



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлургия и литейное производство»

В. А. Жаранов

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое
производство и материалобработка (по направлениям)»
специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
направления 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия
черных и цветных металлов»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2014

УДК 669.18.(075.8)
ББК 34.3я73
Ж34

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 11 от 24.12.2013 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. ГГТУ им. П. О. Сухого *Г. В. Петришин*

Жаранов, В. А.
Ж34 Расчет и проектирование электропечей : учеб-метод. пособие по выполнению курсового проектирования студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» направления 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов» днев. и заоч. форм обучения / В. А. Жаранов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 67 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены задания, теоретические сведения и общие требования к выполнению курсового проекта.

Для студентов металлургических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 669.18(075.8)
ББК 34.3я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	4
2. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	5
3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	9
4. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	10
4.1 Графическая часть проекта.....	10
4.2 Расчетно-пояснительная записка	15
4.3 Защита курсового проекта	18
ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А - ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б - ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	26
ПРИЛОЖЕНИЕ В – ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	60

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время в металлургической промышленности работает множество разнообразных конструкций и типов печей, предназначенных для различных технологических процессов. Вопросы организации и качества строительства и особенно ремонтов (замена или восстановление изношенных узлов и элементов печей) очень актуальны и служат основой нормального производственного процесса. Систематические и своевременные ремонты обеспечивают существенное продление срока работы печи, повышает технико-экономические показатели печных агрегатов.

Курсовой проект по расчету и проектированию электропечей является одним из основных этапов подготовки инженера по специальности 1–42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка».

Курсовой проект закрепляет и углубляет знания, приобретенные студентами при изучении специальных курсов: «Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика», «Общая металлургия», «Теория металлургических процессов», завершая подготовку студента в области проектирования печей металлургического производства. Проект является самостоятельной работой по практическому применению полученных знаний при проектировании параметров электропечей, применяемых в металлургическом производстве.

Работа над проектом помогает систематизировать, расширить и углубить знания не только непосредственно по курсу, но и за весь предшествующий период обучения, и подготавливает студента к выполнению дипломного проекта. Знания, приобретаемые при выполнении курсового проекта, окажутся необходимыми при дальнейшей практической деятельности в качестве инженера, специалиста в области металлургического производства.

Работая над проектом, студент должен критически анализировать существующие схемы конструкций металлургических агрегатов, использовать современные технологии при проектировании, разрабатывать более совершенную, экономичную и рациональную технику.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект представляет собой комплексную работу, включающую расчетно-теоретические, конструкторские, технологические и технико-экономические задачи, связанные с проектированием электропечей.

Разработки по теме проекта должны быть реальными и применимы к практическому использованию. Целесообразно выполнение проектов с элементами научно-исследовательского характера.

Общие требования к печам:

- достаточно высокая тепловая мощность, обеспечивающая данную производительность;
- в рабочем пространстве печи должны быть достигнуты необходимые температуры, соответствующие технологическому режиму;
- высокая удельная производительность, высокое качество продукции при заданной производительности;
- наибольшая экономичность, легкость и простота обслуживания;
- наибольшая продолжительность работы без ремонтов, т. е. высокая стойкость огнеупорной кладки;
- печь должна быть автоматизированным тепловым агрегатом.

Задание на курсовое проектирование составляется руководителем проекта и содержит название темы, развернутое её содержание, объём проекта, его специальный раздел, содержание графического материала.

В курсовом проекте студенту может быть предложено проектирование электропечей различных типов с детальной проработкой вопросов конструктивной прочности, тепловой стойкости элементов охлаждения, интенсификации плавильных процессов, технологии выплавки специальных сплавов.

Курсовой проект предусматривает этапы проектирования:

- анализ типа печи предложенного в задании;
- выбор и обоснование основных элементов конструкции печи, технологии плавки и др. параметров проектируемого агрегата (для реализации этого этапа проектирования целесообразно использовать дополнительные источники информации: патентный поиск, реферативные журналы, научно-технические публикации);
- расчеты и эскизную проработку геометрических параметров проектируемой печи;

- расчеты энергетических составляющих металлургических процессов в электропечи, составление энергетического баланса;
- расчеты тепловых процессов, составление теплового баланса, разработка системы принудительного охлаждения элементов конструкции печи (при необходимости), выбор и обоснование материалов для изготовления футеровки;
- расчет электрических параметров печи, проработка вопросов автоматизации процессов;
- разработку общего вида печи, определение порядка ведения монтажных работ.

В порядке исключения темой курсового проекта может быть выбрана подробная разработка элементов конструкторской документации и других частей проекта электропечей, требующая проведения студентом специальной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы в плане научно-исследовательских и учебно-методических работ, проводимых выпускающей кафедрой.

Примерный список тем для курсового проектирования.

1. Спроектировать дуговую сталеплавильную печь переменного тока емкостью (12, 25, 50, 75, 100, 120, 150, 200, 250 т) (Варианты 1–9).

2. Спроектировать дуговую печь постоянного тока емкостью (10, 15, 20, 25, 30 т). (Варианты 10–14).

3. Спроектировать нагревательную печь непрерывного действия для нагрева заготовок перед прокаткой производительностью (10, 20, 40, 60, 85 т.) (Варианты 15–19).

4. Спроектировать комплекс печей для работы по дуплекс процессу с применением следующих типов печей (в скобках указаны емкости в тоннах):

Индукционная промышленной частоты (3, 6, 7, 5, 10, 12) – индукционная канальная печь (10, 15, 20, 25, 30) (Варианты 20–24).

Дуговая переменного тока (1, 5, 2, 3, 5, 6) – индукционная канальная печь (10, 15, 20, 25, 30) (Варианты 25–29).

5. Спроектировать печь сопротивления для термообработки заготовок емкостью (1, 2, 3, 6, 10 т.) (Варианты 30–34).

6. Спроектировать индукционную вакуумную печь емкостью (0.5, 0.75, 1.25, 1.5, 1.75, 2.00 т) (Варианты 35–40).

Порядок определения задания на проектирование по вариантам:

Емкость печи (по варианту) = Исходная емкость • ((100 %) + (2 последние цифры года)% – (5 % для заочного отделения) + (7,5 % для дневного)).

Пример

1 Исходная емкость по варианту 100 т (группа МЛ – дневное отделение) год 2013:

$$100\text{т} \cdot (100 \% + 13 \% + 7,5 \%) = 120,5 \text{ т.}$$

2 Исходная емкость по варианту 50 т (группа ЗМЛ – заочное отделение) год 2015:

$$50\text{т} * 1(100 \% + 15 \% - 5 \%) = 60,0 \text{ т.}$$

Специальная часть проекта - Снижение тепловых потерь при отводе дымовых газов из дуговых сталеплавильных печей

Специальная часть проекта
1. Схема производства электродов
2. Индукционные печи
3. Повышение стойкости футеровки за счет использования высококачественных огнеупорных материалов
4. Теплообмен в рабочем пространстве дуговых сталеплавильных печей
5. Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока
6. Способы улавливания и отвода печных газов
7. Механизмы зажима и перемещения электродов
8. Влияние геометрии рабочего пространства на стойкость футеровки
9. Схемы выпуска металла из дуговой сталеплавильной печи
10. Назначение и виды экономайзеров дуговых сталеплавильных печей
11. Электромагнитное перемешивание металла
12. Пути повышения стойкости электродов
13. Современное состояние и перспективы развития электрометаллургии стали
14. Шлакоплавильные печи
15. Схемы загрузки дуговых электроплавильных печей
16. Снижение тепловых потерь при отводе дымовых газов из дуговых сталеплавильных печей
17. Механическое оборудование дуговых сталеплавильных печей
18. Особенности конструктивного исполнения сверхмощных дуговых сталеплавильных печей
19. Электрическая схема дуговых сталеплавильных печей
20. Использование вакуума в металлургии
21. Короткая сеть
22. Индукционные печи
23. Вакуумные дуговые печи
24. Способы улавливания и отвода дымовых газов
25. Влияние геометрии рабочего пространства на стойкость футеровки
26. Схемы загрузки дуговых электроплавильных печей
27. Вакуумные индукционные печи
28. Механическое оборудование дуговых сталеплавильных печей

29.Короткая сеть
30.Повышение стойкости футеровки за счет использования высококачественных огнеупорных материалов
31.Уплотнители электродных отверстий
32.Шлакоплавильные печи
33.Интенсификация электроплавки топливно-кислородными горелками
34.Пути повышения стойкости электродов
35.Печи электрошлакового переплава
36.Снижение тепловых потерь при отводе дымовых газов из дуговых сталеплавильных печей
37.Повышение стойкости футеровки за счет применения водоохлаждаемых элементов
38.Механизмы зажима и перемещения электродов
39.Электромагнитное перемешивание металла
40.Схема производства электродов
41.Назначение и виды экономайзеров дуговых сталеплавильных печей
42.Особенности конструктивного исполнения сверхмощных дуговых сталеплавильных печей
43.Физические процессы, происходящие в электрической дуге
44.Электрический режим работы дуговой сталеплавильной печи и его регулирование
45.Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока

3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Задание на курсовой проект выдается кафедрой на бланке в течение первых двух недель семестра.

В бланке задания указывается тема проекта, объём и содержание основных этапов разработки, и сроки заполнения.

Задание подписывается руководителем курсового проекта и утверждается заведующим кафедрой.

Задание на курсовой проект должно быть разработано так, чтобы студент проявил максимум инициативы и самостоятельности при его выполнении.

Курсовой проект выполняется в установленные графиком сроки, представленные материалы должны быть выполнены с совладением всех положений, установленных единой системой конструкторской и технологической документации (ЕСКД, ЕСТД).

Курсовой проект является самостоятельной работой студента, поэтому руководитель или консультант не должны выбирать или подсказывать ему технические решения. Они могут ознакомить его с возможными вариантами решений, методами расчёта, имеющимися техническими возможностями на момент проектирования. Студент полностью отвечает за принятые решения, правильность выполнения расчётов, и литературное изложение пояснительной записки. Особое внимание он должен уделить технико-экономическому обоснованию принимаемых решений с учётом экологии и техники безопасности.

4. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен быть представлен чертежами на 5 листах формата А1 (допускается с целью повышения информативности чертежей использовать совмещение на форматах А0) по ГОСТ 2.301–68 и расчетно-пояснительной запиской, включающей описание всех этапов работы, в объеме не более 50 страниц, включая приложения. Текстовый материал должен быть оформлен в соответствии с правилами оформления текстовых документов, установленными ГОСТ 2.105–95.

4.1 Графическая часть проекта

Графическая часть проекта иллюстрирует результаты работы и выполняется карандашом черного цвета или с использованием средств ЭВМ (плоттеров и принтеров) на листах ватмана формата А1 (594x841 мм). Общее число графических листов - 8-9. Форматы и масштабы изображений, и их обозначение на чертежах установлены ГОСТ 2.301-68* ГОСТ 2.302-68*.

Формат	Размеры сторон, мм
А0	841x1189
А1	594x841
А2	420x594

При выполнении чертежей, схем, диаграмм и тому подобного небольших размеров и при необходимости совмещения их на одном листе допускается формат А1 делить в любой комбинации на форматы:

- А2 (420 х 594 мм);
- А3 (297 х 420 мм);
- А4 (210 х 297 мм).

При этом формат А1 не разрезается, а основные надписи на выделенных форматах выполняются на каждом выделенном формате. На форматах А4 основная надпись может размещаться только вдоль короткой стороны.

Допускается использование дополнительных форматов, образуемых увеличением сторон основных форматов на величину, кратную размерам формата А4 согласно ГОСТ 2.301-68*

Все надписи на схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Масштабы и степень детализации графического материала выбираются из условия целесообразности. На каждом листе графический материал следует располагать равномерно по всей площади так, чтобы в среднем было заполнено 70-80% общей площади листа.

Не допускается выполнение чертежей в необоснованно крупном масштабе или размещении их на большом формате с недостаточной заполненностью пространства.

Не рекомендуется принимать мелкие масштабы и большую скученность графических изображений, при которых страдает наглядность чертежа.

Графические разработки проекта должны отражать результаты работы, выполненной студентом или при его значительном участии. Не допускается предъявление чертежей, которые не содержат результатов работы студента, за исключением тех, на которых далее будет представлены предлагаемые изменения, разрабатываемые в проекте.

Чертежи должны быть выполнены чисто и аккуратно. В тех случаях, когда информация об изделии (схеме) невозможно или нецелесообразно выразить в виде изображения или условными обозначениями, в графической части проекта включают текстовую часть, надписи и таблицы (ГОСТ 2.316-68). Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. Текст на поле чертежа, таблицы и надписи, связанные непосредственно с изображением, располагают параллельно основной надписи. Текстовая часть состоит из технических требования и технических характеристик. Между текстовой частью и основной надписью не должно быть изображений таблиц и тому подобного.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру сведения: требования к настройке и регулировки изделия; условия и методы испытаний; особые условия эксплуатации; ссылки на другие документы и тому подобное. Заголовок «Технические требования» пишут только в том случае, если на чертеже приводится техническая характеристика изделия. Заголовок не подчеркивается.

Техническую характеристику размещают отдельно от технических требований на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». Заголовок не подчеркивается.

Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски или под ней.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов (таблице). Таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его. При этом связь перечня с

условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Каждый чертеж должен иметь основную надпись, расположенную в правом нижнем углу формата. Формы, размеры и содержание основной надписи определены ГОСТ 2.104-68 и должны соответствовать нормам принятым в университете. Пример оформления основной надписи приведён в Приложении Н.

В графы, номера которых проставлены в Приложения Н вписываются:

- в графе (1) – формулировка темы проекта;
- в графе (2) – курсовой проект;
- в графе (3) – обозначение документа, например, МЛ – 14 – 00.00. СБ,

где первые два знака - шифр специальности; вторые два знака – год разработки (последние две цифры); третьи два знака – обозначение типа чертежа (например: ПЛ- планировка, СБ-сборочный, СХ-схема, МЧ-монтажный чертеж, ИЛ-иллюстрация и т.д.); четвертые два знака – номер сборочной единицы; последние два знака – вид и тип схемы (например: Э4 – схема электрическая монтажная).

Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Действительное пространственное расположение составных частей не учитывается или учитывается приблизительно.

Графическое обозначение элементов схемы и соединяющих их линий следует располагать так, чтобы обеспечивалось наилучшее представление о структуре установок и взаимодействие её основных элементов. Расстояние между двумя соседними линиями графического изображения должно быть не менее 1 мм. Расстояние между параллельными линиями должно быть не менее 3 мм. Расстояние между отдельными условными графическими изображениями должно быть не менее 2 мм.

Условное графическое изображение элементов схем устанавливаются ЕСКД. Могут использоваться изображения в виде упрощённых внешних очертаний элементов схем.

При необходимости возможно применение нестандартизованные условные графические обозначения и упрощённые внешние очертания. При этом на схемах необходимо привести принятые условные обозначения и дать соответствующие пояснения.

Размеры некоторых условных графических обозначений устанавливаются стандартами. Толщина линий должна быть одинаковой на всех схемах. Размеры графических обозначений допускается изменить пропорционально.

Линии связи выполняются толщиной от 0,2 до 1,0 мм, в зависимости от формата листов и размеров графических обозначений. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь минимальное число изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные линии связи. Линии связи должны вычерчиваться полностью.

