



Министерство образования Республики Беларусь

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

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

по выполнению курсовой работы
для слушателей специальности переподготовки
9-09-0714-03 «Металлургическое производство
и материалобработка»
заочной формы обучения

Гомель 2026

УДК 621.7(075.8)
ББК 34.441я73
Т33

*Рекомендовано кафедрой «Металлургия и технологии
обработки материалов» ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 23.10.2025 г.)*

Составители: *Ю. Л. Бобарикин, В. А. Жаранов*

Рецензент: декан заочного факультета Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого канд. техн. наук *Ю. А. Рудченко*

Т33 **Теория** и технология металлургического производства : пособие по выполнению курсовой работы для слушателей специальности переподготовки 9-09-0714-03 «Металлургическое производство и материалобработка» заоч. формы обучения / сост.: Ю. Л. Бобарикин, В. А. Жаранов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2026. – 64 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 2 Gb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; ATL Linux 10.1 ; Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Пособие охватывает весь цикл выполнения курсовой работы: от целей и задач до правил оформления и критериев оценки. Основное внимание уделяется практическим аспектам проектирования, включая выбор технологии и оборудования (сталеплавильного, прокатного, метизного), проведение расчётов (материальный и тепловой баланс, энергосиловые параметры), а также внедрение современных методов компьютерного инжиниринга (CAE) для оптимизации конструкций. В пособии описана структура пояснительной записки, требования к графической части и нормоконтролю, со ссылками на актуальные стандарты (ГОСТ, СТБ). Особое внимание уделено аналитическому разделу, где слушателям предлагается обосновать выбор технологических решений на основе сравнения альтернатив, а также вопросам экологии, ресурсосбережения и экономической эффективности. Документ ориентирован на специалистов-практиков и руководящих работников, требуя глубокой проработки инженерных решений и привязки к реальным производственным задачам.

Для слушателей специальности переподготовки 9-09-0714-03 «Металлургическое производство и материалобработка» ИПКиП.

УДК 621.7(075.8)
ББК 34.441я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2026

Оглавление

РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	5
1.1 Общие положения и требования к проекту	5
1.1.1. Цели и задачи курсового проектирования.....	5
1.2 Тематика и содержание проекта	6
1.3 Список тем курсовых проектов по дисциплине «Теория и технология металлургического производства»	7
1.4 Структура и объем курсового проекта	12
1.5 Пояснительная записка.....	13
1.6 Требования к содержанию разделов.....	14
1.7 Правила оформления пояснительной записки.....	14
1.7.1 Общие требования к тексту.....	14
1.7.2 Формулы.....	15
1.7.3 Иллюстрации	17
1.7.4 Оформление таблиц	18
1.8 Требования к оформлению графической части и чертежей.....	20
1.9 Основные виды конструкторских документов.....	22
1.9.1 Спецификация (ГОСТ 2.106–96).....	22
1.9.2 Сборочный чертёж (ГОСТ 2.109–73).....	23
1.9.3 Чертёж общего вида (ГОСТ 2.119–2013)	23
1.9.4 Схемы (ГОСТ 2.701–2008).....	24
РАЗДЕЛ 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	26
2.1 Исходные данные для проектирования	27
2.2 Методика формирования производственной программы и фонда времени	29
2.3 Аналитический раздел: обоснование выбора технологии.....	33
2.4 Оглавление курсового проекта (ПРИМЕР).....	36
2.5 Краткое описание глав.....	37
2.6 Рекомендации по выполнению	38

2.7 Применение компьютерного инжиниринга (САЕ) для расчёта и оптимизации металлургического оборудования	39
2.8 Этапы выполнения курсового проекта.....	44
2.9 Подготовка к защите курсового проекта.....	53
2.10 Типичные ошибки и как их избежать.....	58
2.11 Итоговый контрольный список.....	61
Заключение	63
Список использованной и справочной литературы	64

РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1 Общие положения и требования к проекту

1.1.1 Цели и задачи курсового проектирования

Курсовая работа является завершающим этапом изучения дисциплины «Теория и технология металлургического производства».

