

## Введение

Основным конструкционным материалом остается сталь, объемы производства которой в мире непрерывно растут. Наиболее перспективным является электросталеплавильное производство, при таком производстве обеспечиваются высокие эксплуатационные свойства металла.

За последние годы электрометаллургия перетерпела значительные изменения. Электроды используются лишь для расплавления шихты, а остальные технологические процессы производства стали осуществляются в установках внепечной обработки стали.

В данной дипломной работе разработан проект реконструкции цеха производительностью 150000 тонн жидкой стали в год.

## 1 Объект исследования

### 1.2 Техничко-экономическое обоснование реконструкции ЭСПЦ

Реконструируемый ЭСПЦ № 15 является структурным подразделением металлургического завода ООО “Юргинский машзавод”. Своей продукцией цех обеспечивает кузнечные и механические цеха предприятия.

Цех № 15 на данный момент времени законсервирован. В связи с этим реконструкция цеха является актуальной.

На базе использования новейших технологий реконструкция действующего электросталеплавильного цеха сводится к установке нового оборудования, при сохранении металлоконструкции основного здания ЭСПЦ. На пустующих площадях можно разместить оборудование необходимое для производства и обработки стали. Тем самым добиться годовой производительности цеха 150000 тонн жидкой стали в год.

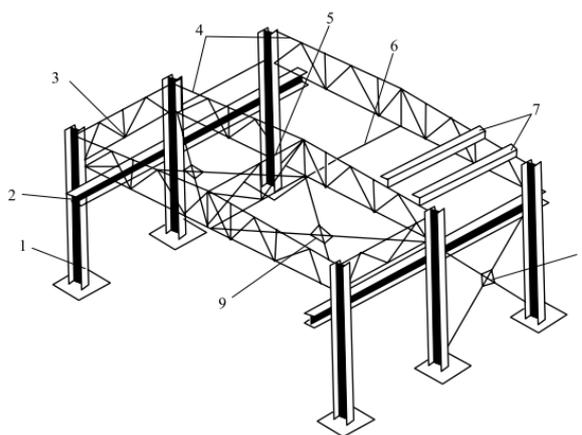
### 1.3 Конструкция здания реконструируемого ЭСПЦ

Цех № 15 имеет каркасный тип конструкции здания (рисунок 1). Каркас сделан из поперечных плоских связанных между собой рам [2].

Конструкция фундаментов. У данного типа здания одиночные столбчатые фундаменты под несущие конструкции колонны.

Конструкция фундаментных балок. С целью опирания стенок по периметру здания по обреза́м фундамента уложены фундаментные балки, изготавливаемые из железлбетона.

Конструкция колонн. Колонны – основной элемент несущего каркаса здания. Здание оборудованно мостовыми кранами, поэтому колонны служат также опорами для подкрановых балок. Шаг колонн 12 м.



- 1 – колонны; 2 – подкрановые балки;  
 3 – вертикальные связи между опорами ферм; 4 – стропильные фермы;  
 5 – вертикальные связи в коньке ферм; 6 – растяжки; 7 – прогоны;  
 8 – вертикальные крестовые связи между колоннами;  
 9 – горизонтальные крестовые связи в уровне нижнего пояса ферм

Рисунок 1 – Элементы стального каркаса

Конструкция стропильных и подстропильных ферм. Стропильные фермы несут покрытие здания. Подстропильные фермы предназначены для опоры стропильных ферм средних (межпролетных) рядах колонн.

Конструкция подкрановых балок. Подкрановые балки образуют пути для движения мостовых кранов и придают каркасу дополнительную жесткость.

Конструкция стен. Наружные стены совместны с покрытиями, защищают внутреннее пространство здания от наружных влияний. Здание имеет самонесущие стены, они воспринимают нагрузки только от собственной массы и ветра по всей высоте здания.

Конструкция покрытий. В этом здании покрытия нужны для ограждения внутренних помещений здания от природных осадков и внешних высокотемпературных воздействий. Применены настилы из стальных листов, они выдерживают высокий нагрев теплом раскалённого металла. Крепятся они к прогонам металлическими болтами.

Конструкции ворот. Ворота ЭСПЦ раздвижные, они имеют большую

скорость открывания. Раздвижные ворота служат для проезда напольного автотранспорта. Для создания оптимального микроклимата проёмы в цехе оборудованы воздушно тепловыми завесами.

#### 1.4 Транспорт ЭСПЦ

Деятельность электросталеплавильного цеха непосредственно связана с функционированием разных цехов и отделений завода, в процессе которой выполняется большой объем перевозок [4].

Основная масса внутризаводских перевозок на ЭСПЦ осуществляется железнодорожным транспортом. В качестве внутрицехового и межцехового транспорта применяется железнодорожный, автомобильный, непрерывный транспорт.

#### 1.5 Организация работ в ЭСПЦ

В здании ЭСПЦ размещаются следующие пролеты: шихтовый, печной, бункерный, раздаточный и пролет МНЛЗ.

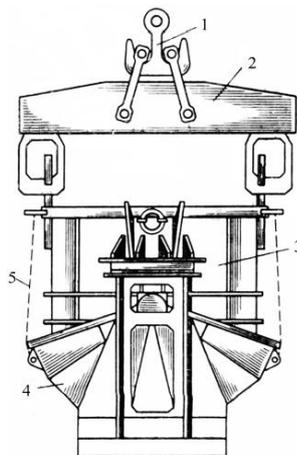
##### 1.5.1 Организация работ в шихтовом пролете

Ширина шихтового пролёта составляет 24 м. Все погрузочно-разгрузочные и вспомогательные работы в шихтовом пролёте выполняются мостовыми кранами.

В шихтовом пролете ЭСПЦ производятся: приемка, разгрузка и хранение металлошихты, а так же различных сыпучих материалов, подготовка материалов к плавке и передача их в печной пролет и бункерный.

Подготовка и загрузка металлошихты в саморазгружающиеся бадьи (рисунок 2) осуществляется в копровом цехе № 52, откуда и доставляется ж/д транспортом в шихтовый пролет цеха.

В пролете установлена печь для проковки ферросплавов, установлены стационарные бункера для сыпучих, отведено место для хранения электродов и склада хранения огнеупоров.



