S.

30. Копры бывают следующих видов: 1) эстакадные, 2) башенные, 3) безбашенные, 4) шатровые, 5) мачтово-стреловые.

31. Агрегат непрерывной переработки лома выполняет следующие операции: 1) измельчение, отсеивание, нагревание, пакетирование, 2) измельчение, отсеивание, нагревание, брикетирование, 3) порезка, нагревание, пакетирование, 4) порезка, калибровка, нагревание, брикетирование.

32. Печь с закрытой дугой – это когда: 1) дуга горит между электродами и металлом, 2) дуга горит между электродами, 3) дуга горит в газовой полости внутри расплавленной шихты.

33. Завалочные машины бывают: 1) напольные, 2) настенные, 3) потолочные, 4) крановые.

34. Механические ножницы для резки лома называются: 1) акульими, 2) крокодиловыми, 3) аллигаторными, 4) гильотинными.

35. Выберите правильный вариант последовательности технологического процесса металлургического производства: 1) доменное, литейное, прокатное, кузнечное, 2) доменное, кузнечное, прокатное, 3) доменное, сталеплавильное, литейное, прокатное, 4) сталеплавильное, прокатное, кузнечное.

36. Из какого материала изготавливается корпус конвертера: 1) сталь 45, 2) сталь 08Ю, 3) сталь 09Г2С, 4) сталь 15ХНМ4. Что означают буквы и цифры в марке стали.

37. Напольные завалочные машины бывают: 1) на рельсовом ходу, 2) на гусеничном ходу, 3) на колесном ходу, 4) на телескопических опорах.

39. Каким образом действует отечественная машина для ломки футеровки конвертера: 1) откусывает, 2) откалывает, 3) отрезает, 4) раздалбливает.

40. Для чего футеруют корпус конвертера: 1) для поддержания температуры внутри, 2) для улучшения химического состава стали, 3) чтобы не прогорел корпус, 4) чтобы поддерживать постоянный объем.

41. Гильотинные ножницы применяются для: 1) рубки капусты, 2) стрижки овец, 3) резки лома, 4) обрезки бумаги.

42. Для чего предназначен миксер: 1) для хранения и перемешивания чугуна, 2) для хранения и доводки чугуна по химическому составу, 3) для хранения и транспортировки чугуна, 4) для отделения чугуна от шлака.

43. Для подачи чего в конвертер служат фурмы: 1) воды, 2) аргона, 3) кислорода, 4) коксовой пыли.

44. Хобот завалочной машины предназначен для: 1) захвата и перемещения мутьды, 2) захвата, подъема, подачи и вывода мутьды, 3) захвата, подъема, опрокидывания, вывода и перемещения мутьды, 4) перемещения и опрокидывания мутьды.

45. Что является источником нагрева и ведения плавки в индукционной печи: 1) электрод, 2) индуктор, 3) электрод и индуктор.

46. Перечислите существующие типы опор конвертера.

47. Что хранится в отделении магнитных материалов?

48. Корпус конвертера футеруют где: 1) снаружи, 2) изнутри, 3) сверху, 4) снизу.

49. Ножницы для резки металлического лома бывают: 1) механические, 2) pedalные, 3) гидравлические, 4) пневматические.

50. Для чего ведется продувка кислородом при плавке в конвертере: 1) для повышения флуктуации металла в жидкой ванне, 2) для удаления лишней серы из чугуна, 3) для удаления лишнего углерода из чугуна, 4) для удаления воды из металлошихты.

51. Какие типы миксеров существуют: 1) стационарные, 2) самоходные, 3) передвижные, 4) многофункциональные.

52. Что является источником нагрева и ведения плавки в вакуумных печах: 1) вакуум, 2) струя плазмы, 3) поток радиации, 4) расходуемый электрод.

53. Напольно-завалочная машина имеет пять механизмов: 1) передвижения машины, тележки, замыкания мульды, опрокидывания мульды, поворота машины, 2) передвижения машины, вращения хобота, опрокидывания мульды, перемещения мульды, подъема хобота, 3) перемещения машины, тележки, вращения хобота, качания хобота, замыкания мульды, 4) перемещения машины, моста, хобота, мульды, замыкания мульды.

54. Чем крепятся электроды на электрододержателях электропечи: 1) болтом, 2) клином, 3) хомутом, 4) шлицем.