Основные цели выполнения курсовой работы:

- Развитие навыков самостоятельного решения задач в области металлургического производства: анализ технической задачи, выбор методов решения, получение результата.
- Формирование умения применять теоретические знания на практике: перенос фундаментальных положений металлургии (выплавка стали, внепечная обработка, разливка, прокатка, волочение) на конкретные технологические операции.
- Развитие критического мышления и принятия решений: обоснование выбранных решений при ограниченных ресурсах, оценка рисков и альтернативных подходов.
- Комплексный инженерный подход: учёт технологических, конструктивных, экономических и экологических факторов.
- Освоение методологии проектирования: работа с нормативной документацией (ЕСКД, ЕСТД), чтение чертежей, составление технологических карт.

Курсовая работа по дисциплине «Теория и технология металлургического производства» в учебном процессе переподготовки имеет следующие *дополнительные* цели:

- Развитие навыков самостоятельного решения задач в области металлургического производства – формирование умения самостоятельно анализировать техническую задачу, выбирать методы её решения и доводить работу до результата.
- Развитие критического мышления и принятия решений в нестандартных ситуациях – тренировка оценки рисков, поиска альтернативных подходов и обоснования выбранных решений при ограниченных ресурсах или изменяющихся условиях.
- Формирование умения применять теоретические знания на практике – отработка переноса фундаментальных положений металлургии на конкретные технологические операции и процессы.
- Закрепление практических навыков работы с оборудованием и технологической документацией – освоение приёмов расчёта режимов, чтения чертежей, составления технологических карт и протоколов испытаний.

- Обучение методологии проектирования технологических процессов и оборудования – изучение последовательности проектных этапов, стандартов и требований к проектной документации.
- Развитие навыков выбора и обоснования технологических и конструктивных решений – умение проводить технико-экономическое обоснование, оценивать энерго- и материалоемкость, экологические и эксплуатационные факторы.
- Подготовка к выполнению проектов и работ в реальной производственной деятельности по получаемой специальности – моделирование производственных задач, учёт производственных ограничений и требований заказчика.
- Формирование профессиональных компетенций по взаимодействию в коллективе и соблюдению производственной дисциплины – развитие навыков командной работы, коммуникации с подрядчиками и службами, соблюдение техники безопасности и экологических норм.

1.2 Тематика и содержание курсовой работы

Темы курсовых работ формируются руководителем и могут включать одну из следующих укрупнённых задач:

1. Проектная разработка или совершенствование технологических процессов (плавки, прокатки, волочения, термообработки).
2. Проектирование или реконструкция технологического оборудования участка цеха.
3. Разработка или совершенствование материалов/изделий (проволока, металлокорд, профили).
4. Технико-экономическое обоснование внедряемых решений.
5. Научное исследование в направлении совершенствования металлургических технологий.
6. Проектная разработка вопросов охраны труда и производственной безопасности.
7. Технико-экономическое обоснование разработанных технических решений.

Шифр курсовой работы: для идентификации документов используется следующая структура шифра:
 КР ТиТМП. NN XXXX.RR.00.000 ПЗ
 где:

- КР – Курсовая работа;
- ТиТМП – Аббревиатура дисциплины;
- NN – Порядковый номер слушателя в списке группы;
- XXXX – Год защиты (например, 2026);
- RR – Номер раздела (00 для всей записки);
- ПЗ – Код документа (Пояснительная записка).

1.3 Список тем курсовых работ по дисциплине «Теория и технология металлургического производства»

Ниже представлен перечень из 30 базовых тем курсовых работ, составленных на основании содержания документа «Образовательный стандарт переподготовки руководящих работников и специалистов (ОСРБ 9-09-0714-03) – Переподготовка руководящих работников и специалистов, имеющих высшее образование. Специальность: 9-09-0714-03 Металлургическое производство и материалобработка. Квалификация: Инженер» (Глава 2, п. 7-9 и содержание дисциплины на стр. 10).

1. Технология выплавки коррозионностойкой стали методом переплава легированных отходов в ДСП.

- *Краткое описание:* Особенности сохранения хрома и никеля при расплавлении. Термодинамика обезуглероживания без потери хрома.
- *Ожидаемые результаты:* Навыки работы с высоколегированными марками, расчет шихты с учетом угара элементов (СП 14).