1 – крюк главного подъема крана; 2 – траверса; 3 – корпус;  
4 – челюсти; 5 – канат

Рисунок 2 – Завалочная бадья грейферного типа

### 1.5.2 Организация работ в печном пролете

Ширина печного пролета – 24 м.

В пролёте установлена ДСП-25 , оснащенная трансформатором 20 МВА. Печь установлена на фундаменте, расположена в шумо-пылезащитной камере, Печь оборудована индивидуальной подстанцией (печным трансформатором).

Для обслуживания печи сооружена рабочая площадка (уровень рабочей площадки 6 метров), она представляет собой металло-конструкцию из опорных колонн, продольных и поперечных балок и настила.

Пролёт обслуживается мостовыми кранами.

Доставка металлошихты из шихтового пролета в печной осуществляется в бадьях по поперечным путям на передаточной тележке. В печном пролете саморазгружающиеся бадьи с тележки поднимают мостовым краном, и устанавливают в непосредственной близости от печи. Далее как поворачивается свод печи, бадью поднимают краном и производят завалку. После завалки ДСП,

кран пролёта возвращает бадью на тележку, которая возвращается в шихтовый пролет.

В пролете предусматривается участок для ремонта свода, бункер для выбивки свода, участок для ремонта подины печи, место для подготовки электродов.

Организация уборки шлака: В период расплавления и после из печи скачивается шлак в шлаковую чашу, стоящую под рабочим окном печи на передаточной тележке. После того как чаша наполняется ее транспортируют в шихтовый пролет по ж/д путям на передаточной тележке и при помощи кранов снимается с нее и устанавливается в пролете для остывания шлака, после того как шлак остынет его сыпают из шлаковой чаши в думпкар и транспортируют в отделение переработки шлака.

### 1.5.3 Организация работ в бункерном пролете

Ширина бункерного пролета – 9 м. Электросталеплавильный цех использует разнообразные сыпучие материалы.

Оперативный запас этих материалов (шлакообразующие, окислители, ферросплавы, заправочные), хранят в стационарных бункерах, вместимостью 30 м<sup>3</sup> установленных в шихтовом пролете.

Ввод сыпучих, ферросплавов в печь, в ковш при выпуске, АКЭС осуществляется по системе трубопроводов.

Поступающие в шихтовый пролет различные сыпучие материалы разгружаются в приемные стационарные бункера. После обработки в печи для прокаливания сыпучие транспортируются по ж/д путям на передаточной тележке в бункерный пролет и далее их поднимают на верх краном, подвозят к нужному расходному бункеру и засыпают.

#### 1.5.4 Организация работ в раздаточном пролете

Ширина раздаточного пролета – 24 м. В пролете выполняются следующие операции:

- обработка стали в агрегате АКОС;
- подача ковша на сталевоз вакуум-камеры и на стенд МНЛЗ;
- обработка сталеразливочного ковша;
- охлаждение ковша перед текущим ремонтом и удаление шиберного затвора.

В этом пролете, установлены АКОС и вакуум-камера.

Вакуум-камеру устанавливаем, ближе к торцу раздаточного пролёта ЭСПЦ, это необходимо для уменьшения вакуумной коммуникации, так как парожетторную станцию располагаем вне цеха. Такое расположение позволяет максимально использовать энергию, затраченную на отсос газа из камеры, которая может быть затрачена, если тракт отвода газов велик.

В печном пролёте после осуществления выплавки производится выпуск полупродукта из ДСП через эркер в сталеразливочный ковш, установленный на сталевозе под печью и по ж/д путям ковш поступает в раздаточный пролет для обработки на агрегате АКОС и для вакуумирования стали.

Пролёт обслуживается литейными кранами.

В пролете имеются емкости для аварийного приема металла, стенды для предварительного нагрева ковша, охлаждения футеровки ковша, ломки футеровки ковша и сушки ковшей, а так же стенды для установки на ковш шиберных затворов.

#### 1.5.5 Организация работ в пролете МНЛЗ

Ширина пролета МНЛЗ – 24 м. Этот пролет предназначен для разливки стали на МНЛЗ.

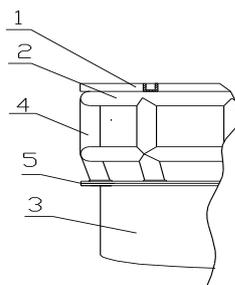
По окончании обработки ковш с металлом на сталевозе транспортируется в пролет МНЛЗ и краном этого пролета устанавливается на стенд МНЛЗ, где и осуществляется разливка металла.

В пролете отведено место для стандов сушки промковшей и стандов для кладки и ломки футеровки промковшей. А так же отведено место для шлаковых чаш.

## 1.6 Описание конструкции и механизмов ДСП

### 1.6.1 Кожух печи

Кожух печи цилиндрической формы со сферическим дном. Он разъёмный по горизонтали на уровне откосов [6]. Нижняя его часть, является опорой, изготовлена из стального листа. Верхняя часть опора стеновых водоохлаждаемых панелей, имеет вид решетчатого каркаса. Кожух из котельной стали толщиной 50 мм. К верхней части кожуха приваривается кольцевой желоб (рисунок 3), который заполнен песком для создания герметичного соединения со сводом (песочный затвор).



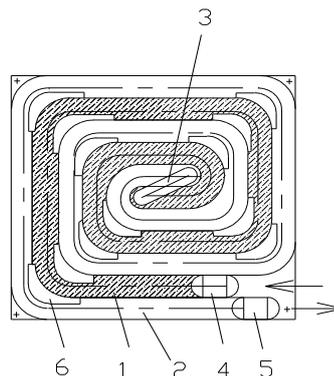
1 – песочный затвор; 2 – пояс жёсткости; 3 – кожух; 4 – ребро жёсткости; 5 – плоскость разъема

Рисунок 3 – Кожух печи

### 1.6.2 Стеновые водоохлаждаемые панели

На решетчатый каркас стен по всему периметру внутри крепятся водоохлаждаемые панели (рисунок 4). Панели крепятся на расстоянии 350 мм от их низа до уровня порога рабочего окна.