Данные об элементах, изображённых на схеме, записывают в перечень элементов. Связь между условными графическими обозначениями и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень элементов схемы помещается на первом листе схемы или выполняется в виде самостоятельного документа (таблицы). При оформлении таблицы ей присваивается код, состоящий из буквы «П» и кода схемы. Например, ПЭЗ – код схемы принципиальной электрической. Таблицу заполняют сверху вниз и она имеет следующие данные:

- в графе «порядковый номер» – номер элемента схемы в таблице;
- в графе «позиционное обозначение» – позиционное обозначение элемента схемы;
- в графе «наименование» – наименование элемента схемы;
- в графе «количество» – число одинаковых элементов;
- в графе «примечание» – технические данные элемента схемы, не содержащиеся в его наименовании.

На схемах допускается помещать различные технические данные, которые указывают либо около графических обозначений, либо на свободном поле схемы.

Текстовые данные приводят в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически. Содержание текста должно быть кратким и точным, но без сокращений за исключением общепринятых.

На принципиальных схемах изображают все элементы, необходимые для осуществления в схеме заданных электрических процессов. Схемы вычерчивают для элементов, находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы вычерчивать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого вычерчены эти элементы схемы.

Каждый элемент или устройство, имеющие самостоятельную принципиальную схему, должны иметь позиционное двухбуквенное кодовое обозначение (табл. 1) в соответствии с ГОСТ 2.710–81.

В общем случае обозначение состоит из трёх частей, определяющих вид элемента. Его номер и выполняемую функцию. Первые две являются обязательными составляющими обозначения. Например, LRK – реактор токоограничивающий, межсекционный.

Порядковые номера элементам следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, Q1, Q2, Q3, в соответствии с последовательностью их расположения на схеме сверху вниз и слева направо. Позиционные обозначения проставляют рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или под ними.

При изображении на схеме элемента «разнесённым» способом позиционное обозначение элемента проставляется около каждой составной части.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав установки и изображённые на схеме. При выполнении схемы на неполных листах должны выполняться следующие требования:

- нумерация позиционных обозначений элементов должна быть сквозной в пределах установка;
- перечень элементов должен быть общим;
- при повторном изображении отдельных элементов на других листах схемы следует охранять позиционные обозначения, присвоенные им на одном из первых листов схемы.

Между представляемыми чертежами и схемами должна быть однозначная связь, которая обеспечивает возможность отыскания одних и тех же элементов, устройств, связей или соединений на всех схемах представляемого графического материала к дипломному проекту.

4.2 Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка является документом, в котором приводятся обоснования принятых проектантом технологических и конструкторских решений, а также необходимые расчеты, таблицы, графики и иллюстрации.

В пояснительной записке не следует переписывать учебник, достаточно сослаться на источник информации. Не украшает проект многократное повторение однотипных расчетов. Один из них следует привести полностью с необходимыми пояснениями, остальные достаточно свести в таблицу. В случае применения ЭВМ желательно дать сопоставление данных ручного и машинного расчетов.

Содержание определяется характером работы. Но в любом случае, работа должна содержать введение, основную часть, состоящую из разделов подразделов и пунктов, заключения, списка использованных источников, приложений (при необходимости), спецификацию.

Текстовый документ должен включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Рубрикация частей работы должна быть выполнена в соответствии с рекомендациями.

Введение, заключение, список использованных источников, приложения, не нумеруются. Нумеруются только разделы основной части. В Содержание вносят только три ступени рубрикации, т.е. разделы, подразделы и пункты.

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами. Наименование разделов, включенных в содержание, записывают прописными буквами. Наименование подразделов и пунктов записываются строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Заголовки всех частей работы (разделов, подразделов, пунктов) должны быть напечатаны без отступа. Пример:

1 _____

- 1.1 _____
- 1.2 _____
- 1.3 _____
- 1.3.1 _____
- 1.3.2 _____
- 2 _____
- 2.1 _____
- 2.2 _____
- 2.2.1 _____
- 2.2.2 _____
- 3 _____

В Содержании обязательно должны быть указаны номера страниц, на которых размещается начало каждой части работы (разделов, подразделов, пунктов).

Колонку с номерами страниц размещают у правого края листа. Последнее слово каждого заголовка и соответствующий номер страницы можно соединить штриховой или точечной линией.

Текст пояснительной записки должен отвечать следующим требованиям:

- при оформлении пояснительной записки с применением текстовых редакторов, печатающих и графических устройств вывода ПЭВМ рекомендуется использовать шрифт *Times New Roman Cyr* размером 14 пт, отступ для первой строки 15 – 17 мм, интервал между строками одинарный;

- для акцентирования внимания на определенных терминах, формулах разрешается использование компьютерных шрифтов разной гарнитуры в соответствии с ГОСТ 7.32 – 2001;

- опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе написания работы, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста.

Нумерация страниц, разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул дается арабскими цифрами без знака №.

Первой страницей проекта является титульный лист, который включают в общую нумерацию страниц проекта. На титульном листе номер страницы не ставят, на последующих листах номер проставляют в нижнем углу рамки без точки в конце.

Ведение курсового проекта должно состоять из трех смысловых частей.

В первой части приводятся данные анализа передовых достижений науки и техники по теме проекта, дается общая оценка ситуационной

обстановки, требующей разработки проекта, с обоснованием основных принимаемых решений.

Во второй части формулируются цель и задачи проекта, оценивается актуальность и новизна темы, указывается связь с общегосударственными задачами в области металлургии, роль и значение определенного типа электропечей (в соответствии с темой курсового проекта).

В третьей части приводятся наименования директивных документов, на основании которых будет выполняться курсовой проект.

Объем раздела «Введение» 1-1,5 страницы.

Библиографический список размещают в конце основной.

Заголовок печатают прописными буквами, как и названия всех разделов.

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте записки и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа

Ссылки на источники в тексте указываются в квадратных скобках (например [4], [5-9]).

В перечне литература для каждого источника по ГОСТ 7.1-2003 должны указывать: фамилию и инициалы автора (авторов), заглавие издания, место издания, издательство, год издания, количество страниц. Название места издания указывается без сокращений, в именительном падеже. Допускается сокращение только для двух городов: Москва (М) и Ленинград (Л), Санкт-Петербург (СПб).

Сведения о статье из периодического издания должны включать: фамилию и инициалы автора; заглавие статьи; название издания (журнала); название серии (если таковое имеется); год выпуска; том (при необходимости); номер выпуска (журнала); страницы, на которых напечатана статья.

Заглавия издания, название периодического издания, фамилию и инициалы авторов следует приводить в том виде, в каком они даны на титульном листе с соответствующими дополнениями (например: пояснением содержания; назначением; указанием о переводе; языке оригинала; повторности издания и тому подобное).

4.3 Защита курсового проекта

Защита курсового проекта (работы) производится публично перед комиссией, в состав которой входит не менее двух человек. На защите возможно присутствие студентов группы (потока). Комиссия назначается заведующим кафедрой. В состав комиссии входит руководитель курсового проекта (работы) и преподаватели кафедры.

По решению заведующего кафедрой в качестве курсовых проектов (работ) могут быть представлены к защите научно-исследовательские, опытно-конструкторские и творческие работы, успешно выполненные студентами и отвечающие требованиям учебных программ.

Защита курсовых проектов (работ) по «групповому» заданию, предусматривающему работу нескольких студентов над одним проектом (работой), должна в обязательном порядке осуществляться в один день и при участии всех исполнителей, участвовавших в разработке проекта. Защиту таких проектов целесообразно организовывать в строгой последовательности отдельных частей, логически вытекающих одна из другой. Порядок такой защиты должен быть оговорен заранее на стадии выдачи задания и доведен до каждого исполнителя.

Защита состоит в коротком (5–10 минут) докладе студента по выполненному проекту и в ответах на вопросы преподавателей. Студент должен при защите проекта (работы) дать четкие объяснения по существу проекта (работы). Доклад может сопровождаться презентацией, разработанной студентом.

ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Значение электрических печей в металлургии
2. Классификация электрических печей
3. Техничко – экономические показатели работы электроплавильных печей
4. Общие сведения о дуговом разряде
5. Особенности дуги постоянного и переменного тока
6. Стабилизация дуги и регулирование ее мощности
7. Горение дуги в вакууме. Плазменная дуга
8. Теплообмен в рабочем пространстве
9. Параметры рабочего пространства
10. Влияние геометрии рабочего пространства на стойкость футеровки
11. Футеровка дуговых печей (особенности службы футеровки, огнеупорные материалы, выполнение кладки, охлаждение футеровки)
12. Основные типы дуговых печей
13. Корпус и сводовое кольцо
14. Электрододержатели
15. Уплотнители электродных отверстий
16. Механизмы наклона, поворота и перемещения корпуса и свода печей
17. Отвод печных газов
18. Элементы электрического оборудования
19. Короткая сеть
20. Электроды
21. Электрический режим работы печи и его регулирование
22. Электромагнитное перемешивание металла
23. Дуговые сталеплавильные печи постоянного тока
24. Основы электрической работы и электрооборудование индукционной тигельной печи
25. Конструкции индукционных тигельных печей
26. Использование вакуума в металлургии
27. Вакуумные индукционные печи: классификация, устройство и работа печей полунепрерывного действия
28. Вакуумные дуговые печи: типы и конструкции
29. Установки ЭШП: сущность способа ЭШП, схемы его осуществления
30. Конструкция установок ЭШП
31. Печи для выплавки синтетических шлаков
32. Флюсоплавильные печи

33. Электронно-лучевые установки: принцип электронно-лучевого нагрева, типы установок, их конструкции

34. Плазменно-дуговые печи: получение и применение плазменной дуги, плазменно-дуговые печи с керамическим тиглем, установки плазменно-дугового переплава заготовок в водоохлаждаемый кристаллизатор

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация металлургических печей [Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей] /под ред. О.М. Блинова Блинов О.М. – Москва: Металлургия, 1975. -376 с
2. Автоматическое управление электротермическими установками / Под. ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.
3. Альтгаузен А.П. Применение электронагрева и повышение его эффективности. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 128 с.
4. Аншин В.Ш., Крайз А.Г., Мейксон В.Г. Трансформаторы для промышленных электропечей. – М.: Энергоиздат, 1982. – 296 с.
5. Арутюнов В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / под науч. ред. В.А. Арутюнова: учебник для вузов Бухмиров В.В. – Москва: Металлургия, 1990. -238 с.
6. Болотов А.В., Шпель Г.А. Электротехнологические установки. – М.: Высшая школа, 1988. – 336 с.
7. Борисов Б.П., Вагин Г.Я. Электроснабжение электротехнологических установок. – М.: Киев: Наукова думка, 1985. – 248 с.
8. Великин Б.А. Торкретирование металлургических печей – Москва: Металлургия, 1972. -280 с.
9. Воителев В.В. Механическое оборудование печей: учеб. пособие для вузов / В.В. Воителев, Е.И. Могилевский: учеб. пособие для вузов Могилевский Е.И. – Москва: Металлургия, 1991. -148 с
10. Глинков Марк Алексеевич Общая теория печей: учеб. пособие для вузов / М.А. Глинков, Г.М. Глинков: учеб. пособие для вузов Глинков Герман Маркович – Москва: Металлургия, 1978. -264 с.
11. Глуханов Н.П., Федорова И.Г. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1983. – 160 с.
12. Головкин И.П. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных подстанций повышенной частоты. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 80 с.
13. ГОСТ 2.105–95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 36 с.

14. ГОСТ 2.309–95. Единая система конструкторской документации. Обозначение шероховатости поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 11 с.

15. ГОСТ 7.1–84. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления. – Взамен ГОСТ 7.1–76; Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 78 с.

16. Данцис Я.Б. Методы электротехнических расчетов мощных электропечей. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 229 с.

17. Егоров А.В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: учеб. пособие для вузов / А.В. Егоров: учеб. пособие для вузов – Москва: МИСИС, 2000. -272 с.

18. Кацевич Л.С. Теория теплопередачи и тепловые расчеты электрических печей: учебник для электромеханических техникумов: учебник для электромеханических техникумов – Москва: Энергия, 1977. -304 с.

19. Княжевская Г.С., Фирсова М.Г., Килькеев Р.Ш. Высококачественный нагрев диэлектрических материалов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 64 с.

20. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей / Под ред. Я.В. Данциса, Г.М. Жилова. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.

21. Лапшин И.В. Автоматизация дуговых печей – Москва: МГУ, 2004. -166 с.

22. Математическое моделирование и проектирование промышленных печей: учебное пособие / Ивановский энергетич. ин-т им. В.И. Ленина: учебное пособие – Иваново: Ивановский гос. ун-т, 1984. -89 с.

23. Минеев Р.В., Михеев А.П., Рыжнев Ю.Л. Графики нагрузок дуговых электропечей. – М.: Энергия, 1977. – 120 с.

24. Минеев Р.В., Михеев А.П., Рыжнев Ю.Л. Повышение эффективности электроснабжения печей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.

25. Миронов Ю.М., Миронова А.Н. Электрооборудование и электроснабжение электротермических, плазменных и лучевых установок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 376 с.

26. Повышение эффективности использования электроэнергии в системах электротехнологии / В.П. Борисов, Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов, А.К. Шидловский. – Киев: Наукова думка, 1990. – 237 с.

27. Пономаренко О.И. Расчет оптимального количества плавильных печей. // Литейное производство. – 1997. – N2. – С. 21–23. Пелих В.Ф.

28. Попкович В.Н. Оптимизация расчетов при определении теплового режима работы нагревательных печей // Известия ВУЗов. сер. Энергетика. – 2000. – №5. – С. 97–100. Каснерик Е.Н.
29. Проектирование электрометаллургических цехов / М.И. Гасик, В.А. Гладких, В.С. Игнатьева и др. – Киев: Донецк: Высшая школа, 1987.–143 с.
30. Рапутов Б.М. Электрооборудование кранов металлургических предприятий. – М.: Металлургия, 1990. – 272 с.
31. Ровин Л.Е. Модернизация действующих плавильных печей // Литье и металлургия. – 2003. – № 3. – С.99–103. Ровин С.Л.
32. Ровин Л.Е. Системы очистки выбросов плавильных печей // Литье и металлургия. – 2002. – №4. – С. 109–111. Ровин С.Л.
33. Самохвалов Г.В. Электрические печи черной металлургии: учеб. пособие для вузов по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей": учеб. пособие для вузов по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей" Металлургические печи – Москва: Металлургия, 1984. -232 с.
34. Сойфер В.М. Огнеупоры для дуговых сталеплавильных печей малой емкости: справочник: справочник – Москва: Металлургия, 1994. -192 с.
35. Сооружение промышленных печей / под ред. канд. техн. наук И.А. Шишкова – Москва: Стройиздат, 1978. -413 с
36. Справочник по электропотреблению в промышленности / Г.П. Минин, Ю.В. Копытов. – М.: Энергия, 1978. – 495 с.
37. Тайц А.А. Электроснабжение металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1967. – 288 с.
38. Теплотехнические расчеты металлургических печей: учеб. пособие для вузов / под ред. А.С. Телегина: учеб. пособие для вузов – Москва: Металлургия, 1982. -358 с.
39. Ус А.Г. Оптимизация электропотребления индукционных тигельных печей РУП ГЛЗ "Центролит" // Современные проблемы машиноведения: тез. докл. VI I Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П.О. Сухому), Гомель, 23–24 окт. 2008 г.. – 2008. – С. 154–155.
40. Установки индукционного нагрева / Под ред. А.Е. Слухоцкого. – Ленинград: Энергоиздат, 1981. – 325 с.
41. Фотиев М.М. Электрооборудование предприятий черной металлургии. – М.: Металлургия, 1980. – 312 с.
42. Фотиев М.М. Электроснабжение и электрооборудование металлургических цехов. – М.: Металлургия, 1979. – 255 с.

43. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических заводов. – М.: Металлургия, 1990. – 352 с.
44. Чалых Б.Ф. Оборудование электродных заводов. – М.: Металлургия, 1990. – 257 с.
45. Шевцов М.С., Бородачев А.С. Развитие электротермической техники. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
46. Электрификация металлургических предприятий Сибири / Под ред. В.И. Кудрина. – Томск: ТГУ, 1989. – 214 с.
47. Электрические печи сопротивления и дуговые печи / Под ред. М.Б. Гутмана. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
48. Электрические промышленные печи. Дуговые печи и установки специального нагрева / Под. общ. ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
49. Электрооборудование и автоматика электротермических установок / Под ред. А.П. Альтгаузена. – М.: Энергия, 1978. – 303 с.
50. Электроснабжение и автоматизация электротермических установок / А.Д. Свенчанский., З.П. Трейзон., Л.А. Мнухин. – М.: Энергия, 1980. – 320 с.
51. Электротермическое оборудование: Справочник / Под ред. А.П. Альтгаузена. – М.: Энергия, 1980. – 416 с.
52. Электротехнологические промышленные установки / Под ред. А.Д. Свенчанского. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 400 с.
53. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов; в 2 т. / Под ред. В.П. Смолянцева. – М.: Высшая школа, 1983. – 240 с.
54. Эффективное использование электроэнергии / Под ред. К.Смита. – М.: Энергоиздат, 1981. – 400 с.
55. Эффективные режимы работы электротехнологических установок / И.В. Жежеленко, В.М. Божко, Г.Я. Вагин, М.Л. Рабинович. – Киев: Техника, 1987. – 184 с.
56. Ярошенко Ю.Г. Тепловая работа и автоматизация печей: введение в специальность: учеб. пособие для вузов: введение в специальность: учеб. пособие для вузов – Москва: Металлургия, 1984. -207 с

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
П.О. СУХОГО
КАФЕДРА МЕТАЛЛУРГИЯ И ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по предмету
«РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ»
на тему: _____

Автор проекта _____

Обозначение курсового проекта (работы) _____
группа _____

Руководитель проекта _____

Проект (работа) защищен (а) _____ Оценка _____
подпись, дата инициалы, фамилия
дата

Члены комиссии: _____
подпись, дата инициалы, фамилия

подпись, дата инициалы, фамилия

подпись, дата инициалы, фамилия

Гомель 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Пример оформления пояснительной записки курсового проекта

Реферат

Курсовой проект 36 с., 12 рисунков, 1 таблица, 10 источников, 2 листа графического материала формата А1.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, кожух печи, футеровка печи, водоохлаждаемые свод и панели, уплотнители электродных отверстий, механизм наклона печи, механизм зажима и перемещения электродов, механизм отворота и поворота свода, газокислородные горелки.

Объектом исследования является дуговая сталеплавильная печь вместимостью 100 тонн

Целью работы является проектирование печи в двух видах.

В результате по расчетам, представленным в пояснительной записке, разработаны сборочные чертежи дуговой сталеплавильной печи в двух видах, вид сверху и вид спереди.

Особенностью проекта является электронная форма выполнения проектировочных работ. Данные сборочных чертежей и спецификаций синхронизированы.

Записка к курсовому проекту выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2003, графическая часть к пояснительной записке выполнена в графическом редакторе Компас 3-D V10.

Содержание

Введение

1 Общая часть

1.1 Краткое описание узлов и механизмов

1.1.1 Кожух печи

1.1.2 Водоохлаждаемые панели

1.1.3 Водоохлаждаемый свод

1.1.4 Экономайзеры

1.1.5 Механизм наклона печи

1.1.6 Механизм подъема и поворота свода

1.1.7 Механизм зажима электродов

1.1.8 Механизм перемещения электродов

1.1.9 Футеровка ДСП

1.1.10 Выпуск стали

1.2 Электроснабжение дуговых сталеплавильных печей

1.2.1 Электрическая схема дуговой печи

1.2.2 Электрическое оборудование печи

1.2.3 Электрод графитированный

1.2.4 Устройство короткой сети

2 Расчетная часть

2.1 Выбор мощности трансформатора ДСП

2.2 Расчет геометрических и электрических параметров

2.3 Тепловой расчёт футеровки ДСП

2.4 Расчет элементов короткой сети

3 Специальная часть

Заключение

Список использованных источников

Спецификация

Введение

Электросталеплавному 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[9].

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.

В последние годы начали строить высокомошные (удельная мощность печного трансформатора 600-1000 кВА/т) печи с водоохлаждаемыми сводом и стенками. Из-за увеличения тепловых потерь с охлаждающей водой, работа печи по технологии с длительной выдержкой металла стала неэкономичной, и печи перевели на новую технологию, которая заключается в расплавлении шихты и проведение краткого окислительного периода, т.е. получение в печи жидкого полупродукта, который далее отправляют на установки внепечной обработки для доведения до заданного химического состава и свойств[10].

1 Общая часть

1.1. Краткое описание узлов и механизмов ДСП

ДСП современной конструкции (рисунок 1.1) представляет собой сложный с точки зрения изготовления и эксплуатации агрегат, оснащенный большим количеством узлов и механизмов, основными из которых являются:

Кожух печи и свод;

Уплотнители электродных отверстий (экономайзеры);

Водоохлаждаемые панели;

Механизм наклона печи для слива металла и скачивания шлака;

Механизм подъема и отворота свода для загрузки шихты;

Механизмы перемещения электродов;

Короткая сеть (вторичный токоподвод) для передачи тока от выводов вторичных обмоток трансформатора до рабочих концов электродов [6].

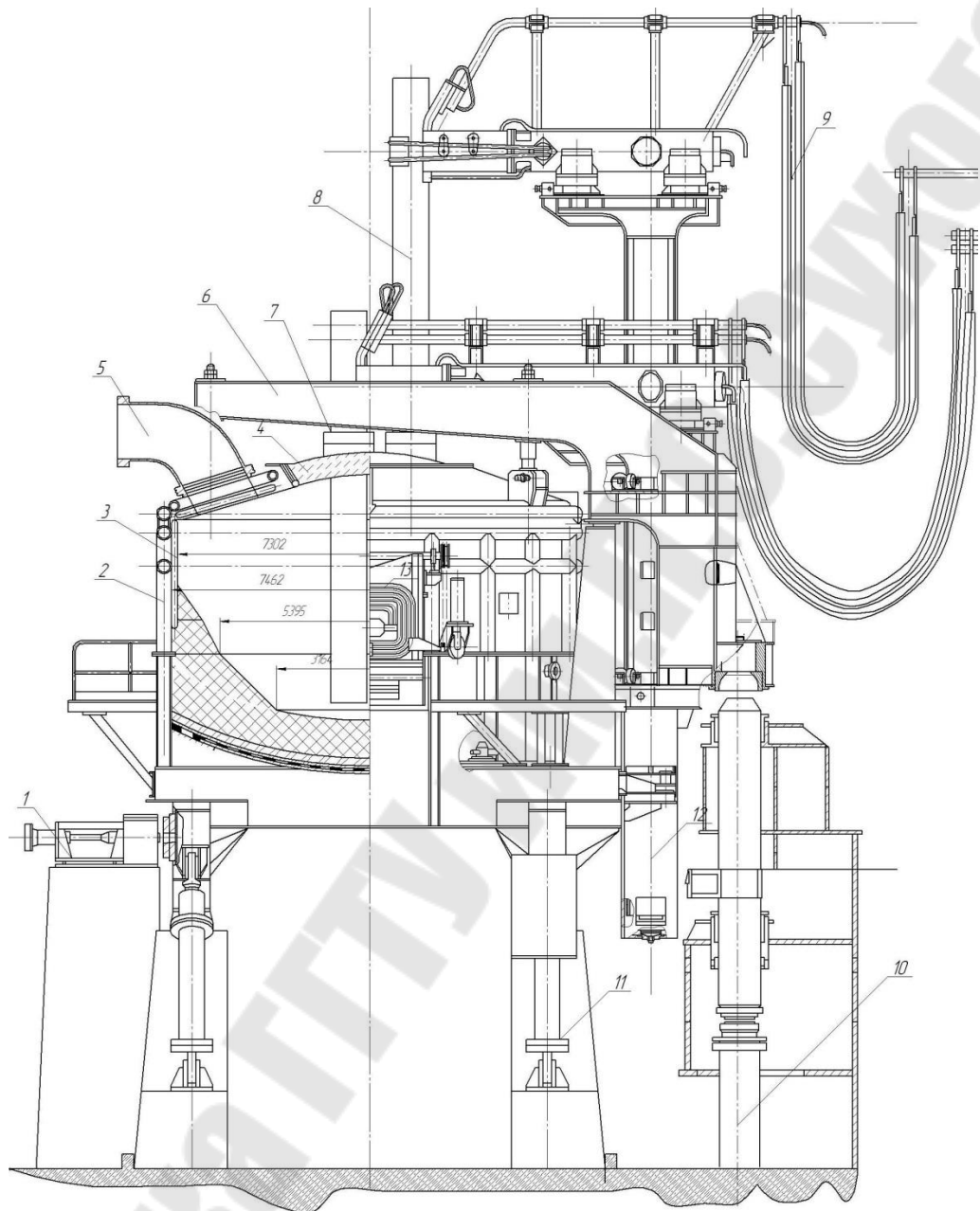
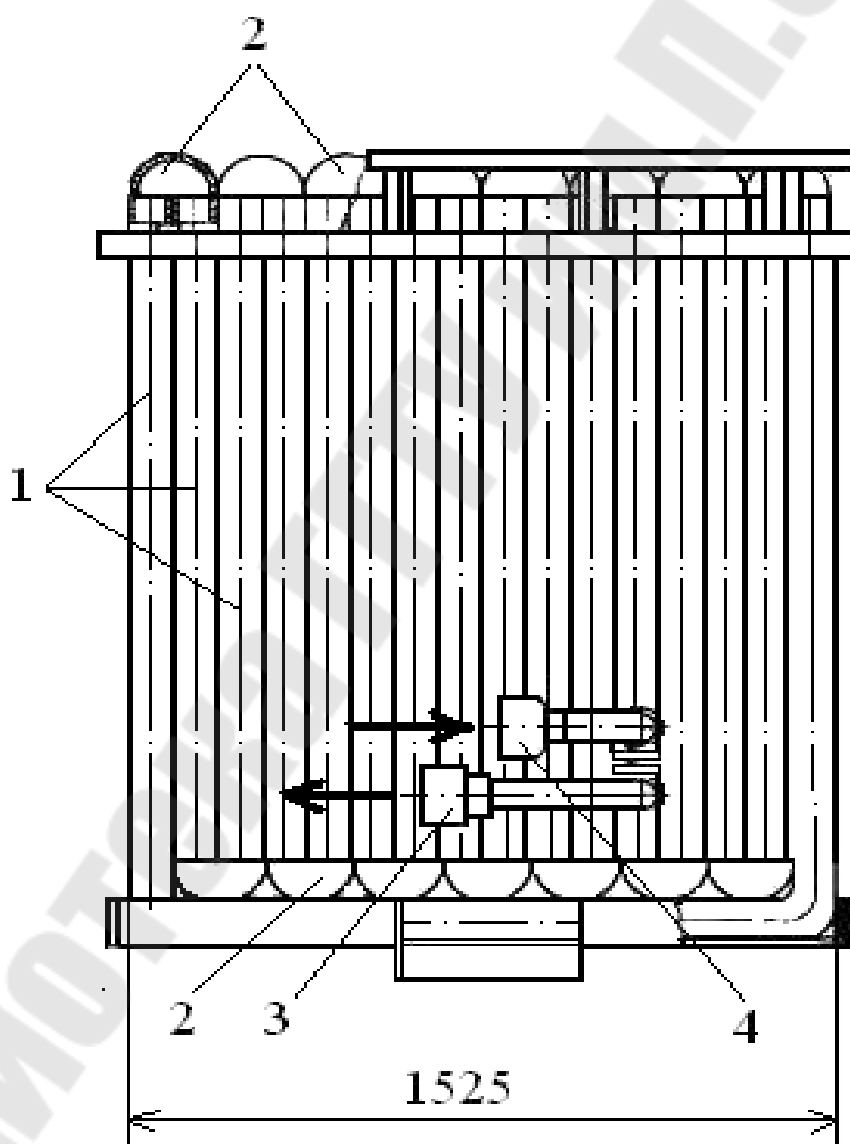


Рисунок 1.1 – Современная дуговая сталеплавильная печь

1.1.1 Кожух печи

Кожух – это часть корпуса, расположенная выше порога рабочего окна. Кожух водоохлаждаемых печей цилиндрической формы со сферическим дном. Кожух состоит из двух частей: нижняя часть, является опорой кладки пода, её делают из стальных листов, и верхняя часть (выше порога рабочего окна), является опорой стеновых водоохлаждаемых панелей, её выполняют в виде решетчатого каркаса, он изготавливается из горизонтальных и вертикальных труб, они опираются на фланец нижней части кожуха (рисунок 1.2).

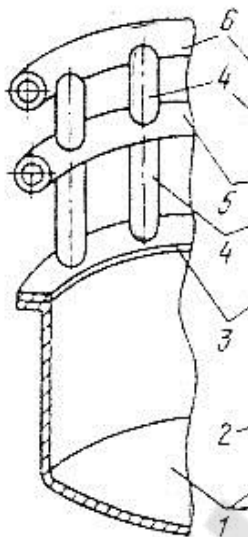


1 – нижняя часть кожуха; 3 – фланец; 4 – вертикальные трубы; 5, 6 – кольцевые трубы; 7 – кладка низа стен.

Рисунок 1.2 – Кожух печи

1.1.2 Стеновые водоохлаждаемые панели

Внутри решетчатого каркаса стен по всему его периметру закреплено 16 водоохлаждаемых панелей (рисунок 1.3).



1 – ряд параллельных труб; 2 – переходники; 3 и 4 – патрубки для отвода и подвода охлаждающей воды

Рисунок 1.3 – Водоохлаждаемая стеновая панель фирмы “Krupp”

Каждая из панелей имеет самостоятельные подвод и отвод воды. Для предотвращения контакта стеновых панелей с жидким металлом их устанавливают на уровне 400 мм над откосами. На панелях имеются штыри и при вспенивании шлака, шлак разбрызгивается, попадает на эти штыри и застывает[8]. Образуется шлаковая корка, которая защищает панели.

При установке стеновых панелей объем рабочего пространства печи увеличивается на 10 – 30% (по сравнению с футерованными стенами), что позволяет уменьшить количество подвалок шихты или снизить требования к плотности лома.

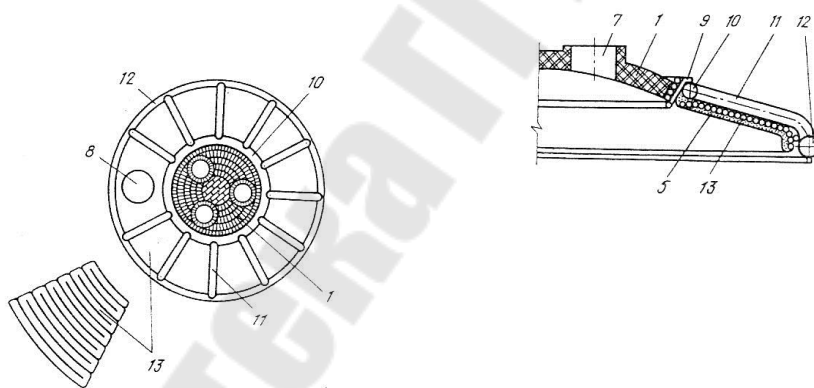
Для изготовления трубчатых панелей используют стальные трубы диаметром 76 – 90 мм с толщиной стенки 14 – 16 мм. В конструкции

трубчатых панелей фирмы “Krupp” ряд горизонтальных труб соединяют штампованными переходами [7].