2. Энерготехнологический баланс сверхмощной дуговой сталеплавильной печи (ДСП) с эркерным выпуском.

- *Краткое описание:* Расчет прихода и расхода энергии, эффективность работы стеновых горелок и кислородных копий.
- *Ожидаемые результаты:* Умение составлять тепловые балансы и оптимизировать энергопотребление (СП 24, СП 25).

3. Использование металлизированного сырья (DRI/HBI) в шихте электродуговых печей.

- *Краткое описание:* Особенности плавления непрерывно подаваемого сырья, влияние пустой породы на энергопотребление.
- *Ожидаемые результаты:* Навыки оптимизации шихты и управления электрическим режимом печи (СП 14).

4. Технология выплавки рельсовой стали в конвертере с последующим вакуумированием.

- *Краткое описание:* Обеспечение минимального содержания газов (H, N) и неметаллических включений.
- *Ожидаемые результаты:* Знание требований к ответственным маркам стали, комплексный подход к технологии (СП 10).

5. Переработка лома черных металлов: влияние примесей цветных металлов на качество стали.

- *Краткое описание:* Проблема накопления меди и олова в стали. Технологические приемы минимизации их влияния.
- *Ожидаемые результаты:* Умение оценивать качество шихтовых материалов и прогнозировать свойства продукции (СП 14).

6. Гидродинамика и рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ.

- *Краткое описание:* Моделирование потоков металла, использование порогов и перегородок для всплытия неметаллических включений.
 - *Ожидаемые результаты:* Понимание процессов течения жидкости, методы повышения чистоты стали (СП 13, СП 16).
7. Технология глубокой десульфации стали в агрегате «ковш-печь».
- *Краткое описание:* Подбор состава высокоосновных шлаков, раскисление шлака, кинетика массопереноса серы.
 - *Ожидаемые результаты:* Умение разрабатывать технологии внепечной обработки, расчет расхода ферросплавов и флюсов (СП 15).
8. Вакуум-кислородное обезуглероживание (VOD-процесс) при производстве нержавеющей сталей.
- *Краткое описание:* Термодинамика реакции C-O в вакууме. Технология получения сверхнизкоуглеродистых сталей.
 - *Ожидаемые результаты:* Знание вакуумных процессов, управление газонасыщением металла (СП 13).
9. Формирование структуры непрерывнолитого сляба и дефекты кристаллического строения.
- *Краткое описание:* Влияние скорости разливки и интенсивности вторичного охлаждения на осевую ликвацию и трещины.
 - *Ожидаемые результаты:* Умение анализировать причины брака и корректировать режимы разливки (СП 6, СП 9).
10. Модифицирование стали кальцием для глобуляризации неметаллических включений.
- *Краткое описание:* Термодинамика взаимодействия кальция с серой и кислородом. Влияние на разливаемость стали на МНЛЗ.
 - *Ожидаемые результаты:* Знание методов управления морфологией включений, повышение эксплуатационных свойств стали (СП 10).
11. Технология разливки стали «плавка на плавку» на блюмовой МНЛЗ.
- *Краткое описание:* Организация серийной разливки, работа с шиберными затворами, защита струи металла аргоном.
 - *Ожидаемые результаты:* Понимание организации непрерывных процессов, обеспечение стабильности качества (СП 9).
12. Электромагнитное перемешивание при кристаллизации сортовой заготовки.
- *Краткое описание:* Влияние ЭМП на дендритную структуру и зону равноосных кристаллов. Снижение пористости.
 - *Ожидаемые результаты:* Знание современных методов воздействия на кристаллизацию (СП 28).
13. Технология получения ферросилиция в рудотермических печах.
- *Краткое описание:* Особенности восстановления кремнезема,

электрический режим печи, работа с закрытым колошником.

- *Ожидаемые результаты:* Знание особенностей производства кремнистых сплавов, энергосбережение (СП 14).

14. Электрошлаковый переплав (ЭШП) для получения особо чистых сталей.

- *Краткое описание:* Рафинирование капель металла при прохождении через шлак. Формирование слитка в кристаллизаторе.
- *Ожидаемые результаты:* Владение методами переплавных процессов (СП 15).