55. Каким образом крепится корпус конвертера: 1) на цепях, 2) на канатах, 3) в опорном кольце, 4) болтами к полу.

56. Огневая резка металлического лома – это: 1) резка в огне, 2) резка в печи, 3) газорезка, 4) резка в нагретом состоянии.

57. Что является продуктом плавки в конвертере: 1) чугун, 2) армко-железо, 3) сталь, 4) феррит.

58. Для чего предназначен передвижной миксер: 1) для хранения и транспортирования стали, 2) для хранения и транспортирования чугуна, 3) для сбора и хранения шлака, 4) для смешивания разных металлов.

59. Мундштук – деталь механизма завалочной машины. Какого?: 1) рамы, 2) хобота, 3) тележки, 4) мульды.

60. Электроды для электрических печей бывают: 1) угольные, 2) расходуемые, 3) нерасходуемые, 4) металлические.

61. Какие типы зажимов электродов существуют: 1) электромеханический, 2) пневматический, 3) гидравлический, 4) пневмомеханический.

62. Для чего служит опорное кольцо конвертера: 1) чтобы не лопнул корпус, 2) для выравнивания положения, 3) для переноса, 4) для установки на опорах.

63. В качестве шихты для выплавки стали может использоваться: 1) древесина, 2) железорудные окатыши, 3) угольная крошка, 4) металлолом, 5) железная руда.

64. Грузоподъемным устройством крана, работающего в отделении по подготовке металлического лома, является: 1) траверса, 2) грейфер, 3) электромагнит, 4) крюк.

65. Выберите правильный вариант компоновки оборудования: 1) корпус конвертера с футеровкой, опорное кольцо, подшипниковые опоры, навесной привод, 2) корпус конвертера, съемное дно, опорное кольцо, защитный шлем, фурмы, 3) корпус конвертера, привод, подшипниковые опоры, фурмы, 4) корпус конвертера, опорное кольцо, цапфы, опоры, привод.

66. Механизм замыкания мульды: 1) гидравлический, 2) пневматический, 3) рычажно-механический, 4) электромагнитный.

67. Что расплавляет металл в электронно-лучевой плазменной печи: 1) поток радиации, 2) поток плазмы, 3) поток электронов, 4) электрическая дуга.

68. Из чего состоит опорное кольцо конвертера: 1) из двух колец и четырех цапф, 2) из четырех колец и двух цапф, 3) из двух колец и двух цапф, 4) из сегментов и цапф.

69. Пакетирование – это процесс: 1) надувания пакетов, 2) складирования пакетов, 3) изготовления пакетов, 4) утилизации пакетов.

70. Привод подъема башенного копра – это: 1) электродвигатель, редуктор, винтовая пара, 2) электродвигатель, редуктор, реечная пара, 3) электродвигатель, редуктор, лебедка, 4) электродвигатель, редуктор, клиноременная передача.

71. Электроды приводятся в движение от: 1) общего электродвигателя, 2) индивидуального электродвигателя, 3) от электродвигателя подъема свода.

72. Механизм качания хобота завалочной машины: 1) рычажный, 2) кривошипно-шатунный, 3) с зубчатым сектором, 4) реечный.

74. Какой тип редукторов применяется в навесном приводе поворота конвертера современной конструкции: 1) специальный тихоходный и быстроходный цилиндрический, 2) цилиндрический многоступенчатый и

специальный конический, 3) конический, цилиндрический, червячный, 4) специальный червячный и цилиндрический.

75. Какая челюсть аллигаторных ножниц выполняется подвижной: 1) нижняя, 2) верхняя, 3) боковая, 4) верхняя и нижняя.

76. Песчаный затвор – это: 1) затвор из песка, 2) затвор для песка, 3) затвор от песка.

77. Крановая завалочная машина содержит следующие основные узлы: 1) мост, тележка основная и вспомогательная, кабина, грейфер, 2) мост, тележка основная и вспомогательная, шахта, колонна, кабина, захват, 3) мост, тележка основная и вспомогательная, шахта, колонна, кабина, хобот, 4) мост, кабина, основная тележка, грейфер, магнит.

78. Каким образом осуществляется подогрев стали на установке химического подогрева: 1) газом, 2) продувкой кислородом, 3) добавкой горячей порции стали, 4) продувкой кислородом с добавкой коксовой пыли.