Водоохлаждаемые панели улучшают условия работы футеровки нижней части стен (стойкость увеличивается до 500 плавков вследствие охлаждающего воздействия панелей [5]. Однако при этом возрастает расход электроэнергии на 2% и существенно возрастает расход воды.

1.1.3 Водоохлаждаемый свод печи

В данном проекте свод выполняют комбинированным [6]. Периферийную часть делают из водоохлаждаемых панелей, а центральную, через которую проходят электроды, из огнеупорного кирпича, чтобы предотвратить возможное короткое замыкание между электродами и металлической водоохлаждаемой частью свода. Центральную часть футеруют магнетитохромитовым кирпичом. Обычно периферийная водоохлаждаемая часть занимает около 80% поверхности свода, а центральная часть около 20%(6).



1 – центральная часть свода; 10,12 – нижнее и верхнее трубчатые кольца соответственно; 4 – изогнутые трубы; 13 – водоохлаждаемые панели; 8–отверстие для отвода печных газов; 5 – гарнисаж; 7 – отверстие для электродов; 9 – водоохлаждаемое опорное кольцо.

Рисунок 1.4– Трубчатый куполообразный свод

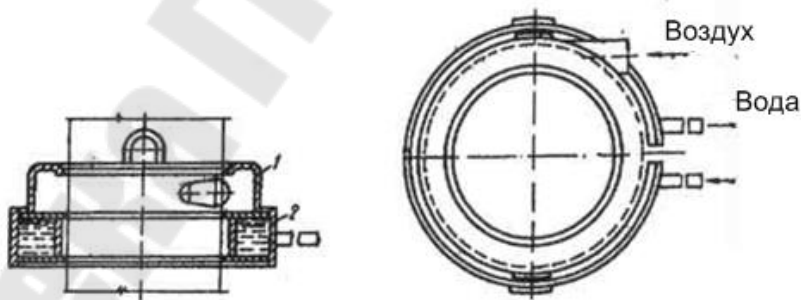
Стойкость водоохлаждаемой части комбинированного свода колеблется в пределах 1500 – 4500 плавов. Стойкость центральной огнеупорной части около 200 плавов, после чего ее заменяют [10]. К преимуществам водоохлаждаемых сводов относятся:

- 1) возможность работы на мощных длинных дугах;
- 2) высокая степень использования электрической мощности трансформатора.

1.1.4 Экономайзеры

Для предотвращения интенсивного окисления электродов, понижения температуры выступающей над сводом части электродов, уменьшения количества проходящего через печь воздуха и уменьшения тепловых потерь с газами электродные отверстия уплотняют при помощи специальных устройств – экономайзеров (рисунок 1.5)

Экономайзер представляет собой металлическую коробку, в которой тангенциально подается сжатый воздух.



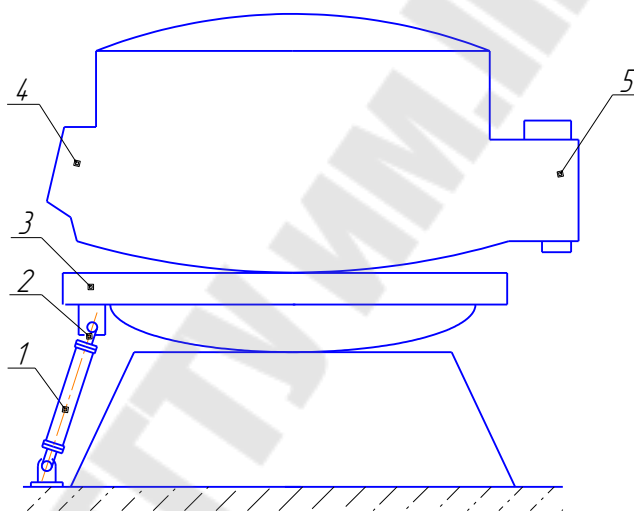
1 – кольцо уплотнительное верхнее;

2 – кольцо уплотнительное нижнее.

Рисунок 1.5 – Экономайзер

1.1.5 Механизм наклона печи

Механизм наклона служит для наклона печи в сторону сталевыпускного отверстия на угол 12° для слива металла и в сторону рабочей площадки на угол $10-12^\circ$ для скачивания шлака. Для опоры корпуса печи на фундамент и для наклона печи служит люлька (3). Она выполнена в виде горизонтальной коробчатой плиты с двумя опорными сегментами. На современных печах устанавливается гидравлический механизм наклона, при котором подаваемая под давлением жидкость в гидроцилиндры (1), вызывает выдвижение или опускание штоков (2) (рисунок 1.6).



1 – гидроцилиндры;

2 – шток;

3 – люлька;

4 – рабочее окно;

5 – эркер.

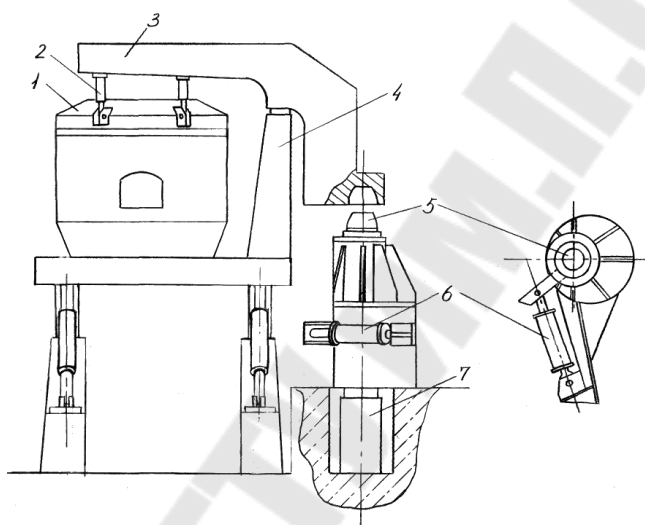
Рисунок 1.6 – Механизм наклона печи

1.1.6 Механизм подъема и поворота свода

Механизм подъема свода (рисунок 1.7) предназначен для поднятия свода на 150-200мм. Шток гидроцилиндра поднимает опорно-поворотный вал, который входит в зацепление с полупорталом и далее поднимает

полупортал вместе со сводом на высоту 150-200мм. Опускание свода происходит под действием собственного веса при снятии давления. Скорость подъема до 5 метров в минуту, скорость опускания 1-2 метра в минуту.

Отворот свода осуществляется гидравлическим методом. Поднятый свод поворачивается на опорно-поворотном валу с помощью гидроцилиндра, расположенного в горизонтальной плоскости. Механизм поворота свода состоит из одного плунжерного гидроцилиндра двустороннего действия



- 1 – свод;
- 2 – подвеска;
- 3 – полупортал;
- 4 – тумба;
- 5 – опорно-поворотный вал;
- 6 – гидроцилиндр поворота;
- 7 – гидроцилиндр подъёма

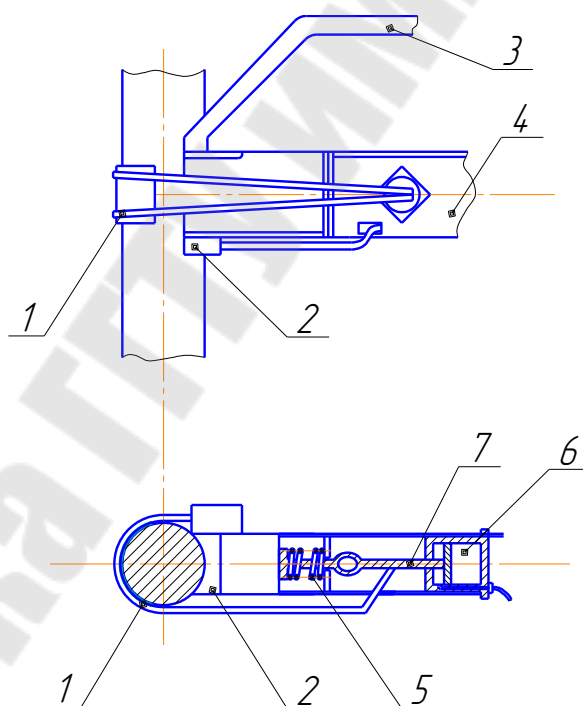
Рисунок 1.7 – Механизм подъёма и поворота свода с гидравлическим приводом

1.1.7 Механизм зажима электрода

Электрододержатель представляет собой зажим для закрепления электродов и подвода к ним тока. Для предотвращения выскользывания электродов, конструкция электрододержателя должна обеспечивать плотный

зажим электрода. Электрододержатель должен быть достаточно жестким, чтобы не прогибаться под тяжестью электрода (масса которого может достигать 2-3 тонны) и исключать вибрации.

В пружинно-пневматическом зажиме электрод зажимается между щеками корпуса электрододержателя (2) и зажимной колодкой (3). Колодка зажимает электрод с усилием, достаточным для предупреждения его проскальзывания, с помощью штока (6) и мощных пружин (7), расположенных внутри рукава стойки (5). Освобождение электрода производится дистанционно с помощью пневмоцилиндра (8), сжимающего пружины (рисунки 1.8).



- 1 – хомут;
- 2 – щека;
- 3 – токоподвод;
- 4 – рукав;
- 5 – зажимная пружина;
- 6 – пневмоцилиндр;

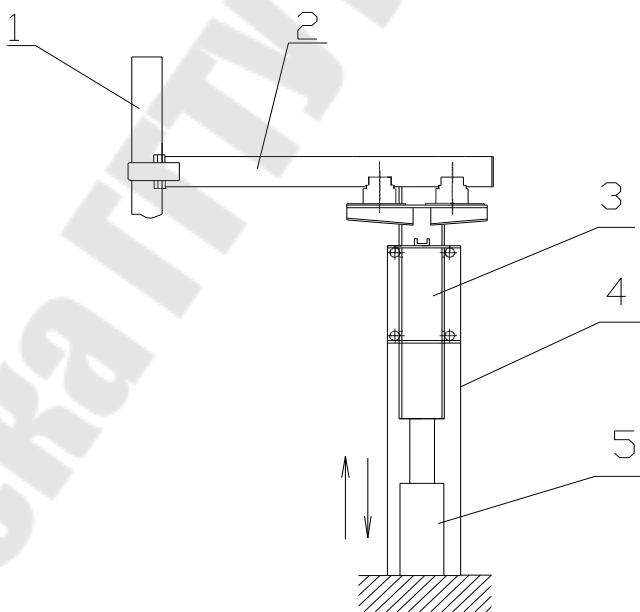
7 – шток.

Рисунок 1.8 – Механизм зажима электрода

1.1.8 Механизм перемещения электродов

Механизм перемещения электродов должен обеспечивать самостоятельное движение каждого электрода вверх и вниз при включении и отключении печи и в период ее работы. Движение должно быть медленным, постепенным и в то же время быстрым.

Электроды перемещаются вдоль стоек, которые представляют собой пустотелые колонны круглого сечения, закрепленные у одной из боковых сторон печи. В крупных печах применяют телескопические стойки, перемещающиеся по роликам в вертикальной шахте, закрепленной на корпусе печи (рисунок 1.9).



1 – электрод;

2 – рукав электрододержателя;

3 – телескопическая стойка (подвижная);

4 – неподвижная стойка;

5 – гидроцилиндр.

Рисунок 1.9 – Механизм перемещения электродов с телескопическими стойками

1.1.9 Футеровка ДСП

Футеровка электродуговых печей (рисунок 1.10) выполняется из основных огнеупорных материалов. Отдельные части футеровки - подина, стены и свод - работают в различных условиях, что и обуславливает неодинаковую их стойкость. В наиболее тяжелых условиях находятся свод и стенки печи. Эти части футеровки, и особенно свод, подвергаются значительному перегреву за счет лучистой энергии электрических дуг, химическому воздействию раскаленных газов, содержащих окислы железа и известковую пыль.

Они также испытывают резкие перепады температур, особенно в период загрузки шихты, и значительные механические напряжения [6].

Различные условия работы существенным образом отражаются на конструкции отдельных частей футеровки, способах их изготовления и сортах применяемых огнеупорных материалов.

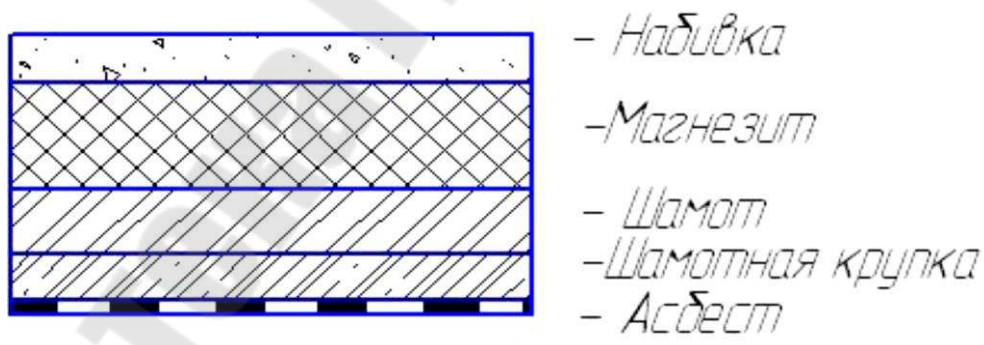


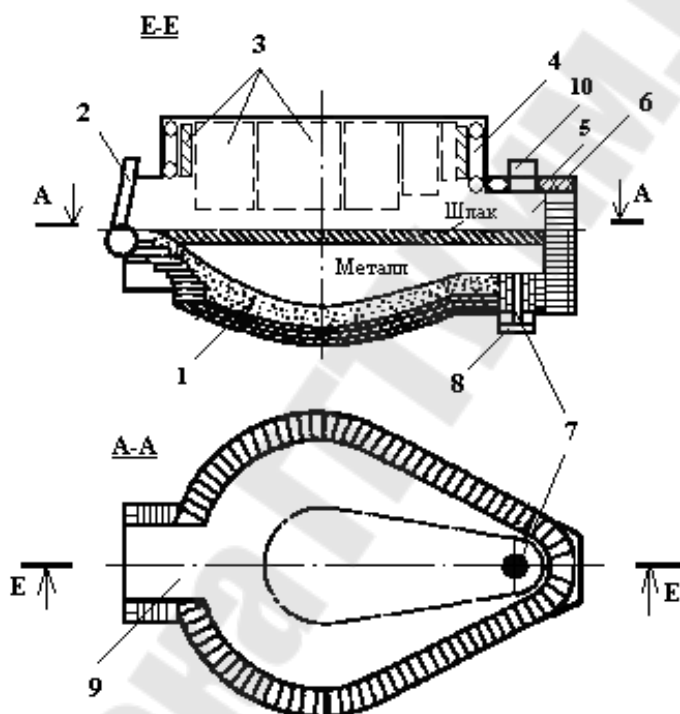
Рисунок 1.10 – Футеровка ДСП

1.1.10 Выпуск стали

Печь с эркерным выпуском имеет с противоположной от рабочего окна стороны выступ (эркер), в котором во время плавки находятся металл и шлак (рисунок 1.11).