Применяю панели конструкции “Сибэлектротерм” изготовлены из двух труб диаметром 80 мм., методом гибки без сварных швов.



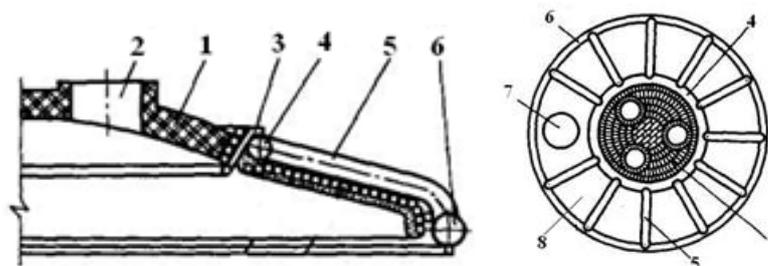
1,2 – трубы; 3 – патрубок; 4,5 – подвод отвод воды; 6 – накладки

Рисунок 4 – Трубчатые стеновые водоохлаждаемые панели

Трубы 1 и 2 отдельно изгибают прямоугольной спиралью, с оставлением зазора между ветвями и вставляют трубы друг в друга чтобы получить плоскую панель. Трубы скрепляют в одно целое с помощью привариваемых накладок 6. Предусмотрен подвод 4 и отвод 5 воды через периферийные концы труб и соединение концов труб 1 и 2 в центре панели с помощью патрубка 3. Эта панель обладает маленьким гидравлическим сопротивлением, проста в изготовлении и надёжна в эксплуатации.

### 1.6.3 Водоохлаждаемый свод печи

Трубчатый куполообразный свод (рисунок 5) имеет периферийную водоохлаждаемую часть.



- 1 – центральная футерованная часть свода; 2 – отверстие под электрод;  
 3 – водоохлаждаемое опорное кольцо; 4 – верхнее трубчатое кольцо;  
 5 – радиальные балки; 6 – нижнее трубчатое кольцо; 7 – отверстие под  
 газоотводящей патрубков; 8 – водоохлаждаемые панели

Рисунок 5 – Комбинированный водоохлаждаемый свод

Эта часть свода имеет отверстие для удаления газов из печи. Центральная куполообразная часть свода является съёмной, она выложена из магнезитовых кирпичей, удерживаемых водоохлаждаемым трубчатым кольцом, и имеет отверстия под электроды.

#### 1.6.4 Футеровка печи

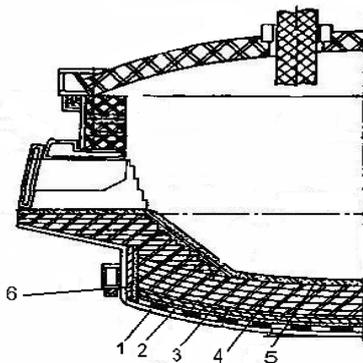
Футеровка дуговой печи подвергается воздействию теплового излучения электрических дуг, ударам кусков шихты при загрузке, разъедающему воздействию шлака и металла и термических напряжений, возникающих при резких колебаниях температур – охлаждение во время завалки холодной шихты.

Футеровка подины состоит из теплоизоляционного и рабочего слоёв.

Теплоизоляционный слой включает уложенный на днище кожуха слой листового асбеста, выравнивающий слой шамотной крупки и слой кладки из шамотного кирпича. Толщина теплоизоляционного слоя 70–180 мм.

Рабочий слой включает кладку магнезитового кирпича (из нескольких рядов) и верхнего набивного слоя из магнезитового порошка, который спекается в монолитную массу. Спёкшийся слой набивки предотвращает

возможный уход жидкого металла через швы между кирпичами кладки пода и, во-вторых, его толщину поддерживают путём «заправки» – забрасывая после каждой плавки на изношенные участки магнезитовый порошок и 6 % жидкого стекла; Благодаря этому стойкость пода составляет 1500–2000 плавков (рисунок 6).

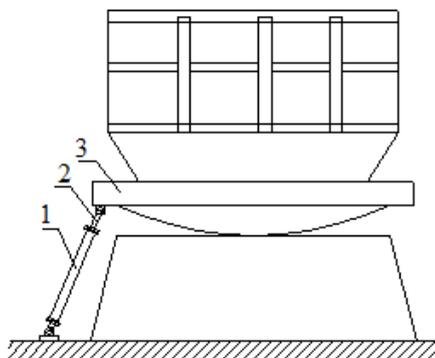


1 – кожух; 2 – листовой асбест; 3 – шамотный кирпич; 4 – магнезитовый кирпич;  
5 – слой шамотного порошка; 6 – шамотный кирпич

Рисунок 6 – Разрез рабочего пространства печи емкости 25 тонн

#### 1.6.5 Механизм наклона печи

Механизм наклона представляет собой гидроцилиндр, шток которого жёстко крепится к люльке, а сам гидроцилиндр закреплён на фундаменте (рисунок 7).



1 – Гидроцилиндр; 2 – Шток; 3 – Сварная плита

Рисунок 7 – Механизм наклона печи

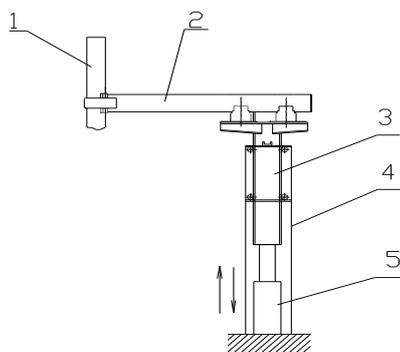
Этот механизм нужен для того чтобы наклонить печь в сторону сталевыпускного отверстия (угол  $12^\circ$ ) для слива металла и в сторону рабочей площадки для скачивания шлака. Для оперения печи на фундамент и для наклона служит люлька.

На печи установлен гидравлический механизм наклона, при котором подаваемая под давлением жидкость в гидроцилиндры вызывает выдвижение или опускание штоков, под действием которых происходит наклон печи.

### 1.6.6 Механизм перемещения электродов

Каждый электрод имеет свой механизм зажима и перемещения. Применен механизм перемещение электродов с телескопической стойкой (рисунок 8).