79. Стружкодробилки бывают: 1) фрезовые, 2) валковые, 3) катковые, 4) молотковые.

80. Подрывная яма – это: 1) яма для подкопа, 2) яма для отбора руды, 3) яма для разделки металлического лома, 4) воронка от взрыва.

81. Из какого материала выполняется опорное кольцо: 1) сталь 08Ю, 2) сталь 15ХНМ9, 3) сталь 2Н15М9Ю, 4) сталь 09Г2С. Что означают буквы и цифры в марке стали.

82. Завалочные машины бывают: 1) рельсовые напольные, 2) безрельсовые напольные, 3) крановые, 4) напольно-поворотные.

83. Электросталеплавильные печи бывают с: 1) отодвигающимся сводом, 2) выдвигаемым сводом, 3) поворачивающимся сводом, 4) откидывающимся сводом.

84. Основным рабочим органом пакетировочного пресса является: 1) пресскамера, 2) пресс-крышка, 3) пресс-штемпель, 4) пресс-папье.

85. Сыпучие шихтовые материалы хранятся в: 1) ямах, 2) цистернах, 3) бункерах, 4) танках.

86. Какие типы механизмов наклона электропечи существуют: 1) роликовый, 2) цапфовый, 3) шестеренный, 4) секторный.

87. Брикетировочные прессы – агрегаты для получения: 1) рулонов, 2) пакетов, 3) брикетов, 4) штабелей.

88. Из каких механизмов состоит машина для подачи кислорода: 1) из механизмов подъема платформы и перемещения фурмы, 2) из механизмов перемещения платформы и перемещения фурмы, 3) из механизмов перемещения машины, перемещения фурмы, подъема противовеса.

89. Приводы механизма наклона электропечи бывают: 1) верхние, 2) нижние, 3) боковые, 4) комбинированные.

90. Сколько электродов в дуговой трехфазной печи: 1) 1, 2) 2, 3) 3, 4) 4.

91. Свод электропечи поднимают в двух случаях. В каких?: 1) при загрузке печи, 2) при сливе стали, 3) перед поворотом корпуса, 4) при откачки шлака.

92. Мундштук – деталь механизма завалочной машины. Какой?: 1) рамы, 2) хобота, 3) тележки, 4) мульды.

93. При выплавке стали в расплав добавляют ферросплавы. В какой момент: 1) перед продувкой кислородом в конвертер, 2) после продувки кислородом в конвертер, 3) в стальковш после выпуска стали, 4) в шлаковую чашу после выпуска шлака.

94. Крепеж 300-тонного конвертера включает в себя: 1) две подвески, три упора, 2) три подвески, два упора, 3) две подвески, один упор, одна фиксированная опора, 4) четыре подвески, два упора.

95. Пакетирование – это процесс: 1) надувания пакетов, 2) складирования пакетов, 3) изготовления пакетов, 4) утилизации пакетов.

96. Каким образом машина для скачивания шлака удаляет шлак: 1) скачивает, 2) сгребает, 3) сметает, 4) отсасывает.

97. Какие функции в гидравлических ножницах выполняет механизм подачи толкателя, где он расположен и из чего состоит? Опишите.

98. Для чего предназначен тракт подачи сыпучих материалов, что он включает в себя, как работает оборудование тракта? Опишите.

99. Какие конструкции удерживающих устройств существуют: 1) рессорная, 2) гидравлическая, 3) гидромеханическая, 4) механическая.

100. В каком виде чугун поставляется в конверторное отделение: 1) в чушках, 2) в виде лома, 3) в виде расплава.

101. Основные требования к сосудам с жидким металлом: 1) быстрый наклон и возврат в исходное положение, 2) медленный наклон и быстрый возврат в исходное положение, 3) быстрый наклон и самовозврат, 4) медленный наклон и самовозврат в исходное положение.

102. Скраповоз – это машина для: 1) транспортирования сыпучих материалов, 2) транспортирования совков с металлоломом, 3) транспортирования ферросплавов, 4) транспортирования шлаковых чаш.

103. Гильотинные ножницы применяются для: 1) обрубки слитков, 2) порезки слябов, 3) резки лома, 4) обрезки бумаги.