В дне эркера помещено сталевыпускное отверстие; дно с отверстием расположено на такой высоте, что для слива металла достаточен наклон печи на $10 - 12^\circ$.

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° .



1 – подина; 2 – заслонка; 3 – стеновая водоохлаждаемая панель; 4 – трубчатый каркас стен; 5 – свод эркера; 6 – эркер; 7 – сталевыпускное отверстие; 8 – запорная пластина; 9 – рабочее окно

Рисунок 1.11 – Печь с эркерным выпуском

Эркерное отверстие заполняется огнеупорной крупкой, во время плавки крупка в своей верхней части спекается. При наклоне печи на 12° ферростатического давления оказывается достаточно, чтобы пробить эту спекшуюся массу.

Прижатие графитовой плиты обеспечивают рычагом, который может быть отвернут от отверстия вбок или вниз. Для выпуска стали, отводят рычаг с графитовой плитой, из отверстия высыпается магнезитовый порошок и сталь вытекает через отверстие без шлака в ковш.

Когда в ковше оказывается необходимое количество металла, печь возвращается в исходное положение, выпускное отверстие при этом остается открытым. Сверху с рабочей площадки печи отверстие промывают струей кислорода. Оставшийся в отверстии застывший металл удаляют снизу. Для этого под печью смонтирована убирающаяся рабочая площадка, позволяющая осматривать и обслуживать выпускное отверстие. После обслуживания отверстия затвор закрывают и сверху в отверстие засыпают огнеупорную смесь MgO , SiO_2 и 10% Fe_2O_3 . Операция обслуживания выпускного отверстия продолжается не более 3 мин.

1.2 Электроснабжение дуговых сталеплавильных печей

1.2.1 Электрическая схема дуговой печи

Электropечные установки являются мощными потребителями электроэнергии, которая поступает на металлургический завод по высоковольтным линиям электропередачи (ЛЭП) на главную понижающую подстанцию цеха .

Высоковольтный разъединитель служит для снятия напряжения с главного выключателя для создания видимого разрыва в цепи высокого напряжения (на период ремонта печи). Его включают и выключают только при снятой нагрузке.

Напряжение от высоковольтного распределительного устройства по линии (схемы электропитания) подаётся к печной подстанции, в которой размещается понижающий печной трансформатор и вспомогательное электрооборудование [6]

Схема включения электропечи предусматривает:

- а) учёт активной и реактивной электроэнергии с высокой стороны печного трансформатора;
- б) измерение активной мощности;
- в) измерение напряжения на высокой и низкой стороне печного трансформатора;
- г) сигнализацию положения высоковольтного выключателя и предупреждающую сигнализацию о превышении температуры масла печного трансформатора и срабатывании газового реле. Питание постоянным током цепей сигнализации и управление осуществляется от блока питания типа, установленного отдельно.

Таким образом, электрическая схема ДСП включает следующее оборудование [6]:

- 1) печь с электродами, исполнительными механизмами регуляторов мощности печи и ванны, в которой горят дуги, и находится расплавленный металл.
- 2) понизительные трансформаторы со встроенными дросселями, служащими для увеличения индуктивного сопротивления сети и улучшения условия горения дуг.
- 3) короткую сеть, соединяющую вторичные выводы трансформатора с электродами печи.
- 4) коммутационную, измерительную и защитную аппаратуру, провода высокого и низкого напряжения.

Печной трансформатор служит для преобразования электроэнергии высокого напряжения в энергию низкого напряжения.

Трансформатор состоит из трёх обмоток высокого напряжения, выполненных из медного провода относительно небольшого сечения и трёх обмоток низкого напряжения, выполненных из шин большого сечения [4].

Над трансформатором установлен соединённый с ним бочёк расширитель, в котором содержится резерв масла. Этим обеспечивается постоянное заполнение маслом всего объёма трансформатора и уменьшается поверхность соприкосновения масла с воздухом. В случае повреждения или оголения обмоток происходит разложение масла с выделением газа. О появлении газов в трансформаторе сигнализирует газовое реле, установленное в верхней части бака трансформатора. Газовое реле при появлении небольшого количества газов – продуктов разложения масла подаёт предупредительный сигнал. Для ограничения силы токов короткого замыкания в трансформатор встроен дроссель, включение и выключение которого осуществляется специальным шунтирующим контактором.

1.2.2 Электрическое оборудование ДСП

Рабочее напряжение электродуговых печей составляет 100 – 800В, а сила тока измеряется десятками тысяч ампер. Мощность отдельной установки может достигать 50 – 140 МВА. К подстанции электросталеплавильного цеха подают ток напряжением до 110 кВ. Высоким напряжением питаются первичные обмотки печных трансформаторов. На рисунке 8 показана схема электрического питания печи [8]

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, для чего имеется реле максимальной силы тока.

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. Длина гибкого участка должна позволять производить нужный наклон печи и отворачивать свод для загрузки. Гибкие кабели соединяются с медными водоохлаждаемыми трубами, установленными на рукавах электрододержателей. Трубы непосредственно присоединены к головке электрододержателя, зажимающей электрод. Помимо указанных основных узлов электрической сети в нее входит различная измерительная аппаратура,

подсоединяемая к линиям тока через трансформаторы тока или напряжения, а также приборы автоматического регулирования процесса плавки[10].

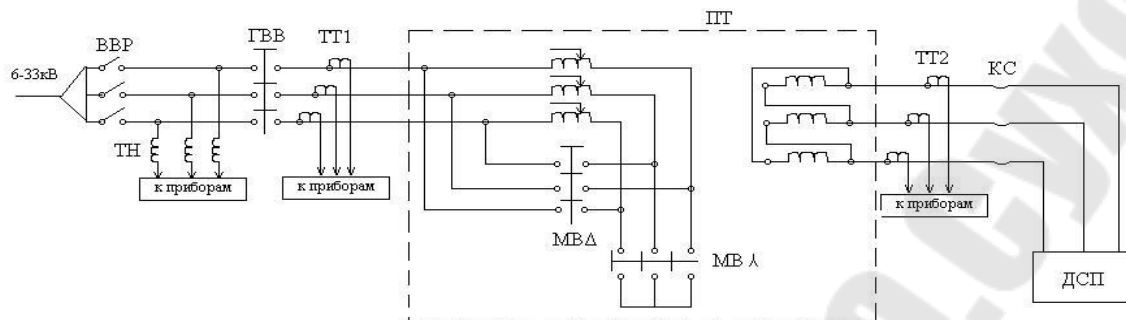


Рисунок 1.12 – Схема включения ДСП.

1.2.3 Электрод графитированный

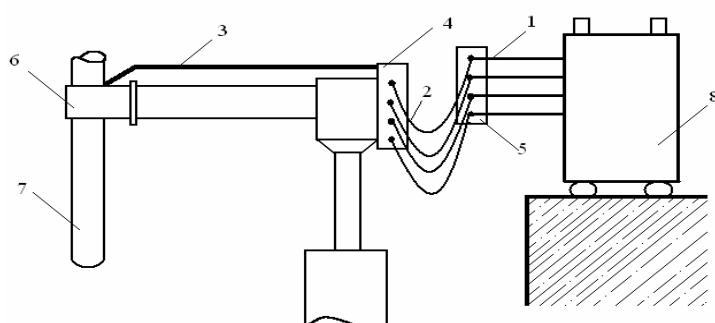
Графитированные электроды применяют в сверхмощных печах. Они обладают в 4--5 раз меньшим удельным электросопротивлением ($8\text{--}13\text{ ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$), что позволяет допускать высокие плотности тока ($34\text{--}14\text{ а/см}^2$). При одном и том же диаметре электродов в печи с графитированными электродами можно подавать значительно большую мощность. Графитированные электроды хорошо противостоят окислительному воздействию атмосферы печи. Диаметр электродов d рассчитывают, исходя из мощности трансформатора (силы тока), причем плотность тока не должна превышать допустимых величин [9].

1.2.3 Устройство короткой сети

Короткая сеть является одним из важнейших участков в электрическом контуре электропечной установки.

Короткая сеть – это совокупность проводников, соединяющих низковольтные выводы печного трансформатора с рабочей зоной ДСП (рисунок 1.2.1).

Короткая сеть состоит из трёх участков: медных труб с водяным охлаждением; гибкого токоподвода и медных токоподводящих труб, по которым ток подается непосредственно к электродам



1 – жесткая часть токоподвода;

2 – гибкая часть токоподвода;

3 – токоподводящие трубы;

4 – подвижный башмак;

5 – неподвижный башмак;

6 – головка электродержателя;

7 – электрод;

8 – трансформатор

Рисунок 1.13 – 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.

Подвижный и неподвижный башмаки предназначены для соединения жесткой части с гибкой частью и гибкой части с токоподводящими трубами.

Башмак – это медная доска, зачастую водоохлаждаемый, со специальными креплениями.

Присоединение концевых участков короткой сети с выводами печного трансформатора осуществляется через компенсаторы. Гибкие компенсаторы представляют собой пакеты из тонких медных лент. Они выполняют следующие функции:

- облегчают условия присоединения труб к выводам печного трансформатора при неизбежных отклонениях во время монтажа;
- разгружают выводы трансформатора от дополнительных механических нагрузок, возникающих при температурных расширениях шин КС и при вибрации бака трансформатора.

2 Расчетная часть

2.1 Выбор основных электрических параметров дуговой сталеплавильной печи.

2.1.1 Выбор мощности трансформатора ДСП.

Максимальную мощность трансформатора можно ДСП можно определить по формуле:

$$S_H = \frac{g_0 \cdot Q_{ПР.Р}}{\cos \varphi \cdot \tau_p \cdot K}$$
$$S_H = \frac{100 \cdot 420}{0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,75} = 87500 \text{ кВА.}$$

где g_0 – вместимость печи;

$\cos \varphi$ – средний коэффициент мощности печной установки, принимаем $\cos \varphi = 0,8$;

τ_p – время расплавления, принимаем $\tau_p = 0,75$;

K – коэффициент использования мощности трансформатора, принимаем $K = 0,9$;

$Q_{пр.р}$ – практический расход энергии за период расплавления с учётом тепловых и электрических потерь печью на 1 т. металла, кВт·ч/т, принимаем $Q_{пр.р} = 420$ кВт·ч/т.

Принимаем стандартный трансформатор типа ЭТЦПК – 160000/110 – 87УЗ. Номинальная мощность 90000 – 40200 кВА.

2.1.2 Определение вторичного напряжения.

Высшую ступень вторичного линейного напряжения $U_{2ЛВ}$ современных ДСП различной мощности можно описать зависимостью типа:

$$U_{2ЛВ} = K \cdot S_H^n$$

При $n = 0,25$ (методика Никольского Л. В.) $K = 240$.

$$U_{2ЛВ} = 240 \cdot 90^{0,25} = 723 \text{ В.}$$

По ходу плавки вторичное напряжение необходимо снижать согласно энергетическому режиму. Низшая ступень вторичного напряжения определяется глубиной регулирования напряжения в виде соотношения

$$\frac{U_{2ЛВ}}{U_{2ЛН}} = 3$$

$$U_{2ЛН} = \frac{U_{2ЛВ}}{3} = \frac{723}{3} = 241 \text{ В.}$$

2.1.3 Определение ступеней вторичного напряжения.

Количество ступеней для печей средней и большой мощностей - от 8 до 23, принимаем 23 ступени. Разница между ступенями определяется по формуле:

$$\Delta U = \frac{U_{2ЛВ} - U_{2ЛН}}{23} = \frac{723 - 241}{16} = 30,1 \text{ В.}$$

Таким образом, составляем таблицу:

Таблица 1 – Напряжения ступеней трансформатора ДСП.

№ ступени	1	2		23
$U_{2ЛН}$	723	693	...	63

Промежуточные ступени вторичного напряжения получают изменением числа витков на первичных обмотках трансформатора и переключением схемы соединения первичных обмоток трёхфазных трансформаторов с треугольника на звезду.

2.1.4 Определение величины силы номинального линейного тока, А.

$$I_{2ЛН} = \frac{S_H \cdot 10^6}{U_{2ЛВ} \cdot \sqrt{3}} = \frac{90 \cdot 10^6}{723 \cdot \sqrt{3}} = 4324,3 \text{ А.}$$

2.1.5 Расчет диаметра электрода $d_{эл}$, мм.

Наиболее простой способ определения $d_{эл}$ - по допустимой плотности тока, которая установлена для электродов разного диаметра. Принимаем плотность тока $\Delta i = 28 \text{ А/см}^2$.

$$d_{эл} = \sqrt{\frac{4 \cdot I_{2ЛН}}{\pi \cdot \Delta i}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 73224}{3,14 \cdot 28}} = 580 \text{ мм,}$$

где $I_{2ЛН}$ - номинальная сила тока в электроде, А.

Принимаем $d_{эл} = 610 \text{ мм}$.

2.2 Выбор формы и определение плавильного пространства печи.

2.2.1 Объём ванны, занимаемый жидкой сталью, м^3 :

$$V_B = v \cdot G = 0,145 \cdot 100 = 14,5 \text{ м}^3,$$

где v – удельный объём жидкой стали, ($v = 0,145 \text{ м}^3/\text{т}$);

G – масса жидкого металла, т.

2.2.2 Выбор рационального значения соотношения D_M / H_M

где D_M - диаметр зеркала металла;

H_M - глубина металла.

Выбираем $D_M / H_M = 4,25$.

2.2.3 Выбор наиболее рациональной формы ванны.

Полная глубина сфероконической ванны H_M состоит из двух частей: глубины конической части ванны (h_1) и глубины сферической части ванны (h_2). Причем $h_1 = 0,8 \cdot H_M$ и $h_2 = 0,2 \cdot H_M$.

2.2.4 Диаметр зеркала металла.

$$D_M = 2000 \cdot C \cdot \sqrt[3]{V_M},$$

где V_M - объем жидкого металла, м^3 ;

C - коэффициент, определяется по формуле:

$$C = 0,875 + 0,042 \cdot \frac{D_M}{H_M}$$

$$D_M = 2000 \cdot 1,5 \sqrt[3]{14,5} = 5075,4 \text{ мм.}$$

2.2.5 Глубина жидкой ванны:

$$H_M = \frac{D_M}{5} = \frac{5075,4}{4,25} = 1,194 \text{ мм.}$$

2.2.6 Глубина конической части ванны:

$$h_1 = 0,8 \cdot H_M = 0,8 \cdot 1,194,1 = 955,2 \text{ мм.}$$

2.2.7 Глубина сферической части ванны:

$$h_2 = 0,2 \cdot H_M = 0,2 \cdot 1,194,1 = 238,82 \text{ мм.}$$

2.2.8 Диаметр сферической части ванны:

$$d = D_M - 2 \cdot h_1 = 3164,54 \text{ мм.}$$

2.2.9 Объем ванны, занимаемый жидким шлаком.

При расчете объема ванны, занимаемого жидким металлом и шлаком, принимают следующие значения плотности: для стали $\gamma_{\text{ст}} = 7 \text{ т/м}^3$, удельный объем $v_{\text{ст}} = 0,145 \text{ м}^3/\text{т}$; для основного шлака $\gamma_{\text{осн.шл}} = 3,2 \text{ т/м}^3$, удельный объем $v_{\text{осн.шл}} = 0,312 \text{ м}^3/\text{т}$. Кратность шлака принимаем $K = 0,125$.

Таким образом, для основного процесса

$$V_{\text{шл}} = K \cdot v_{\text{ст}} \cdot g_0 = 0,125 \cdot 0,145 \cdot 100 = 1,8 \text{ м}^3.$$

2.2.10 Высота слоя шлака.