Рукав электрододержателя 2 крепится на подвижной стойке 3, которая перемещается внутри неподвижной стойки 4. При подачи рабочей жидкости происходит перемещение электрода.



1 – электрод; 2 – рукав электрододержателя; 3 – подвижная стойка;  
4 – неподвижная стойка; 5 – гидроцилиндр

Рисунок 8 – Механизм перемещения электродов

### 1.6.7 Механизм зажима электрода

Применено пружинно-пневматическое зажимное устройство. Зажим осуществляется усилием цилиндрической пружины, передаваемым через рычаги и тяги на хомут. Электрод освобождается при подаче в пневмоцилиндр сжатого воздуха, который перемещает поршень и сжимает пружину (рисунок 9).

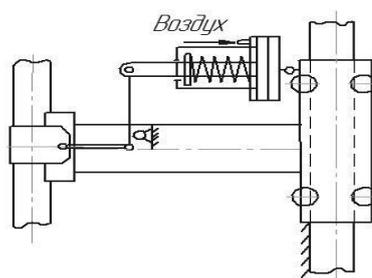


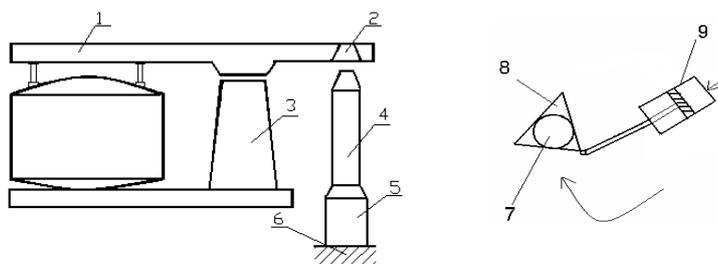
Рисунок 9 – Пружинно-пневматическое зажимное устройство

### 1.6.8 Механизм подъема и поворота свода

Механизм нужен для поднятия свода. Шток гидроцилиндра поднимает опорно-поворотный вал, который входит в зацепление с полупорталом и далее поднимает его вместе со сводом. Опускание свода происходит под действием собственного веса при снятии давления.

Механизм поворота свода состоит из одного гидроцилиндра двустороннего действия (рисунок 10).

На опорно-поворотном валу закреплен металлический хомут, который при помощи серьги закреплён со штоком гидроцилиндра. Когда подают рабочую жидкость шток выдвигается, и с помощью серьги передаёт давление на хомут и поворачивает опорно-поворотный вал, а с ним и свод. При подаче рабочей жидкости с другой стороны шток возвращается в исходное положение и тянет за серьгу всю конструкцию.



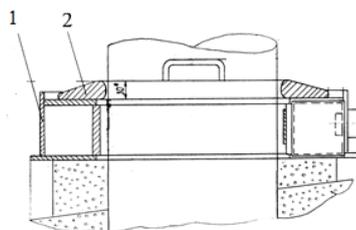
1 – полупортал; 2 – гнездо под опорно-поворотный вал; 3 – стойка;  
 4,7 – опорно-поворотный вал; 5 – гидроцилиндр; 6 – фундамент; 8 – хомут;  
 9 – гидроцилиндр

Рисунок 10 – Механизм подъема и поворота свода

### 1.6.9 Экономайзеры

Через зазоры между электродами и огнеупорной кладкой свода из печи выходят печные газы, нагретые до высокой температуры. Если не принимать специальных мер по уплотнению этих зазоров, то цех окажется загазованным и в тоже время из печи с газами уносится много тепла. Это увеличивает расход электроэнергии, приводит к подосу в печь холодного атмосферного воздуха через эти зазоры. Выделяющиеся печные газы через эти зазоры влияют на расход электродов: за счет тепла газов и вследствие передачи тепла теплопроводностью от погруженной в печь части электрода, его выступающая над сводом часть разогревается до температуры, превышающей 500 °С и интенсивно окисляется. Для борьбы с этими проблемами применяют экономайзеры (рисунок 11).

Экономайзер состоит из сварной коробки (водоохлаждаемой). Для большей герметизации водоохлаждаемая коробка устанавливается на свод на огнеупорной массе, укладываемой на футеровку свода в зоне электродного отверстия [7].



1 – кольцо уплотнительное нижнее; 2 – кольцо уплотнительное верхнее

Рисунок 11 – Экономайзер

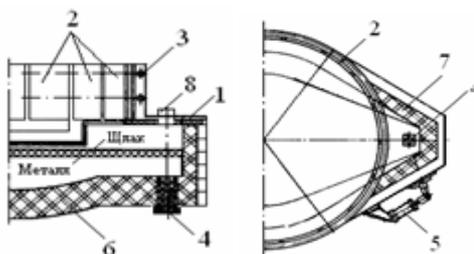
### 1.6.10 Электроды

Электроды предназначены для передачи электроэнергии от короткой сети в рабочее пространство печи и преобразование её в электрическую дугу.

От их качества и способа подвода к ним электрического тока зависят потери электроэнергии. Применяем графитированные электроды.

### 1.6.11 Схема выпуска

Установлена печь с эркерным выпуском. Эркер находится с противоположной от рабочего окна стороны в виде выступа. В дне эркера находится сталевыпускное отверстие (рисунок 12).



1 – сводик эркера; 2 – стеновые водоохлаждаемые панели; 3 – трубчатый каркас стен; 4 – сталевыпускное отверстие; 5 – привод запорного устройства; 6 – футеровка пода; 7 – футеровка эркера; 8 – лючок для обслуживания эркерного отверстия

Рисунок 12 – Рабочее пространство печи с эркерным выпуском

Эркерный выпуск осуществляется следующим образом: ковш помещают под выпускное отверстие, затем открывают запорное устройство и выпускают плавку. Во время выпуска печь слегка наклоняют в сторону ковша, чтобы обеспечить постоянный уровень металла над выпускным отверстием. Наклон печи автоматически блокируется при достижении требуемого максимального угла наклона  $12^\circ$

#### 1.6.12 Электроснабжение ДСП

В электрическое оборудование дуговой печи входят следующие приборы:

1. Высоковольтный воздушный разъединитель (ВВР), предназначен для отключения всей электропечной установки от линии высокого напряжения во время производства ремонтных работ на печи.