104. Какие моменты необходимо учитывать при расчете привода наклона конвертера: 1) от веса конвертера с футеровкой и от веса жидкого металла, 2) от веса жидкого металла и от трения металла о футеровку, 3) от веса конвертера с футеровкой, от веса жидкого металла, от трения в цапфах конвертера, 4) от трения в цапфах, от трения металла о футеровку, от трения корпуса о футеровку.

105. Для обеспечения устойчивости конвертера необходимо, чтобы опрокидывающий момент при повороте конвертера на любой угол был: 1) небольшим, 2) положительным, 3) большим, 4) отрицательным.

106. Завалочная машина предназначена для: 1) загрузки чугуна, 2) загрузки огнеупоров, 3) загрузки шихты, 4) завалки набок.

107. Для чего предназначена установка для десульфурации: 1) для доводки стали по химическому составу, 2) для доводки чугуна по химическому составу, 3) для понижения температуры расплава, 4) для перемешивания расплава перед разливкой.

108. Грузоподъемным устройством крана, работающего в отделении по подготовке металлического лома, является: 1) траверса, 2) грейфер, 3) электромагнит, 4) крюк.

109. Для выполнения условия самовозврата конвертера необходимо, чтобы общий центр тяжести жидкого металла и корпуса конвертера располагался: 1) выше оси поворота конвертера (оси цапф), 2) ниже оси поворота конвертера, 3) слева от оси поворота конвертера, 4) справа от оси поворота конвертера.

110. По способу теплового воздействия электрические печи разделяются на: 1) печи с независимой дугой, 2) печи с открытой дугой, 3) печи с зависимой дугой, 4) печи с закрытой дугой.

111. Почему колеса тележки напольной завалочной машины расположены на разных уровнях? Объясните. Опишите комплекс механизмов напольной завалочной машины и ее особенности.

112. Что обозначает термин «стрелка» в методике расчета привода поворота конвертера: 1) расстояние от оси конвертера до края выбранного сектора, 2) расстояние от стенки корпуса конвертера до края выбранного сектора, 3) хорда сектора выбранного слоя, 4) центральный угол сектора выбранного слоя.

113. Что расплавляет металл в электронно-лучевой плазменной печи: 1) поток радиации, 2) поток плазмы, 3) поток электронов, 4) электрическая дуга.

114. Что такое торкретирование: 1) рисование торцов, 2) вид обработки поверхности, 3) восстановление футеровки, 4) передача недостоверной информации.

115. Какие моменты необходимо учитывать при расчете привода наклона конвертера: 1) от веса конвертера с футеровкой и от веса жидкого металла, 2) от веса жидкого металла и от трения металла о футеровку, 3) от веса конвертера с футеровкой, от веса жидкого металла, от трения в цапфах конвертера, 4) от трения в цапфах, от трения металла о футеровку, от трения корпуса о футеровку.

116. Какие типы машин для ремонта и укладки футеровки существуют: 1) крановые, 2) навесные, 3) площадочные, 4) накатные.

117. Чем продувается плавка в конвертере: 1) атмосферным воздухом, 2) Ar, 3) O₂, 4) N₂, 5) H₂S.

118. Что является источником нагрева и ведения плавки в вакуумных печах: 1) вакуум, 2) струя плазмы, 3) поток радиации, 4) расходимый электрод.

119. Из чего состоит опорное кольцо конвертера: 1) из двух колец и четырех цапф, 2) из четырех колец и двух цапф, 3) из двух колец и двух цапф, 4) из сегментов и цапф.

120. Каким образом осуществляется подогрев стали на установке химического подогрева: 1) газом, 2) продувкой кислородом, 3) добавкой горячей порции стали, 4) продувкой кислородом с добавкой коксовой пыли.

121. Машины непрерывной разливки стали предназначены: 1) для разливки стали, 2) для разливки стали в формы, 3) для получение из жидкой стали готовой заготовки для прокатного производства, 4) для получение из жидкой стали готовой заготовки для подшипников.