Высота слоя шлака может быть определена по упрощённой формуле:

$$h_{\text{шл}} = \frac{4 \cdot V_{\text{шл}}}{\pi \cdot D_M^2} = \frac{4 \cdot 1,8}{3,14 \cdot 5,075^2} = 90 \text{ мм.}$$

2.2.11 Высота от зеркала шлака до уровня порога рабочего окна

Принимаем высоту от зеркала шлака до уровня порога рабочего окна $h_3 = 30$ мм.

2.2.12 Высота от уровня порога рабочего окна до верхнего уровня откосов

Принимаем высоту от уровня порога рабочего окна до верхнего уровня откосов $h_4 = 50$ мм.

2.2.13 Глубина ванны от пода до верхнего уровня откосов:

$$H_B = H_M + h_{\text{шл}} + h_3 + h_4 = 1194,1 + 80 + 30 + 50 = 1354,1 \text{ мм.}$$

2.2.14 Диаметр плавильного пространства на уровне откосов:

$$D_{\text{пл}} = D_M + 2 \cdot (h_{\text{шл}} + h_3 + h_4)$$
$$D_{\text{пл}} = 5075,4 + 2 \cdot (80 + 30 + 50) = 5395,4 \text{ мм.}$$

2.2.15 Высота стен:

Расстояние от уровня откосов до пят свода называют высотой стен

$$h_{\text{ст}} = 0,36 \cdot D_{\text{пл}} = 0,36 \cdot 5395,4 = 1942,3 \text{ мм.}$$

2.2.16 Стрела выпуклости свода.

Расстояние от зеркала ванны, до центральной высшей точки на внутренней поверхности свода, считают высотой свода $h_{\text{ст}}$. Разница между высотой свода и высотой стен составляет стрелу выпуклости свода. Стрела выпуклости для сводов из термостойкого хромомagneзитового кирпича:

$$h_{\text{стр}} = 0,13 \cdot D_{\text{прол}} = 0,13 \cdot 6395,4 = 831,4 \text{ м}$$

$$D_{\text{прол}} = D_{\text{пл}} + 1000 = 5395,4 + 1000 = 6395,4 \text{ мм,}$$

где $D_{\text{прол}}$ - диаметр пролёта.

2.2.17 Высота свода.

Высота свода состоит из двух частей:

$$h_{CB} = h_{CT} + h_{СТР} = 1942,3 + 831,4 = 2773,7 \text{ мм.}$$

Должно соблюдаться соотношение $\frac{h_{CB}}{D_{ПЛ}}$.

$$\frac{h_{CB}}{D_{ПЛ}} = \frac{2773,7}{5395,4} = 0,51$$

2.2.18 Толщина свода.

Принимаем толщину свода $\delta_{CB} = 380 \text{ мм.}$

2.2.19 Определение рационального внутреннего профиля кладки боковых стен.

В настоящее время в отечественной практике дуговых сталеплавильных печей хорошо себя зарекомендовали цилиндрикоконические кожухи, внутри которых заключена футеровка с внутренним наклонным профилем стен с углом наклона к вертикали в нижнем наиболее горячем поясе порядка $25 - 30^{\circ}$, принимаем $\alpha_1 = 27^{\circ}$.

2.2.20 Определение толщины стен на уровне откосов:

Принимаем толщину стен на уровне откосов $m_1 = 575 \text{ мм.}$

2.2.21 Определение внутреннего диаметра кожуха печи.

- на уровне откосов:

$$D_{к.отк} = D_{ПЛ} + 2 \cdot m_1 = 5395,4 + 2 \cdot 575 = 6545,4 \text{ мм.}$$

2.2.22 Определение рационального профиля печи при использовании футеровки стен с водоохлаждаемыми панелями.

Внутренний диаметр на уровне пят свода

$$D_{ПЯТ.СВ} = D_{ПЛ} + 2[h_{к.вст} \cdot \text{tg} \alpha + m_1] = 5395,4 + 2 \cdot [728,8 \cdot 0,52 + 575] = 7302,89 \text{ мм.}$$

2.2.23. Определение диаметра кожуха печи на уровне пят свода.

$$D_{к.ПЯТ.СВ} = D_{ПЯТ.СВ} + 2 \cdot D_{ТР} = 7302,9 + 2 \cdot 80 = 7462,9 \text{ мм}$$

где $D_{ТР}$ - диаметр трубы водоохлаждаемой панели. $D_{ТР} = 80 \text{ мм.}$

2.2.24 Определение размеров кожуха печи.

Кожух печи выбирается цилиндрикоконической формы. Принимаем угол наклона конической части кожуха $\gamma = 20 \text{ град.}$ Коническая часть

кожуха (h_k) должна начинаться от верхнего уровня откосов и составлять по высоте

$$h_k = 0,4 \cdot h_{CT} = 0,4 \cdot 1942,3 = 776,92 \text{ мм.}$$

2.2.25 Определение толщины подины

При проектировании печей по практическим данным толщину подины принимают равной глубине металла H_M , т. е. $\delta_{II} = 0,8 \cdot H_M = 955,28 \text{ мм.}$

2.2.26 Определение высоты подины

$$H_{\text{под}} = H_B + \delta_{II} = 1354 + 955,28 = 2309,28 \text{ мм.}$$

2.2.27 Определение диаметра распада электродов

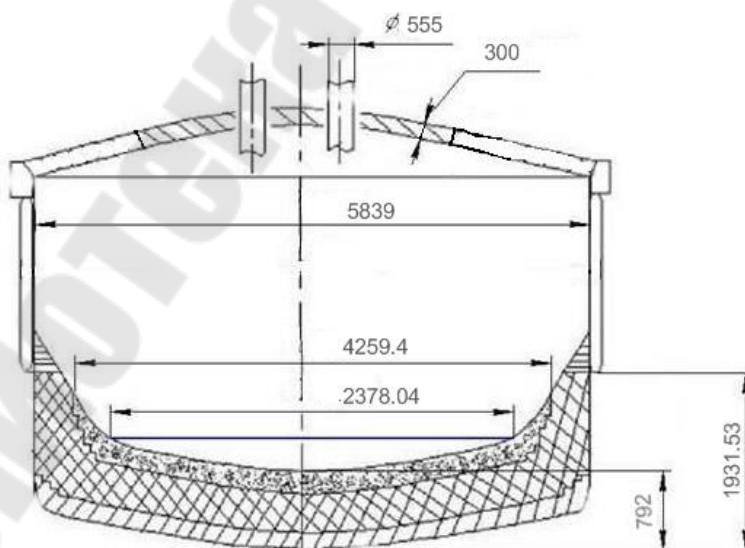
Диаметр распада электродов (d_p), характеризует расположение электрических дуг в рабочем пространстве печи. Рекомендуется при конструировании печей придерживаться следующей рациональной величины

отношения $\frac{d_p}{D_{III}} \leq 0,3$

2.2.28 Определение размеров рабочего окна

Ширина рабочего окна (a): $a = 0,30 \cdot D_{III} = 0,30 \cdot 5395,4 = 1618,6 \text{ мм.}$

Высота рабочего окна (b): $b = 0,8 \cdot a = 0,8 \cdot 1618,6 = 1394,8$



2.3 Тепловой расчёт футеровки ДСП.

2.3.1 Рассчитываем коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$$\alpha_0 = 10 + 0.06 \cdot T_H.$$

где T_H – температура наружной поверхности равная 180°C ;

$$\alpha_0 = 10 + 0.06 \cdot 180 = 20.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{C}^0).$$

2.3.2 Рассчитываем теплоты теплоотдачи конвекцией:

$$Q_{T_0} = 0.7 \cdot \alpha_0 \cdot (T_H - T_B)$$

где T_B – температура окружающей атмосферы равная 0°C ;

$$Q_{T_0} = 0.7 \cdot 20.8 \cdot (180 - 0) = 2620.8 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

2.3.3 Расчёт температур на каждом из слоёв.

2.3.3.1 Расчет температуры на границе между магнезитом и шамотом.

Ведём расчёт по формуле:

$$T_1 = T_0 - \frac{Q_{T_0} \cdot \delta_1}{\lambda_1}$$

где $\lambda_1 = 6.28 - 2.7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T_1 + T_0}{2}$;

δ_1 – толщина слоя магнезита равная 645 мм.

Преобразовав формулу до:

$$0.00135 \cdot T_1^2 + 6.28 \cdot T_1 + 4996.209 = 0$$

определяем $T_1 = 1018.5 \text{ C}^0$.

2.3.3.2 Расчет температуры на границе между шамотом и шамотной крупкой.

Ведём расчёт по формуле:

$$T_2 = T_1 - \frac{Q_{T_0} \cdot \delta_2}{\lambda_2}$$

где $\lambda_2 = 0.88 + 0.23 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T_2 + T_1}{2}$;

δ_2 – толщина слоя шамота равная 130 мм.

Преобразовав формулу до:

$$0.000115 \cdot T_2^2 + 0.88 \cdot T_2 - 677.8 = 0$$

определяем $T_2 = 696.05 \text{ C}^0$.

2.3.3.3 Расчет температуры на границе между шамотной крупкой и асбестом.

Ведём расчёт по формуле:

$$T_3 = T_2 - \frac{Q_{T0} \cdot \delta_3}{\lambda_3}$$

$$\text{где } \lambda_3 = 0.28 + 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T_3 + T_2}{2};$$

δ_3 - толщина слоя шамотной крупки равная 50 мм.

Преобразовав формулу до:

$$0.0001 \cdot T_3^2 + 0.28 \cdot T_3 - 112.6 = 0$$

определяем $T_3 = 345 \text{ C}^0$.

2.3.3.4 Определяем толщину слоя асбеста.

Толщину слоя асбеста определяем по формуле:

$$\delta_4 = \frac{\lambda_4 \cdot (T_4 + T_3)}{Q_{T0}}$$

$$\text{где } \lambda_4 = 0.157 + 0.14 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{T_4 + T_3}{2} = 0.157 + 0.14 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{345 + 180}{2} = 0.194$$

$$\delta_4 = \frac{0.194 \cdot (345 + 180)}{2620.8} = 0.012 \text{ м.}$$

2.4 Расчёт элементов короткой сети.

2.4.1 Жёсткий участок токопровода выполняется из водоохлаждаемых медных труб круглого сечения.

Принимаем сечение труб 80x60 мм.

Определяем сечение неподвижной части короткой сети:

$$F_H = \frac{I_p}{\Delta i_H} = \frac{73224,3}{6,5} = 11265,27 \text{ мм}^2.$$

где I_p – рабочий ток, А;

Δi_H – допустимая плотность тока, принимаем $\Delta i_H = 6,5 \text{ А/мм}^2$.

Определяем площадь сечения отдельной трубы:

$$F_{TP} = \frac{\pi \cdot (D_{BH}^2 - D_{BHVT}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (80^2 - 60^2)}{4} = 2198 \text{ мм}^2.$$

Определяем количество водоохлаждаемых труб в пакете:

$$n_{TP} = \frac{F_H}{F_{TP}} = \frac{11265,2}{2198} = 5,11$$

Принимаем количество труб $n_{TP} = 6$ шт.

2.4.2 Гибкий участок токопровода.

Гибкий участок токопровода служит для соединения подвижного и неподвижного участков короткой сети дуговых печей. Применяем водоохлаждаемые кабели.

Определяем площадь сечения всех кабелей гибкой части короткой сети:

$$F_G = \frac{I_P}{\Delta i_G} = \frac{73224,3}{3,5} = 20921,22 \text{ мм}^2.$$

где I_P – рабочий ток, А;

Δi_G – допустимая плотность тока, принимаем $\Delta i_G = 3,5$ А/мм².

Принимаем кабели типа КСВ ДСП 2100.

Определяем количество гибких кабелей:

$$n_K = \frac{F_G}{F_K} = \frac{20921,22}{2100} = 9,96$$

где F_K – сечение гибкого кабеля, мм².

Принимаем количество гибких кабелей $n_K = 10$ шт.

2.4.3 Токоподвод к электроду.

Токоподводящие трубы от подвижного башмака к электроду выполняются из меди.

Выбор токоподвода к электроду:

$$F_{TP} = \frac{I_P}{\Delta i_{TP}} = \frac{73224,3}{8} = 9153,02 \text{ мм}^2.$$

где I_P – рабочий ток, А;

Δi_{TP} – допустимая плотность тока, А/мм².

Определяем сечение токоподводящей трубы:

$$F_{TP} = \frac{\pi \cdot (D_{BH}^2 - D_{BHVT}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (120^2 - 90^2)}{4} = 4945,5 \text{ мм}^2.$$

где D_{BH} – внешний диаметр токоподводящей трубы, мм;

D_{BHVT} – внутренний диаметр токоподводящей трубы, мм.

Определяем количество токоподводящих труб:

$$n_{TP} = \frac{F_{ТП}}{F_{TP}} = \frac{9153,03}{4945,5} = 1,85$$

Принимаем количество токоподводящих труб $n_{TP} = 2$ шт.

3 Специальная часть

Применение газово – кислородных горелок

Газо-кислородные горелки для уменьшения длительности плавления и уменьшения расхода электроэнергии используются при плавке стали в дуговых печах и по обычной технологии. В качестве топлива для горелок применяют мазут, керосин или, чаще, природный газ. Интерес к их использованию возрос после появления в 70-х годах сверхмощных ДСП с водоохлаждаемыми панелями в стенах. В холодных зонах у стен, в промежутках между электродами, плавление замедляется и длительность плавления увеличивается. Для дополнительного нагрева этих зон применяют стеновые горелки, факелы которых направлены на эти зоны (рисунок 15). Стеновые горелки стационарные и охватывают только расположенный против них лом.

Суммарная мощность стеновых горелок < 150 кВт/т металлической шихты. Удельный расход газообразного топлива 7-8 м³/т, а жидкого — 5-6 л/т. Горелки включают после загрузки каждой порции лома на 5-7 мин; общая длительность их работы не превышает 15-17 мин. Температура лома при нагреве стеновыми горелками достигает 800-900 °С. Далее горелки отключают вследствие уменьшения их эффективности, вызванного ухудшением условий теплопередачи, особенно при оседании лома и сокращении конвективного контакта факелов с шихтой, и снижения КПД горелок. С

применением стеновых горелок длительность плавления сокращается на 10-15%, а расход электро энергии - на 25-50 кВт-ч/т. При этом уменьшается суммарный расход химической энергии топлива.

Целесообразность замены части (< 15-20 %) электроэнергии в ДСП энергией сжигаемого топлива определяется: ценами на электроэнергию и топливо, степенью полезного использования различных энергоносителей, их дефицитом вообще и в данной местности, в частности. Эти и другие факторы учитываются при выборе способа нагрева ванны и технологии плавки.

Производительность может быть существенно увеличена с повышением расхода кислорода, подаваемого через фурмы в металл. При этом, однако, особенно при содержании углерода < 0,1 %, увеличивается угар вследствие повышения содержания FeO в шлаке. В результате уменьшается выход стали и соответственно возрастает удельный расход электроэнергии. Для сокращения этого расхода продувку ванны кислородом ведут только с конца плавления и в окислительный период. При этом увеличивается коэффициент использования энергии.