2. Главный высоковольтный выключатель (ГВВ), служит для отключения под нагрузкой электрической цепи, по которой протекает ток высокого напряжения. При неплотной укладке шихты в печи в начале плавки, когда шихта еще холодная, дуги горят неустойчиво, происходят обвалы шихты и возникают короткие замыкания между электродами. При этом сила тока резко возрастает. Это приводит к большим перегрузкам трансформатора, который может выйти из строя. Когда сила тока превысит установленный предел, выключатель автоматически отключает установку.

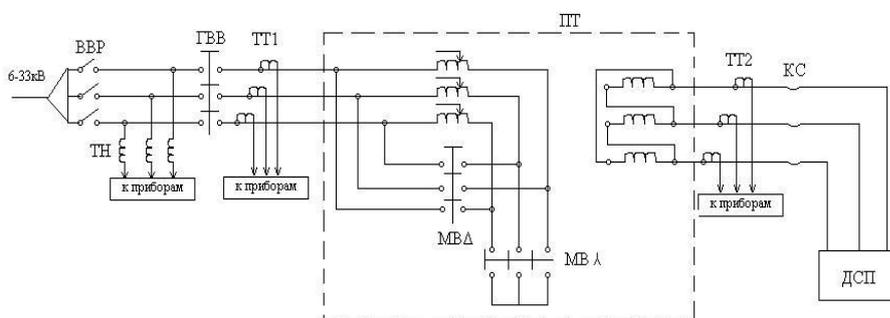
3. Трансформатор напряжения и трансформаторы тока (ТН и ТТ) необходимы для понижения напряжения и тока. После них включают измерительные приборы.

4. Печной трансформатор (ПТ) необходим для преобразования высокого напряжения в низкое (с 6–10 кВ до 100–800 В). Обмотки высокого и низкого напряжения и магнитопроводы, на которых они помещены, располагаются в баке с маслом, служащим для охлаждения обмоток. Охлаждение создается принудительным перекачиванием масла из

трансформаторного кожуха в бак теплообменника, в котором масло охлаждается водой. Трансформатор устанавливают рядом с электропечью в специальном помещении. Он имеет устройство, позволяющее переключать обмотки по ступеням и таким образом ступенчато регулировать подаваемое в печь напряжение.

5. При переключении масляных выключателей (МВ) можно изменить подаваемую в печь мощность в 3 раза.

6. Участок электрической сети от трансформатора до электродов называется короткой сетью. Выходящие из стены трансформаторной подстанции медные водоохлаждаемые трубы при помощи гибких, водоохлаждаемых кабелей подают напряжение на электрододержатель. Гибкие кабели соединяются с медными водоохлаждаемыми трубами, установленными на рукавах электрододержателей. Трубы непосредственно присоединены к головке электрододержателя, зажимающей электрод.



ПТ – печной трансформатор; ВВР – высоковольтный разъединитель;

ГВВ – главный высоковольтный выключатель;

ТН – трансформатор напряжения; ТТ<sub>1</sub> и ТТ<sub>2</sub> – трансформаторы тока;

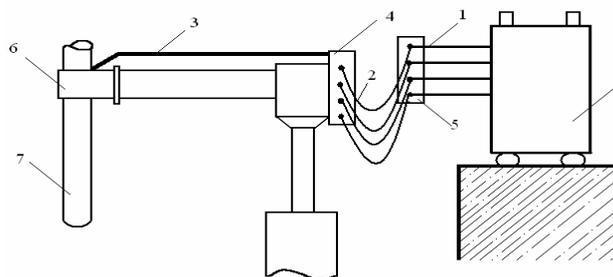
ШМВ – шунтирующий масляный выключатель;

МВΔ, МВ – масляные выключатели; КС – короткая сеть

Рисунок 13 – Схема электроснабжения ДСП

### 1.6.13 Устройство короткой сети

Короткая сеть это токоподвод от трансформатора до головки электрододержателя (рисунок 14). Включает в себя шины, идущие от трансформатора через стены трансформаторного отделения, гибкие кабели от стены до рукава электрододержателя и шины или водоохлаждаемые трубы над рукавом электрододержателя.



- 1 – жесткая часть токоподвода; 2 – гибкая часть токоподвода;  
3 – токоподводящие трубы; 4 – подвижный башмак; 5 – неподвижный башмак;  
6 – головка электрододержателя; 7 – электрод; 8 – трансформатор

Рисунок 14 – Короткая сеть

Жесткий участок токоподвода выполняется медными трубами с водяным охлаждением.

Гибкую часть короткой сети изготавливают из медных водоохлаждаемых кабелей. Длина гибкого участка должна обеспечивать возможность наклона печи и подъема и опускание электрода.

Токоподводящие трубы от подвижного башмака к электроду изготавливают из меди, внутри они водоохлаждаемые.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Технико-экономическое обоснование проекта реконструкции ЭСПЦ

Реконструируемый ЭСПЦ расположен в городе Юрга на территории ООО «Юргинский машзавод». Цех № 15 на данный момент времени законсервирован. В связи с этим реконструкция цеха является актуальной. На пустующих площадях можно разместить оборудование, в данной работе предложен вариант установки ДСП-25. Производительность цеха составит 150 тыс. тонн стали в год. Также устанавливаю в цехе АКОС, вакуум-камеру и МНЛЗ.