122. МНЛЗ состоит из следующих элементов и узлов: 1) сталеразливочного станда; промежуточного ковша; тележки или станда для промежуточного ковша; кристаллизатора; механизма возвратно-поступательного движения кристаллизатора; опорных элементов и устройств зоны вторичного охлаждения; затравки; механизма для ввода и уборки затравки; устройств для резки непрерывнолитого слитка на заготовки мерной длины; устройства для уборки и транспортировки заготовок к прокатному цеху или в отделение отделки заготовок; электрооборудования; 2) сталеразливочного станда; промежуточного ковша; тележки или станда для промежуточного ковша; кристаллизатора; механизма возвратно-поступательного движения кристаллизатора; затравки; механизма для ввода и уборки затравки; устройств для резки непрерывнолитого слитка на заготовки мерной длины; устройства для уборки и транспортировки заготовок к прокатному цеху или в отделение отделки заготовок; электрооборудования; средств контроля и автоматизации, 3) сталеразливочного станда; промежуточного ковша; тележки или станда для промежуточного ковша; кристаллизатора; механизма возвратно-поступательного движения кристаллизатора; опорных элементов и устройств зоны вторичного охлаждения; устройства для транспортировки слитка; затравки; механизма для ввода и уборки затравки; устройства для уборки и транспортировки

заготовок к прокатному цеху или в отделение отделки заготовок; электрооборудования; средств контроля и автоматизации, 4) сталеразливочного станда; промежуточного ковша; кристаллизатора; механизма возвратно-поступательного движения кристаллизатора; опорных элементов и устройств зоны вторичного охлаждения; устройства для транспортировки слитка; затравки; механизма для ввода и уборки затравки; устройств для резки непрерывнолитого слитка на заготовки мерной длины; устройства для уборки и транспортировки заготовок к прокатному цеху или в отделение отделки заготовок; электрооборудования; средств контроля и автоматизации.

123. Футеровка промежуточных ковшей состоит : 1) из теплоизоляционного, арматурного и рабочего слоев. 2) из теплоизоляционного слоя, 3) из арматурного слоя, 4) из рабочего слоя.

124. Назначение механизма качания: 1) для качания кристаллизатора, 2) для качания затравки, 3) для удержания кристаллизатора, 4) препятствия возникновения прорывов жидкого металла на выходе слитка из кристаллизатора.

125. Устройства для резки непрерывных слитков в конце МНЛЗ бывают: 1) газовые, 2) барабанные, 3) летучие, 4) газовые, импульсные, гидравлические.

126. Роликовая проводка это: 1) направляющая установка, 2) установка для изгиба слитка, 3) установка для выправки слитка, 4) установка для вытягивания слитка.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Основные грузопотоки сталеплавильного производства.
2. Требования, предъявляемые к металлолому: размеры, сортность.
3. Копры. Копровая разбивка лома.
4. Разделка лома взрывным способом.
5. Огневая резка лома.
6. Конусная фрезерная стружкодробилка. Принцип действия, достоинства, недостатки.

7. Молотковая стружкодробилка. Принцип действия, достоинства, недостатки.
8. Валковая стружкодробилка. Принцип действия, достоинства, недостатки.
9. Агрегат для дробления и сортировки лома.
10. Аллигаторные ножницы.
11. Гидравлические ножницы.
12. Прессы для пакетирования металлического лома. Электромеханический винтовой пресс.
13. Прессы для пакетирования металлического лома. Гидравлический пресс.
14. Прессы для брикетирования металлического лома. Горячее и холодное брикетирование.
15. Чугуновоз. Механизм передвижения чугуновоза.
16. Установка десульфурации чугуна.
17. Миксер стационарный. Кинематическая схема механизма поворота миксера.
18. Миксер передвижной.
19. Машина для скачивания шлака из ковша и миксера.
20. Основные компоненты плавки в кислородном конвертере. Садка конвертера.
21. Кислородный конвертер. Кинематическая схема механизма наклона конвертера.
22. Машина для подачи кислорода в конвертер. Кислородная фурма с центральным подводом кислорода.
23. Оборудование тракта подачи сыпучих материалов плавки в конвертер.
24. Сталевоз.
25. Шлаковоз.
26. Крановая машина для ремонта и кладки футеровки конвертера.
27. Навесная машина для ремонта и кладки футеровки конвертера.
28. Машина для ломки футеровки конвертера.

29. Машина для торкретирования футеровки конвертера. Напольная машина для факельного торкретирования.

30. Типы электросталеплавильных печей.

31. Исходные материалы для плавки в электропечах.

32. Конструкция дуговой сталеплавильной печи.

33. Механизм наклона дуговой сталеплавильной печи.

34. Механизм поворота корпуса дуговой сталеплавильной печи.

35. Механизм подъема и поворота свода дуговой сталеплавильной печи.

36. Механизм перемещения электродов дуговой сталеплавильной печи.