15. Вакуумно-дуговой переплав (ВДП) титановых сплавов.

- *Краткое описание:* Особенности плавления в вакууме, управление дугой, удаление летучих примесей.
- *Ожидаемые результаты:* Знание технологий производства реакционноспособных металлов (СП 13, СП 25).

16. Аллюминотермическое получение ферротитана.

- *Краткое описание:* Расчет теплового эффекта реакции, подбор термитной смеси, технология внепечной плавки.
- *Ожидаемые результаты:* Навыки расчета металлотермических процессов (СП 14).

17. Рафинирование ферросплавов в ковше методами продувки и смешения расплавов.

- *Краткое описание:* Получение средне- и низкоуглеродистого феррохрома методом смешения рудоизвесткового расплава и ферросиликохрома.
- *Ожидаемые результаты:* Знание сложных схем получения ферросплавов (СП 15).

18. Электролитическое получение алюминия: анодный эффект и энергосбережение.

- *Краткое описание:* Физико-химия электролиза криолит-глиноземных расплавов. Влияние состава электролита на выход по току.
- *Ожидаемые результаты:* Знание основ электрометаллургии легких металлов (СП 13, СП 14).

19. Рафинирование меди: огневое и электролитическое.

- *Краткое описание:* Удаление примесей (Ni, As, Sb) при окислительном рафинировании и поведение примесей при электролизе.
- *Ожидаемые результаты:* Умение разрабатывать технологические схемы получения чистых металлов (СП 10).

19. Термомеханическая обработка (ТМО) проката из низколегированных сталей.

- *Краткое описание:* Влияние режимов деформации и охлаждения на

микроструктуру и механические свойства.

- *Ожидаемые результаты:* Понимание связи между металлургическим качеством и обработкой давлением (СП 6, СП 17).

20. Литье цветных сплавов под давлением: формирование структуры отливки.

- *Краткое описание:* Особенности гидродинамики заполнения формы и кристаллизации алюминиевых и магниевых сплавов.
- *Ожидаемые результаты:* Знание специальных видов литья и формирования свойств изделий (СП 25).

21. Расчет энергосиловых параметров и оптимизация температурного режима продольной прокатки.

- *Краткое описание:* Определение контактных напряжений, усилий и моментов прокатки для конкретного стана. Моделирование температурного поля полосы в процессе деформации.
- *Ожидаемые результаты:* Навыки инженерных расчетов оборудования, умение минимизировать энергозатраты и обеспечивать заданную точность размеров (СП 8, СП 27, СП 35).

22. Калибровка валков сортопрокатного стана для производства фасонных профилей.

- *Краткое описание:* Проектирование системы калибров (ящичных, предчистовых, чистовых) для получения заданного профиля. Расчет коэффициентов вытяжки и уширения.
- *Ожидаемые результаты:* Владение методами калибровки, умение создавать техническую документацию (СП 22, СП 28).

23. Технология производства горячекатаного листового проката с применением контролируемой прокатки.

- *Краткое описание:* Регулирование микроструктуры стали за счет управления температурой конца прокатки и скоростью ускоренного охлаждения.
- *Ожидаемые результаты:* Умение управлять фазовыми превращениями при деформации для достижения высоких механических свойств (СП 6, СП 17).

24. Сравнительный анализ технологических схем производства бесшовных горячекатаных труб.

- *Краткое описание:* Расчет процесса прошивки гильзы и последующей раскатки на автоматическом или непрерывном стане. Оценка точности геометрических параметров труб.

- Ожидаемые результаты: Знание специфики трубного производства, выбор оптимального оборудования (СП 12, СП 22).

25. Совершенствование процесса скоростного волочения высокоуглеродистой проволоки.

- Краткое описание: Анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) в очаге деформации. Оптимизация геометрии волок и подбор смазок для снижения контактного трения.
- Ожидаемые результаты: Снижение обрывности проволоки, расчет мощности волочильного стана (СП 5, СП 34).

26. Реконструкция участка подготовки поверхности катанки: переход от химического травления к механическому удалению окалина.