### 4.2 Расчёт капитальных вложений в основные фонды при реконструкции ЭСПЦ

Таблица 27 – Капитальные вложения для реконструкцию цеха

| Наименование                              | Количество единиц | Цена единицы, руб [16] | Полная стоимость, руб |
|---|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. Сооружения                             |                   |                        |                       |
| Трансформаторная                          | 1                 | 147554627              | 147554627             |
| Газоочистное                              | 1                 | 188325050              | 188325050             |
| Прочее                                    |                   |                        | 250500000             |
| Всего по сооружениям                      |                   |                        | 586379677             |
| 2. Рабочее и вспомогательное оборудование |                   |                        |                       |
| ДСП-25                                    | 1                 | 259194094              | 259194094             |
| АКОС                                      | 1                 | 84234568               | 84234568              |
| Вакууматор                                | 1                 | 31000000               | 31000000              |
| МНЛЗ сортовая                             | 1                 | 1 335 153 440          | 1335153440            |
| Стальковш                                 | 5                 | 244820                 | 1224100               |
| Шлаковая чаша                             | 4                 | 170000                 | 680000                |
| Бадья завалочная                          | 2                 | 182466                 | 364932                |
| Промковш                                  | 3                 | 438673                 | 1316019               |
| Сталевоз                                  | 2                 | 544196                 | 1088392               |
| Участок шиберных затворов                 | 1                 | 2450000                | 2450000               |
| Пдлощадка обслуживания и стенды ремонта   | –                 | 5765000                | 5765000               |
| Прочее                                    |                   |                        | 1000000               |
| Всего по оборудованию                     |                   |                        | 1723470545            |
| МНЛЗ сортовая                             | 1                 | 1 335 153 440          | 1335153440            |

Продолжение таблицы 27

|                                 |   |         |            |
|---------------------------------|---|---------|------------|
| Стальковш                       | 5 | 244820  | 1224100    |
| Шлаковая чаша                   | 4 | 170000  | 680000     |
| 3. Крановое оборудование        |   |         |            |
| Кран 50/10                      | 6 | 6500000 | 39000000   |
| Кран 30т                        | 2 | 1900000 | 3800000    |
| Всего по крановому оборудованию |   |         | 42800000   |
| Всего                           |   |         | 2352650222 |

Капитальные вложения для реконструкции цеха составят:

$$KB = 2352650222 \cdot 1,17 = 2752600760 \text{ руб.}, \quad (130)$$

где 1,17 – коэффициент дополнительных расходов на оборудование.

### 4.3 Расчет производственной мощности

Выплавку стали рассчитываю исходя из суточной производительности и фактического времени работы ДСП.

Суточная производительность печи определяется:

$$N_{\text{сут.}} = 24 \cdot K \cdot Q_{\text{пл}} / t_{\text{пл}}, \quad (131)$$

где  $Q_{\text{пл}}$  – масса плавки, т ( $Q_{\text{пл}} = 25$  т);

$t_{\text{пл}}$  – длительность плавки, мин ( $t_{\text{пл}} = 1$  час, по результатам расчетов);

$K$  – коэффициент выхода годной стали ( $K = 95$  %, по результатам расчета баланса по цеху).

$$N_{\text{сут.}} = 24 \cdot 0,95 \cdot 25 / 1 = 570 \text{ т.}$$

Годовое производство стали  $V_{\text{г}}$ :

$$V_{\text{год}} = N_{\text{сут.}} \cdot n \cdot T_{\text{ф.}}, \quad (132)$$

где  $T_{\text{ф}}$  – фактическое время работы электропечи, сутки, ( $T_{\text{ф}} = 339$ )

$n$  – количество печей в цехе.

$$V_{\text{год}} = 570 \cdot 1 \cdot 339 = 193230 \text{ т.}$$

Производственная мощность цеха (с учётом коэффициента использования мощности  $K_{\text{и.м.}} = 0,92$ ) составляет:

$$M = V_{\text{г}} / K_{\text{и.м.}} = 193230 / 0,92 = 210032,6 \text{ т./год.}$$

Таблица 28 – Производственно-технические показатели объектов проекта

| Показатели                                    | Индекс            | Проектные данные |
|---|-------------------|------------------|
| Мощность трансформатора, МВА                  | W                 | 20               |
| Масса садки, т                                | Q <sub>с</sub>    | 25               |
| Баланс времени, сут:<br>– капитальные простои | T <sub>к.п.</sub> | 10               |
| – холодные ремонты                            | T <sub>х.р.</sub> | 6                |
| – горячие ремонты                             | T <sub>г.р.</sub> | 10               |
| – фактическое время работы                    | T <sub>ф</sub>    | 339              |
| – календарное время                           | T <sub>к</sub>    | 365              |
| Длительность плавки, ч                        | T <sub>пл</sub>   | 1                |
| Количество плавов в фактические сутки, шт     | n <sub>пл</sub>   | 23               |
| Суточная производительность цеха, т/сут       | N <sub>сут</sub>  | 570              |
| Годовая производительность, т/год             | V <sub>г</sub>    | 193230           |
| Производственная мощность цеха, т/год         | P <sub>м</sub>    | 210032,6         |

## 4.4 Расчет затрат на основные и вспомогательные материалы

Таблица 29 – Затраты на материалы на одну тонну стали

| Статья затрат             | Проектный вариант  |                    |              |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------|
|                           | Норма расхода, т/т | Цена за 1т, руб./т | Сумма, руб/т |
| 1 По заданию:             |                    |                    |              |
| Стальной лом              | 0,982              | 7500               | 7365         |
| Ферросилиций ФС75         | 0,0216             | 95000              | 2052         |
| Феррохром ФХ 800          | 0,0104             | 67020              | 697,01       |
| Силикомарганец СМн20      | 0,0109             | 71400              | 778,26       |
| Алюминий                  | 0,00057            | 79555              | 45,35        |
| Итого металлической шихты | 1,02547            |                    | 10937,62     |
| 2 Добавочные материалы:   |                    |                    |              |
| Железная руда             | 0,0265             | 1828               | 48,44        |
| Известь                   | 0,0683             | 1219               | 83,26        |
| Шамот                     | 0,0082             | 4752               | 38,97        |
| Плавиновый шпат           | 0,0082             | 7433               | 60,95        |
| Кварцит                   | 0,0084             | 9748               | 81,88        |
| Кокс                      | 0,0082             | 9139               | 74,94        |
| Итого                     | 0,1278             |                    | 388,44       |
| Всего затрат              | 1,15327            |                    | 11326,06     |

#### 4.4.1 Расчёт затрат на теплоэнергоресурсы

Все цены указаны с учетом НДС.