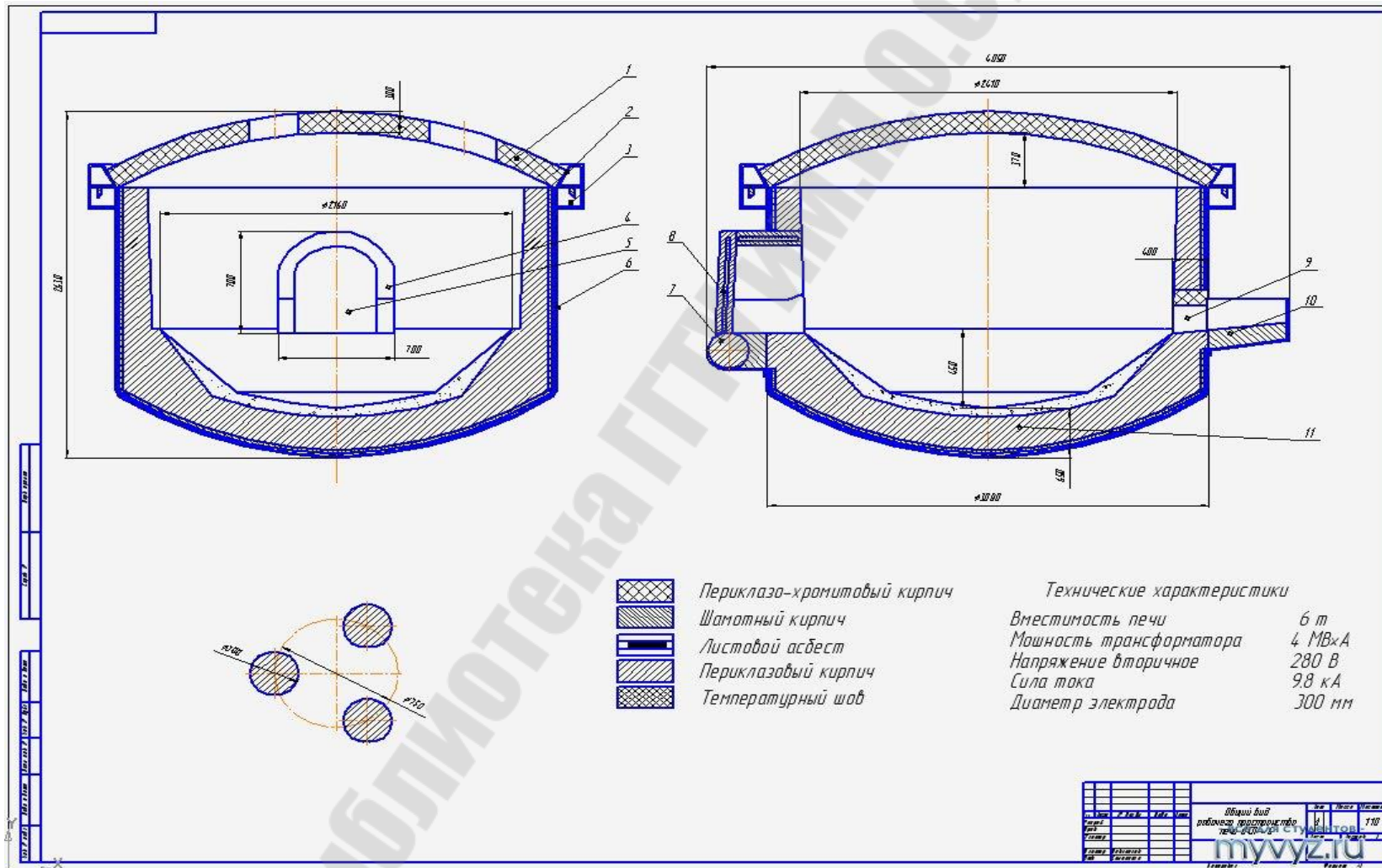
Уменьшение расхода кислорода для продувки ванны также вызывает уменьшение удельного расхода электроэнергии вследствие повышения выхода годного. Так, при анализе теплового баланса плавки стали в 100-т ДСП установлено, что при понижении расхода кислорода на продувку с обычных 25 м³/т до 15 м³/т коэффициент использования энергии, включающей электроэнергию (300 кВт-ч/т), а также тепло окисления углерода, природного газа, других элементов, повышается с 54 % до 58 %. Общий удельный расход энергии понижается с 700 кВтч/т до 655 кВт-ч/т, расход чушкового чугуна, носителя углерода, уменьшается на ~15 %, а расход огнеупоров в центре свода - на 15 кг/т.

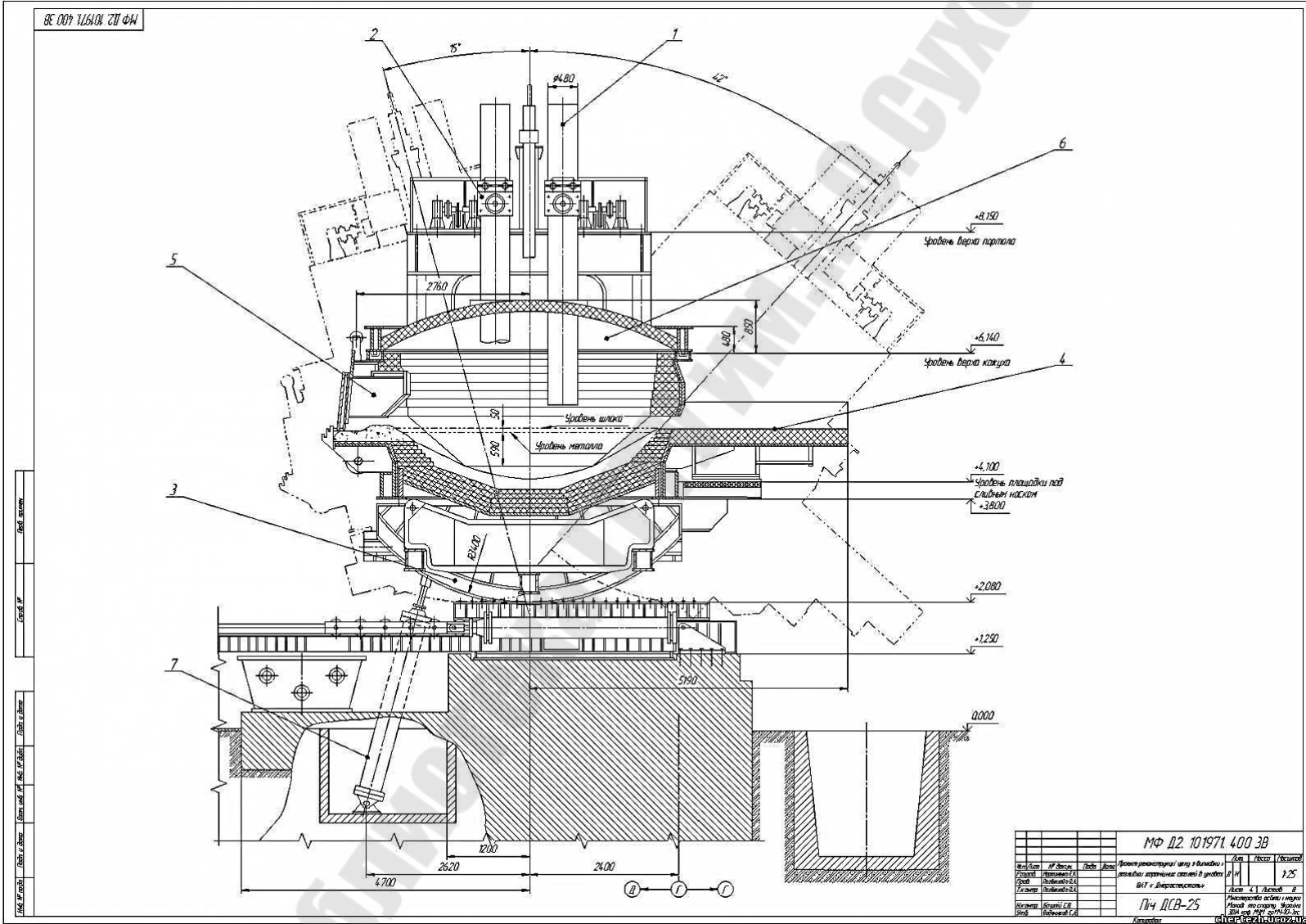
Заключение

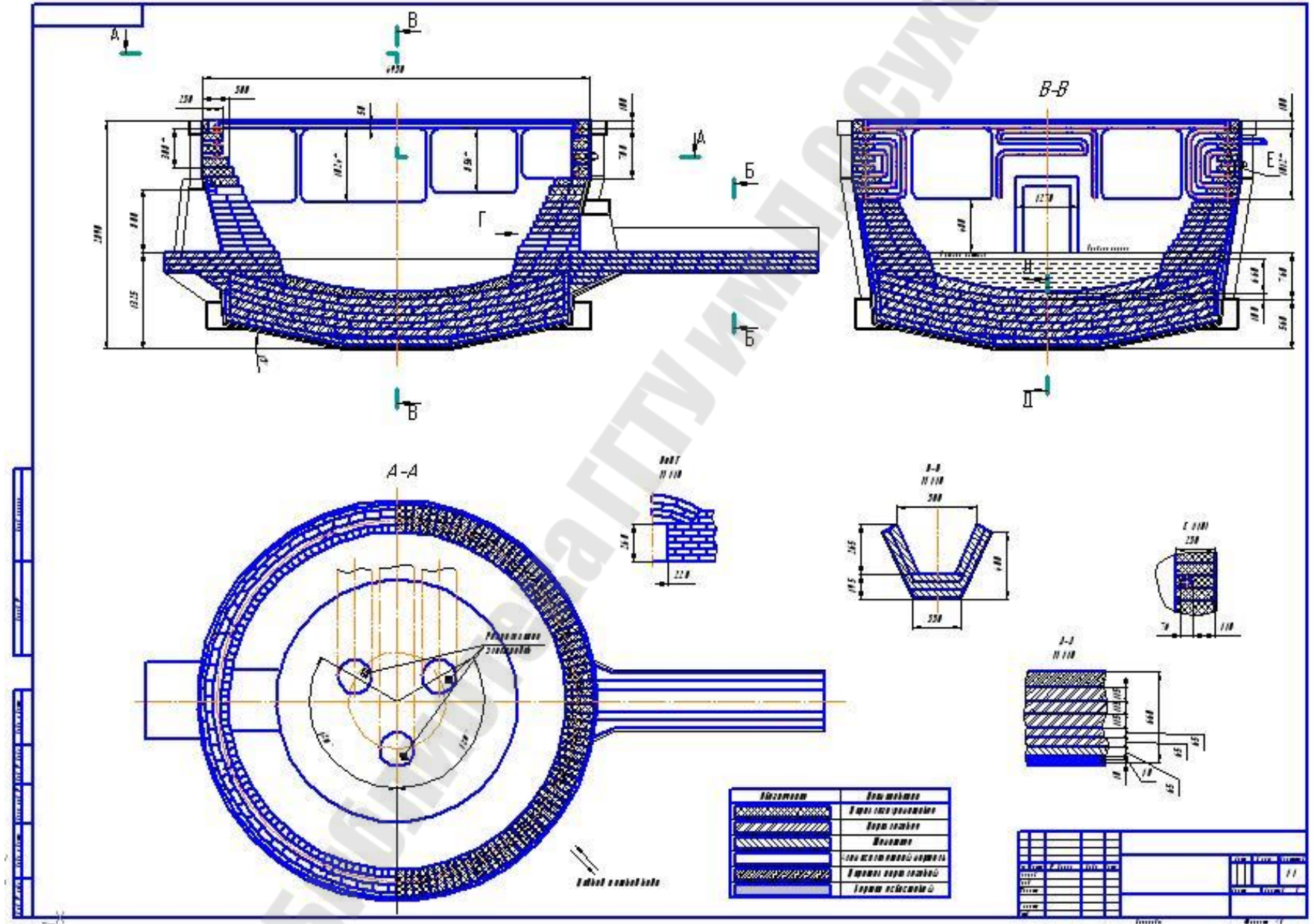
В данном курсовом проекте были разработаны и спроектированы сборочные чертежи дуговой сталеплавильной печи вместимостью сто тонн.

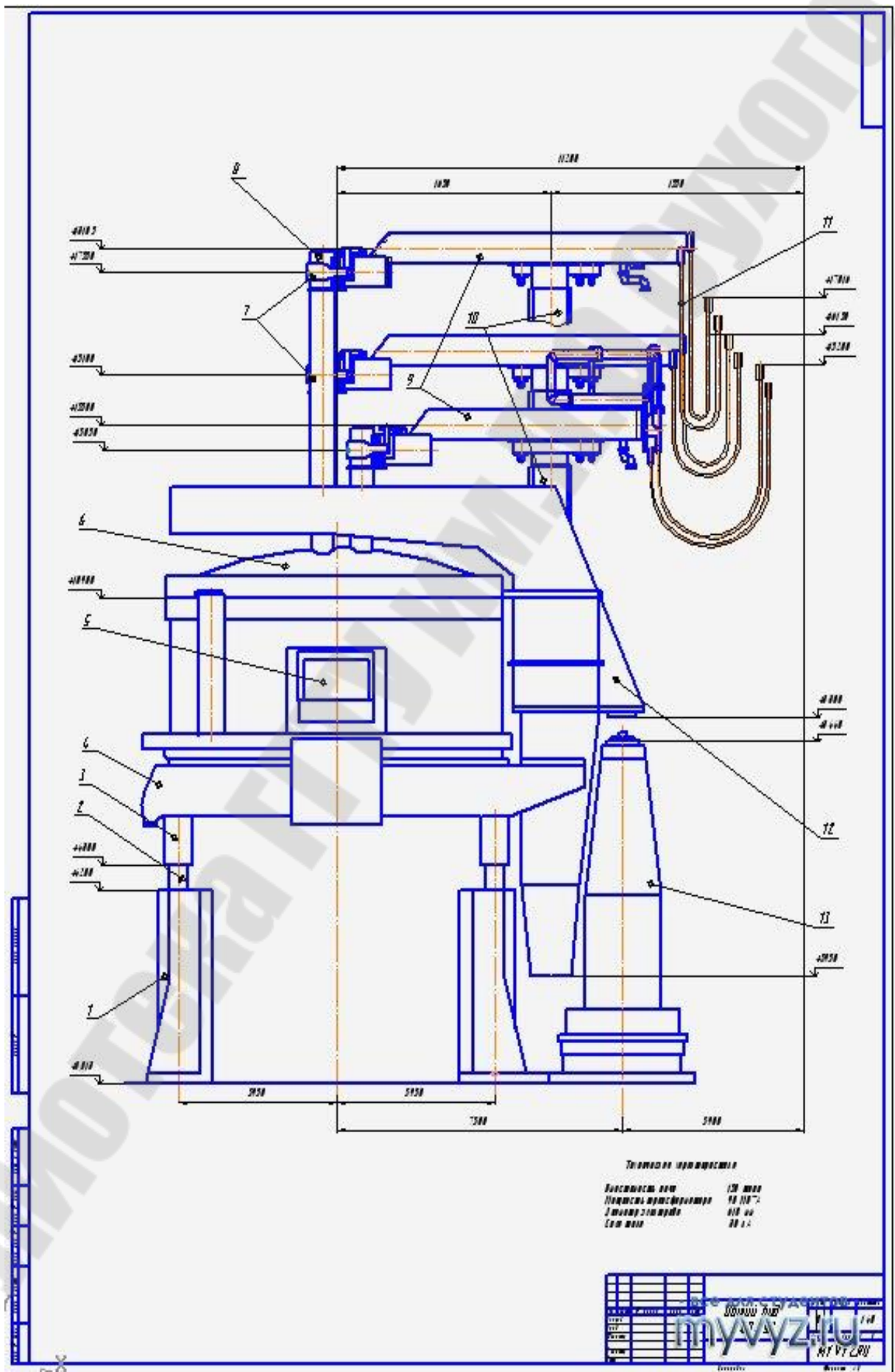
Рассчитаны электрические и геометрические параметры печи, приведен тепловой расчет футеровки и элементов короткой сети.