- Краткое описание: Техничко-экономическое обоснование внедрения иглофрезерной очистки или дробеметной обработки. Экологические аспекты производства.
- Ожидаемые результаты: Знание современных методов подготовки поверхности, навыки экологического нормирования (СП 3, СП 12, СП 31).

27. Оптимизация режимов термической обработки проволоки в линиях патентирования.

- Краткое описание: Исследование влияния температуры изотермического превращения аустенита на формирование тонкопластинчатого перлита. Расчет тепловых балансов печей.
- Ожидаемые результаты: Обеспечение высокой пластичности при последующем волочении, навыки работы с теплотехническим оборудованием (СП 17, СП 24).

28. Разработка технологии нанесения антикоррозионных покрытий на стальную проволоку (цинкование, алюминирование).

- Краткое описание: Физико-химия взаимодействия расплава металла с основой. Управление толщиной и адгезией покрытия.
- Ожидаемые результаты: Повышение долговечности изделий из различных материалов (СП 7, СП 13).

29. Технология свивки металлокорда: влияние конструктивных параметров на эксплуатационные свойства шин.

- Краткое описание: Анализ процессов деформации проволоки при свивке. Контроль шага свивки, прямолинейности и адгезии к резине.

- Ожидаемые результаты: Знание специфики производства сложных метизных изделий, методы технического контроля (СП 7, СП 9).

30. Методология контроля качества и комплексных испытаний проволоки специального назначения.

- Краткое описание: Проектирование системы испытаний на перегиб, скручивание и растяжение. Использование статистических методов контроля (карты Шухарта).
- Ожидаемые результаты: Навыки организации технического контроля и сертификации продукции (СП 1, СП 2).

1.4 Структура и объем курсовой работы

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки (рисунок 1) и графической части.

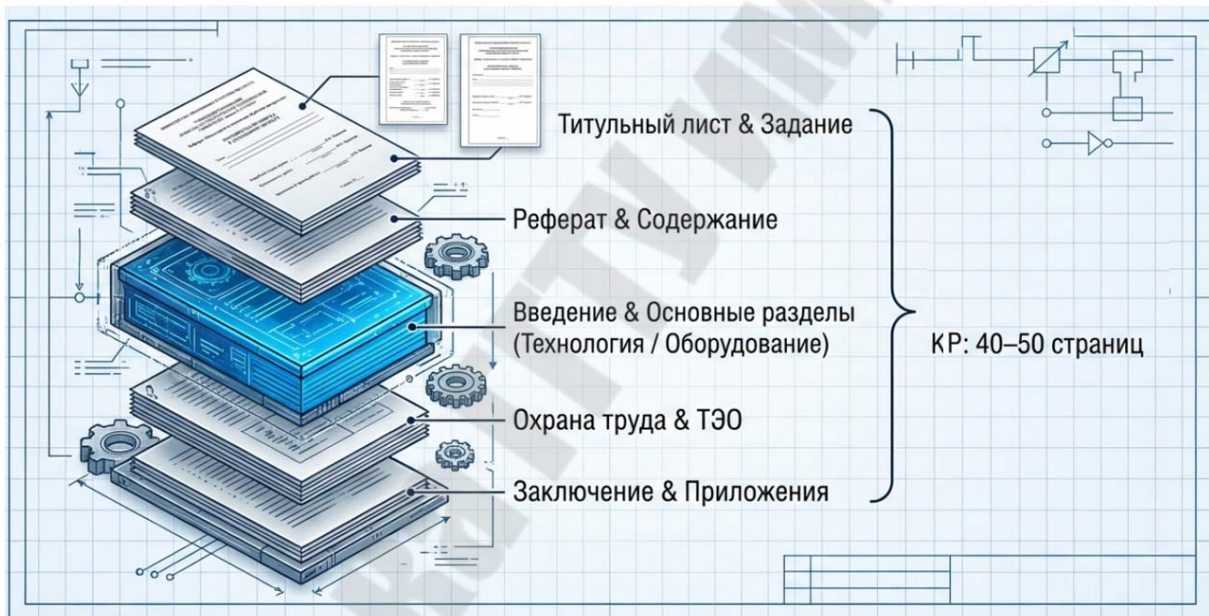


Рисунок 1 – Структура построения элементов пояснительной записки

Объем работы:

- пояснительная записка: обычно не более 40–50 страниц формата А4 (без учёта приложений). При оценке соответствия объёма выполнения пояснительной записки учитывается уровень сложности выполненных в ходе проектирования расчётов, этапов моделирования и уровня аналитики при анализе результатов;
- графическая часть: 3–4 листа формата А1 (или эквивалентное количество листов других форматов).