Рассчитываем стоимость электроэнергии на выплавку 1 тонны стали:

$$\mathcal{E}_{\text{тс}} = \frac{S_n \cdot k \cdot C_э}{M_c}, \quad (133)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{тс}}$  – стоимость электроэнергии, руб/т;

$S_n$  – мощность трансформатора, 20000 кВА;

$k$  – коэффициент использования трансформатора,  $k = 0,815$ ;

$C_э$  – стоимость 1 кВт электроэнергии,  $C_э = 3,50$  руб/кВт;

$M_c$  – масса садки,  $M_c = 25$  т.

Затраты на остальные ресурсы приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Стоимость тепло- и энергоресурсов на производство одной тонны продукции

| Наименование статьи затрат       | Цена за единицу. Руб./ед | Норма расхода, ед./т [раздел 2.1] | Сумма, руб./т |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Кислород, кг                     | 12,20                    | 17,2                              | 209,84        |
| Сжатый воздух, м <sup>3</sup>    | 108,5                    | 0,95                              | 103,075       |
| Вода техническая, м <sup>3</sup> | 3,4                      | 85,0                              | 289           |
| Аргон, м <sup>3</sup>            | 146                      | 5                                 | 730           |
| Итого                            |                          |                                   | 3613,92       |

#### 4.5 Расчёт штата работников и заработной платы

Таблица 31 – Штатное расписание рабочего персонала

| Профессия            | Тарифный разряд | Смены |    |     |         |        | Резерв на невыход | Списочный штат |
|----------------------|-----------------|-------|----|-----|---------|--------|-------------------|----------------|
|                      |                 | I     | II | III | подмена | Отпуск |                   |                |
| 1 Шихтовое отделение |                 |       |    |     |         |        |                   |                |
| Шихтовщик            | 3               | 1     | 1  | 1   | 1       | 1      | 1                 | 6              |
| Крановщик            | 5               | 1     | 1  | 1   | 1       | 1      | 1                 | 6              |
| Ремонтный персонал   | 5               | 2     | 2  | 2   | 1       | 1      | 1                 | 9              |
| Термист              | 3               | 1     | 1  | 1   | 1       | 1      | 1                 | 6              |

Продолжение таблицы 31

|                               |   |   |   |   |   |   |   |     |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| Мастер                        |   | 1 | 1 | 1 |   |   |   | 3   |
| Итого                         |   |   |   |   |   |   |   | 30  |
| 2 Сталеплавильный участок     |   |   |   |   |   |   |   |     |
| Сталевар                      | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| I подручный                   | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| II подручный                  | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| III подручный                 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| Крановщик                     | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| Пультовщик                    | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| Каменщик-огнеупорщик          | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Мастер                        |   | 1 | 1 | 1 |   |   |   | 3   |
| Итого                         |   |   |   |   |   |   |   | 48  |
| 3 Участок внепечной обработки |   |   |   |   |   |   |   |     |
| Оператор                      | 6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Ремонтный персонал            | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Крановщик                     | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Мастер                        |   | 1 | 1 | 1 |   |   |   | 3   |
| Итого                         |   |   |   |   |   |   |   | 30  |
| 4 Участок разливки            |   |   |   |   |   |   |   |     |
| Оператор                      | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| Крановщик                     | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6   |
| Ремонтный персонал            | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Разливщик                     | 6 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9   |
| Итого                         |   |   |   |   |   |   |   | 30  |
| Всего по цеху                 |   |   |   |   |   |   |   | 138 |

Таблица 32 – Штатное расписание для ИТР и служащих

| Должность                                   | Численность |
|---|-------------|
| Начальник цеха                              | 1           |
| Заместитель начальника цеха по производству | 1           |
| Заместитель начальника цеха по оборудованию | 1           |
| Экономист                                   | 1           |
| Бухгалтер                                   | 1           |
| Начальник БТиЗ                              | 1           |
| Начальник ОТК                               | 1           |
| Электрик цеха                               | 2           |
| Механик цеха                                | 2           |
| Технолог                                    | 2           |
| Старший мастер                              | 1           |
| Референт                                    | 1           |
| Табельщик                                   | 1           |

Таблица 33 – Тарифные ставки по разрядам

| Тарифная ставка | Разряд |       |      |       |       |       |
|-----------------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
|                 | 3      | 4     | 5    | 6     | 7     | 8     |
|                 | 45,15  | 51,01 | 58,5 | 67,97 | 75,61 | 87,06 |

Расчет месячного заработка рабочего выполняется по данным:

- отработано: 176 ч/мес;
- премия (от зараб. платы): 40 %;
- вечерних (доплата 20 %): 40 ч/мес;
- ночных (доплата 20 %): 40 ч/мес;
- праздничных (от заработанной платы 50 %): 8 ч/мес;
- доплата за стаж (от зараб. платы): 80 %;
- доплата за вредность 24 %.

Расчет фонда заработной платы в 1 час рассчитывается по проекту на персонал производственных рабочих по средней тарифной ставке:

$$T_{\text{ср.ст}} = (T_{4p} \cdot Ч_{4p} + T_{5p} \cdot Ч_{5p} + T_{6p} \cdot Ч_{6p} + T_{7p} \cdot Ч_{7p}) / Ч_{\text{общ.сп}}, \quad (134)$$

где  $T_{4p}$ ,  $T_{5p}$ ,  $T_{6p}$ ,  $T_{7p}$ ,  $T_{8p}$  – тарифные ставки 4, 5, 6, 7-го разряда соответственно;

$Ч_{4p}$ ,  $Ч_{5p}$ ,  $Ч_{6p}$ ,  $Ч_{7p}$ ,  $Ч_{8p}$  – численность работников 4, 5, 6, 7-го разряда соответственно;

$Ч_{\text{общ.сп}}$  – общесписочная численность рабочих.

$$T_{\text{ср.ст}} = 40 \cdot 92 + 45 \cdot 56 + 50 \cdot 154 + 55 \cdot 26 + 60 \cdot 10 / 138 = 63,09 \text{ руб/ч.}$$

Месячный заработок рабочего:

$$\begin{aligned} Z_{\text{т.}} &= 63,09 \cdot 138 = 8706,42 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{прем.}} &= 0,4 \cdot 8706,42 = 3482,57 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{веч.}} &= 0,2 \cdot 40 \cdot 63,09 = 504,72 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{ноч.}} &= 0,2 \cdot 40 \cdot 63,09 = 504,72 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{празд.}} &= 0,5 \cdot 8 \cdot 63,09 = 252,36 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{стаж.}} &= 0,8 \cdot 8706,42 = 6965,14 \text{ руб/мес.}; \\ Z_{\text{вред.}} &= 0,24 \cdot 176 \cdot 63,09 = 2665 \text{ руб/мес.} \end{aligned}$$