37. Механизм зажима электродов, конструкции, достоинства и недостатки.

38. Установки доводки стали по химическому составу.

39. Вакуумирование стали. Вакууматоры.

40. Непрерывная разливка стали. Типы МНЛЗ.

41. Радиальная МНЛЗ.

42. МНЛЗ вертикального типа.

43. МНЛЗ горизонтального типа.

44. Сталеразливочные станды. Стенд мостового типа.

45. Сталеразливочные станды. Стенд поворотного типа.

46. Кристаллизаторы. Требования к конструкции, типы.

47. Кинематические схемы механизма качания кристаллизатора.

48. Неприводная роликовая проводка МНЛЗ.

49. Приводная роликовая проводка МНЛЗ (тянущая правильная машина, входящая в состав приводной роликовой проводки).

50. Затравка. Типы затравок.

51. Способы охлаждения формирующегося слитка при непрерывной разливке.

52. Сталеразливочный ковш. Типы затворов.

53. Стопорный затвор сталевыпускного отверстия сталеразливочного ковша.

54. Шиберный скользящий затвор сталевого выпускного отверстия сталеразливочного ковша.

55. Разливка стали в изложницы. Состав оборудования.

56. Реечный толкатель составов с изложницами.

57. Винтовой толкатель составов с изложницами.

58. Трехоперационный стрипперный кран для раздевания слитков.

Основные операции, выполняемые краном.

59. Способы чистки изложниц. Установки для чистки изложниц.

60. Формирование и подготовка состава с изложницами к разливке.

Библиографический список

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах: учеб. для вузов [Текст]/А.И. Целиков [и др.]. - 2-е изд. - М.: Металлургия, 1988. - 680 с.
2. Григорьев В. П., Нечкин Ю. М., Егоров А. В., Никольский Л. Е. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства.: Учебник' для вузов.— М-МИСИС- 1995.— 512 с.
3. Свистунов, Е.А. Расчет деталей и узлов металлургических машин [Текст]/Е.А. Свистунов, Н.А. Чиченев. - М.: Металлургия, 1985. – 203 с.
4. Гребеник, В.М. Расчет металлургических машин и механизмов [Текст]/В.М. Гребеник, Ф.К. Иванченко, В.Н. Ширяев. - К.: Вища школа, Головное изд-во, 1988. – 448 с.
5. Жильцов, А.П. Практикум по металлургическому оборудованию: учебное пособие /А.П. Жильцов, П.Ф. Гахов, А.Л. Челядина. - Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2011. - 234 с.
6. Протасов, А.В. Машины и агрегаты металлургического производства. Агрегаты внепечной обработки жидкой стали: курс лекций [Текст]/А.В. Протасов, Б.А. Сивак, Н.А. Чиченев. - М.: Изд. дом МИСиС, 2009. – 182 с.
7. Шаповалов А.Н. Расчет параметров непрерывной разливки стали: Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Разливка стали и специальная металлургия» для студентов направления 150400 «Металлургия». – Новотроицк, НФ НИТУ «МИСиС», 2013. – 56с.
8. Братковский Е.В., Шаповалов А.Н. Методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование сталеплавильных и доменных цехов». – Новотроицк.: НФ НИТУ «МИСиС», 2013. – 83с.
9. [uralmash.ru / files / promotional – materials / MNLZ/](http://uralmash.ru/files/promotional-materials/MNLZ/)
10. [ormeto – yumz / catalog / mnlz.](http://ormeto-yumz.com/catalog/mnlz/)
11. www.steeluniversity.org.
12. www.assom.donntu.edu.ua/remis/book/.
13. www.ntio.net/catalog.

14. www.iqlib.ru/book/preview/.
15. www.steelmaker.ru.
16. www.metalcom.ru.
17. www.metallurgizdat.com.
18. www.imet.ru.
19. www.exponet.ru.

Учебное издание

Бойко Порфирий Федорович

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ**

Учебное пособие

Технический редактор: Иванова И.И.

Компьютерный набор: Бойко П.Ф.

Подписано к печати _____ Бумага для множительной техники

Формат _____ Усл. печ. Листов _____ Тираж _____ экз. Заказ _____

Отпечатано с авторского оригинала

в отделе оперативной печати

Старооскольского технологического института им. А.А. Угарова.

Старый Оскол, микрорайон Макаренко, 40