1.5 Пояснительная записка

Пояснительная записка является основным отчётным документом курсовой работы наряду с графической частью и представляет собой конструкторско-технологическое описание выполненных проектных разработок и расчётов.

Общий объём пояснительной записки (без учёта приложений) должен составлять 45–50 страниц печатного текста формата А4 в соответствии с требованиями учебной программы и квалификации инженера.

Обязательные структурные элементы и требования к содержанию пояснительной записки:

1. Титульный лист – оформляется по установленному образцу.
2. Задание на курсовую работу – бланк с исходными данными, подписанный руководителем работы.
3. Реферат – краткая характеристика работы объёмом 1 страницы.
4. Содержание – перечень разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц.
5. Введение – объём 1,5–2 страницы; должно содержать:
 - краткое описание объекта проектирования (технологического процесса или агрегата);
 - актуальность темы и область применения;
 - чётко сформулированные цель и задачи проектирования.
6. Главы основной части – объём 30–35 страниц; количество и наименование глав определяются заданием, обычно включают:
7. Технологический раздел – теоретическое обоснование и описание выбранной технологии (плавка, прокатка, волочение и т. п.);
8. Расчётный раздел – материальные и тепловые балансы, расчёты режимов обработки и энергосиловых параметров;
9. Оборудование – выбор и обоснование основного и вспомогательного оборудования.
10. Заключение – объём 1–2 страницы; содержит конкретные выводы по результатам технологических расчётов, оценку эффективности принятых решений и соответствие полученных параметров номинальным режимам работы оборудования.
11. Список использованных источников – перечень нормативной, учебной и справочной литературы.

12. Приложения – спецификации, таблицы большого объёма, промежуточные расчёты, копии технологических карт содержат материалы, дополняющие текст документа. Приложениями могут быть, технологические процессы, технологические карты, технические акты, графический материал, расчёты, таблицы, графики и другие документы, на которые имеются ссылки в основном тексте пояснительной записки.

1.6 Требования к содержанию разделов

Основная часть, как правило, делится на следующие разделы (нумерация сквозная, например, 1, 2, 3...):

1. Технологический раздел:

- Характеристика исходной заготовки и готовой продукции.
- Разработка технологической схемы производства (маршрут обработки).
- Расчёт режимов деформации (калибровка валков, маршруты волочения).
- Определение температурно-скоростных режимов.
- Выбор основного и вспомогательного оборудования.

2. Расчётно-конструкторский (или расчётный) раздел:

- Расчёт энергосиловых параметров (усилия прокатки/волочения, моменты прокатки).
- Проверка оборудования на прочность и мощность двигателя.
- Описание конструкции разрабатываемого узла или модернизируемого оборудования.

3. Спецраздел (по заданию):

- Может включать вопросы охраны труда, экологии или углублённое исследование качества продукции (микроструктура, дефекты).

4. Экономическая часть (при наличии в задании):

- Расчёт себестоимости, производительности или экономического эффекта от предлагаемых решений.

1.7 Правила оформления пояснительной записки

1.7.1 Общие требования к тексту.

Формат: А4, односторонняя печать. Шрифт: Times New Roman, 14 пт, черный. Поля: Слева – 30 мм, Справа – 10–15 мм, Сверху – 20 мм (15 мм от рамки), Снизу – 20 мм. Абзацный отступ: 12,5 мм (1,25 см). Межстрочный интервал: 1,15 (или полуторный, если требуется по стандарту учреждения, в исходном тексте указан 1,15–множитель или одинарный с уплотнением). Выравнивание – по ширине. Переносы: Автоматические.