Основная заработная плата без начисления районного коэффициента определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{осн}} &= \text{З}_{\text{т}} + \text{З}_{\text{прем.}} + \text{З}_{\text{веч.}} + \text{З}_{\text{ноч}} + \text{З}_{\text{празд.}} + \text{З}_{\text{стаж}} + \text{З}_{\text{вред.}}; & (135) \\ \text{ЗП}_{\text{осн}} &= 8706,42 + 3482,57 + 504,72 + 504,72 + 252,36 + 696,14 + 2665 = \\ &= 23080,93 \text{ руб./мес.} \end{aligned}$$

Заработная плата с учётом районного коэффициента определяется по формуле:

$$\text{ЗП}_{\text{мес}} = \text{ЗП}_{\text{осн}} \cdot K_p, \quad (136)$$

где  $K_p$  – районный коэффициент (30% к начисленной заработной плате).

$$\text{ЗП}_{\text{мес}} = 23080,93 \cdot 1,30 = 30005,21 \text{ руб./мес.}$$

Основной фонд оплаты труда рабочих составит:

$$\text{ОФОТ}_{\text{раб}} = 30005,21 \cdot 138 = 4140719 \text{ руб./мес.},$$

где 138 – численность рабочих.

Зарплата управленческого персонала и специалистов составляет 20% от фонда заработной платы рабочих. Основной фонд оплаты труда управленческого персонала и специалистов составит:

$$\text{ОФОТ}_{\text{рук}} = 4140719 \cdot 0,20 = 828144 \text{ руб./мес.}$$

Таким образом, получаем среднемесячную заработную плату ИТР равной:

$$\frac{828144}{16} = 51759 \text{ руб./мес.}$$

Фонд заработной платы ( $\text{ФЗП}_{\text{год}}$ ) на всех рабочих за год составит:

$$\text{ФЗП}_{\text{год}} = (4140719 + 51759) \cdot 12 = 50309736 \text{ руб./год.}$$

Затраты по ЗП на 1 тонну стали составляют:

$$\text{З}_{\text{зп}} = \frac{\text{ФЗП}_{\text{год}}}{B_r}, \quad (137)$$

$$\text{З}_{\text{зп}} = \frac{50309736}{193230} = 260,36 \text{ руб./т.}$$

Затраты на социальное страхование  $\text{З}_{\text{стр}}$  в месяц составляют 30 % ФЗП в месяц:

$$Z_{\text{стр}} = \frac{50309736 \cdot 0,34}{193230} = 78,11 \text{руб/т.}$$

#### 4.6 Расчет себестоимости 1 тонны стали

Полная себестоимость 1 тонны стали:

$$C_{\text{п}} = (\mathcal{E}_{\text{общ.}} + \mathcal{E}_{\text{перем.}} + Z_{\text{стр.}} + Z_{\text{зп.}}) \cdot 1,6, \quad (138)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{общ.}}$  – общие затраты на тепло- и энергоресурсы,

$\mathcal{E}_{\text{перем.}}$  – общие затраты на основные и вспомогательные материалы,

$Z_{\text{стр.}}$  – затраты на социальное страхование,

$Z_{\text{зп.}}$  – заработная плата за выплавку 1 т стали,

1,6 – коэффициент, учитывающий общезаводские и коммерческие расходы.

$$C_{\text{п}} = (3613 + 11326,06 + 78,11 + 260,36) \cdot 1,6 = 24446 \text{руб./т.}$$

#### 4.7 Расчёт проектных технико-экономических показателей цеха

Срок окупаемости капитальных вложений представляет собой период времени, в течение которого капитальные вложения на создание и внедрение новой техники возмещаются за счёт дополнительной или абсолютной прибыли от реализации новой техники.

Оптовая цена товарной продукции:

$$\text{Ц}_{\text{с}} = \text{ПС}_{\text{пр}} \cdot K_{\text{нп}}, \quad (139)$$

где  $\text{ПС}_{\text{пр}}$  – себестоимость 1 тонны стали, руб/т,

$K_{\text{нп}}$  – коэффициент, учитывающий нормативную рентабельность, ( $K_{\text{нп}} = 1,35$ ).

$$\text{Ц}_{\text{с}} = 24446 \cdot 1,35 = 33002,1.$$

Валовая прибыль ( $\text{П}_{\text{р}}$ ):

$$\text{П}_{\text{р}} = (\text{Ц}_{\text{с}} - C_{\text{п}}) \cdot V_{\text{г}}, \quad (140)$$

где  $C_{\text{п}}$  – себестоимость 1 тонны стали, руб./т;

$V_r$  – фактическая годовая производительность стали по цеху, т/год;

$C_c$  – средняя цена сортамента стали за 1 тонну.

$$P_p = (33002,1 - 24446) \cdot 193230 = 1653295203 \text{ руб./год.}$$

Налог на прибыль ( $H_{пр}$ ):

$$H_{пр} = P_p \cdot 20 / 100; \quad (141)$$

$$H_{пр} = 1653295203 \cdot 20 / 100 = 330659041 \text{ руб.}$$

Налог на имущество ( $H_{им}$ ):

$$H_{им} = KB \cdot CT_{им} / 100; \quad (142)$$

$$H_{им} = 2752600760 \cdot 2,2 / 100 = 60557217 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль ( $Pr_{чист}$ )

$$Pr_{чист} = P_p - H_{пр} - H_{им}. \quad (143)$$

$$Pr_{чист} = 1653295203 - 330659041 - 60557217 = 1262078945 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяем по формуле:

$$T_{ок} = KB / Pr_{чист}, \quad (144)$$

$$T_{ок} = 2752600760 / 1262078945 = 2,2 \text{ года.}$$

Из расчётов видно реконструкция цеха экономически целесообразна.

Технико-экономические показатели представлены на листе-плакате.