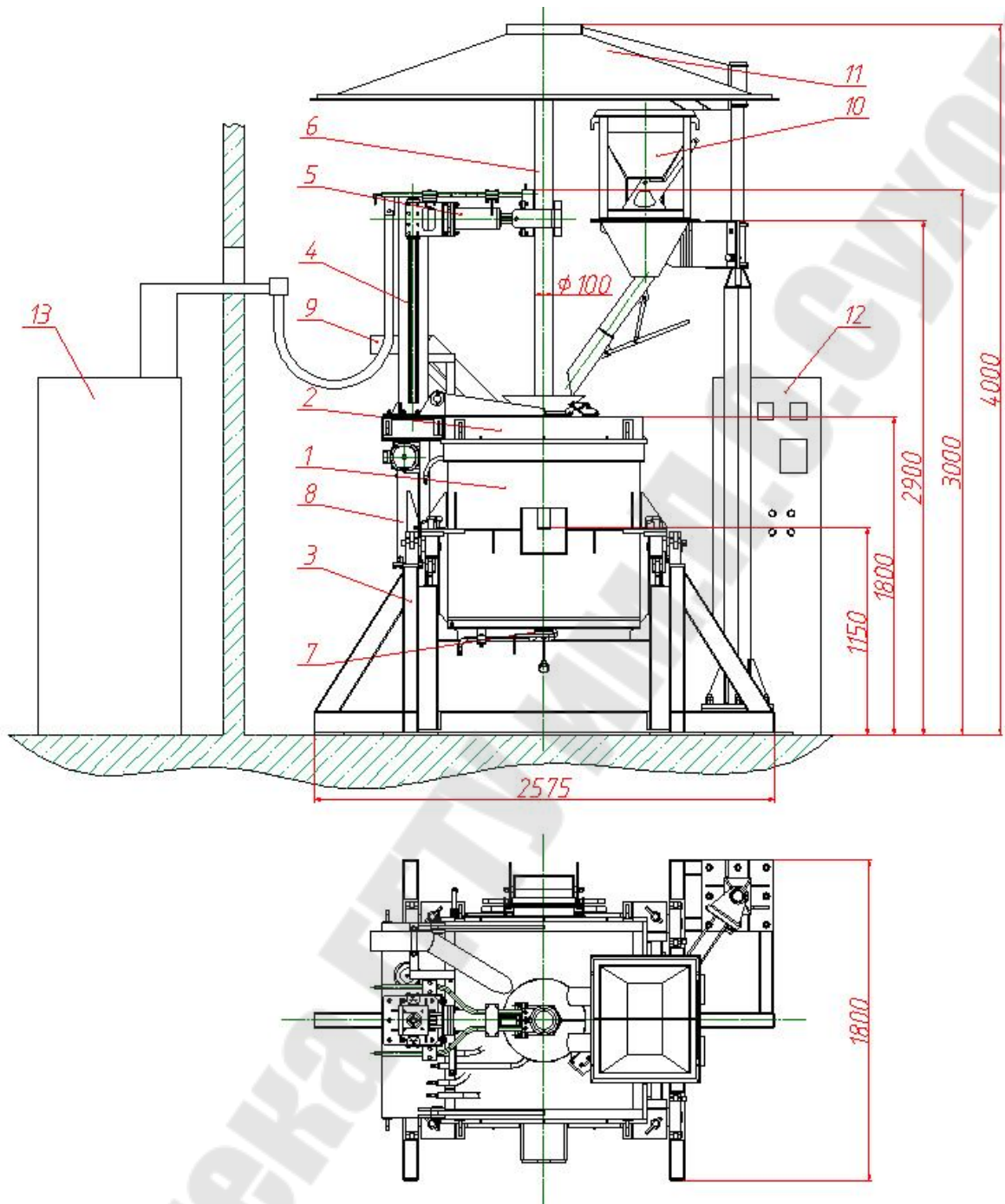
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Пример оформления чертежей курсового проекта

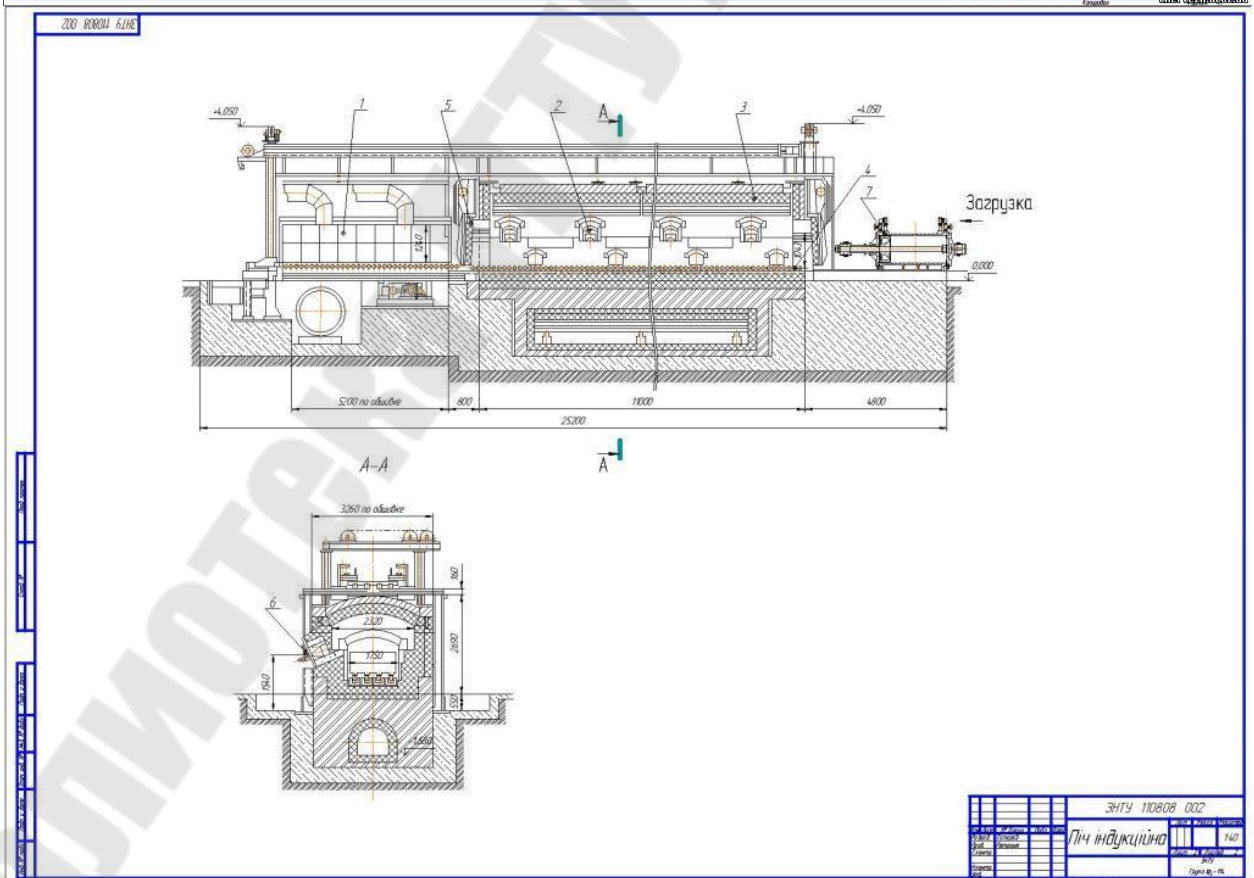
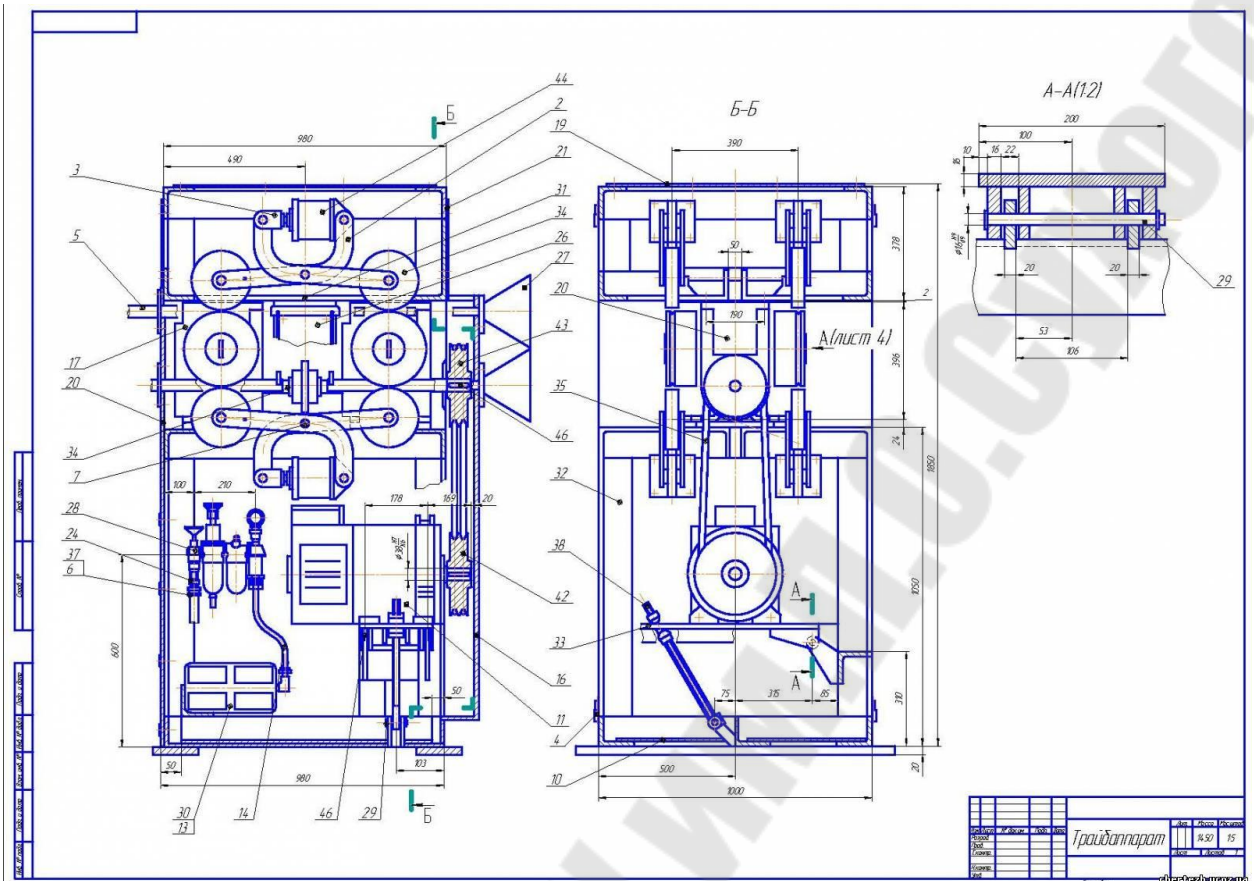


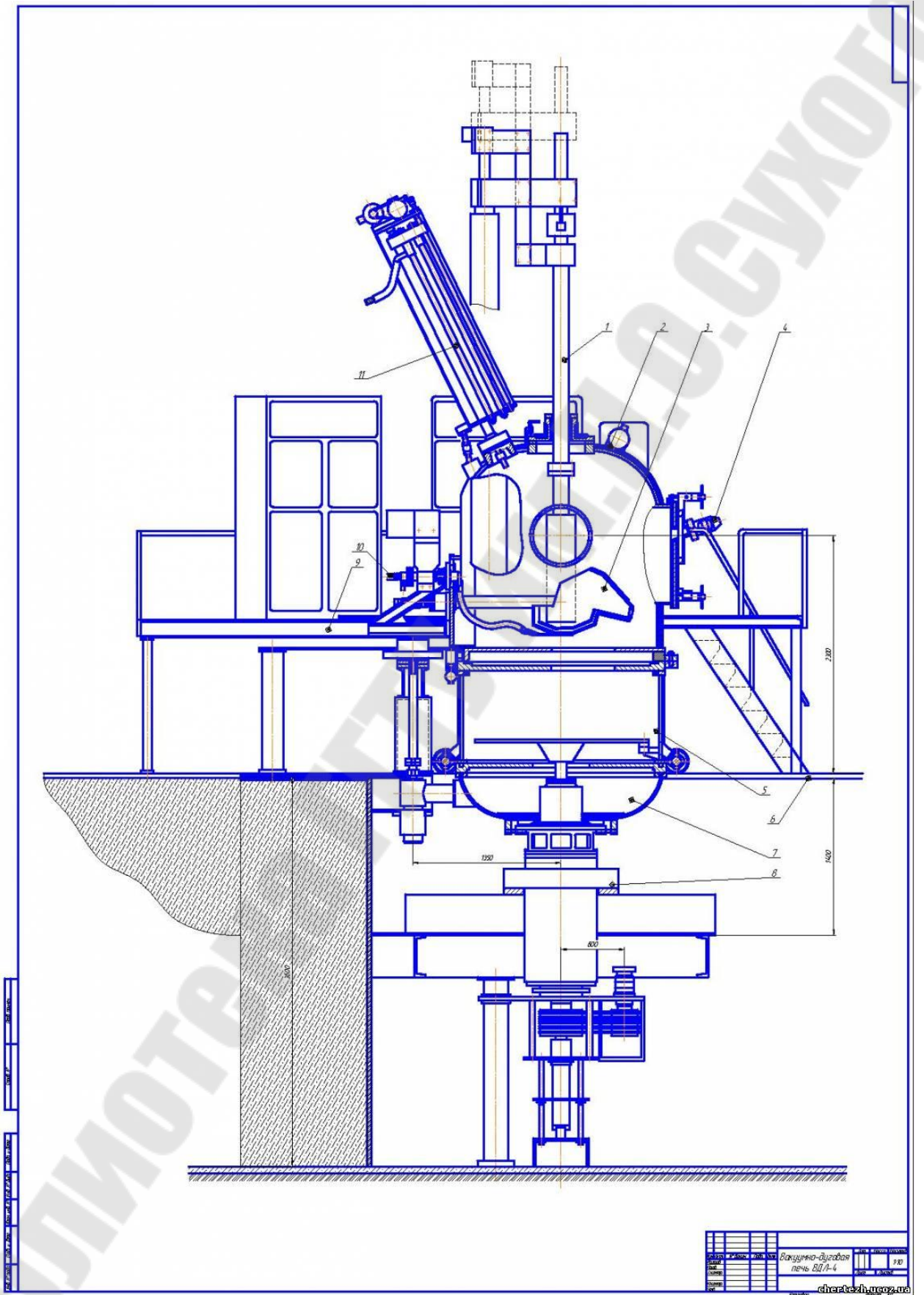












Жаранов Виталий Александрович

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию для студентов
специальности 1-42 01 01 «Металлургическое
производство и материалобработка (по направлени-
ям)» специализации 1-42 01 01-01 ««Металлургическое
производство и материалобработка (металлургия)»
направления 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия
черных и цветных металлов»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 09.12.14.

Рег. № 85Е.

<http://www.gstu.by>