Нумерация и заголовки: главы (Разделы) нумеруются арабскими цифрами (1, 2, 3). Заголовки прописными буквами, полужирным (14 пт), с

новой страницы, точка в конце не ставится. Подразделы: нумеруются в пределах главы (1.1, 1.2). Заголовки строчными буквами (кроме первой), полужирным. Точка в конце не ставится. Пункты: 1.1.1 (при необходимости).

Рамки и основная надпись. Все листы ПЗ должны иметь рамку (Слева 20 мм от края, остальные – 5 мм).

Первые листы разделов (Введение, Главы, Заключение) оформляются с основной надписью по Форме 2 (высота 40 мм) (см. рисунок 1) .

					(2)					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	(1)			Лит.	Лист	Листов
Разраб.									(3)	(4)
Пров.								(5)		
Рук. пр.										
Н. контр.										
Утв.										

Рисунок 2 – Основная надпись пояснительной записки (форма 2) по ГОСТ 2.104–2006 (высота рамки 40 мм).

Последующие листы – по Форме 2а (высота 15 мм) (см. рисунок 2).

					(2)					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						(3)

Рисунок 3 – Основная надпись пояснительной записки (форма 2а) по ГОСТ 2.104–2006 (высота рамки 15 мм)

Титульный лист, Задание и Реферат включаются в общую нумерацию, но номер страницы на них не ставится. Нумерация страниц проставляется в штампе (графа 3 на рисунках 1 и 2).

1.7.2 Формулы

Формулы должны быть расположены по центру строки. Номер формулы – в круглых скобках по правому краю, например: (2.6). Пояснение символов начинается с новой строки со слова «где» (без двоеточия).

В редакторе формул: основные символы – 14 пт, индексы – 8 пт. Латиница – курсив, греческие/кириллица – прямой шрифт.

При этом для форматирования формул необходимо в редакторе формул (вызывается двойным щелчком левой кнопки «мышки» на формуле) выбрать следующие настройки для размеров (рисунок 3) и для стилей (рисунок 4).

Примеры оформления формулы:

Резьбовое соединение проверяется на условие смятия резьбы:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot n \cdot z} \leq [\sigma_{см}], \quad (2.6)$$

где $\sigma_{см}$ – напряжения смятия, МПа;
 P – усилие, оказываемое на резьбу, Н;
 d – наружный диаметр резьбы, мм;
 d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм;
 n – коэффициент, учитывающий нагружение резьбы, для резьбы с мелким шагом $n=0,6$ [14];
 z – число витков резьбы;
 $[\sigma_{см}]$ – допустимое напряжения смятия, МПа, принимается $[\sigma_{см}] = \sigma_T$;
 σ_m – предел текучести материала, МПа.

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 3531,6}{3,14 \cdot (48^2 - 45,835^2) \cdot 0,6 \cdot 16} = 2,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_{см}] = 588 \text{ МПа}$$

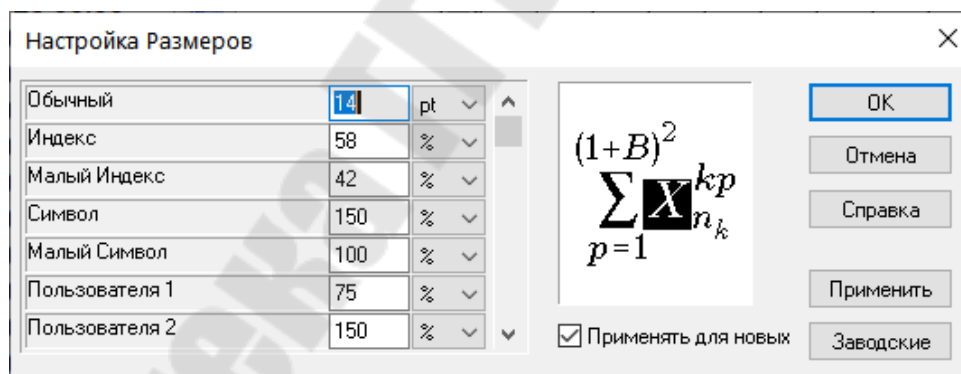


Рисунок 4 – Настройки размеров формул в редакторе Mathtype или аналогичных ему

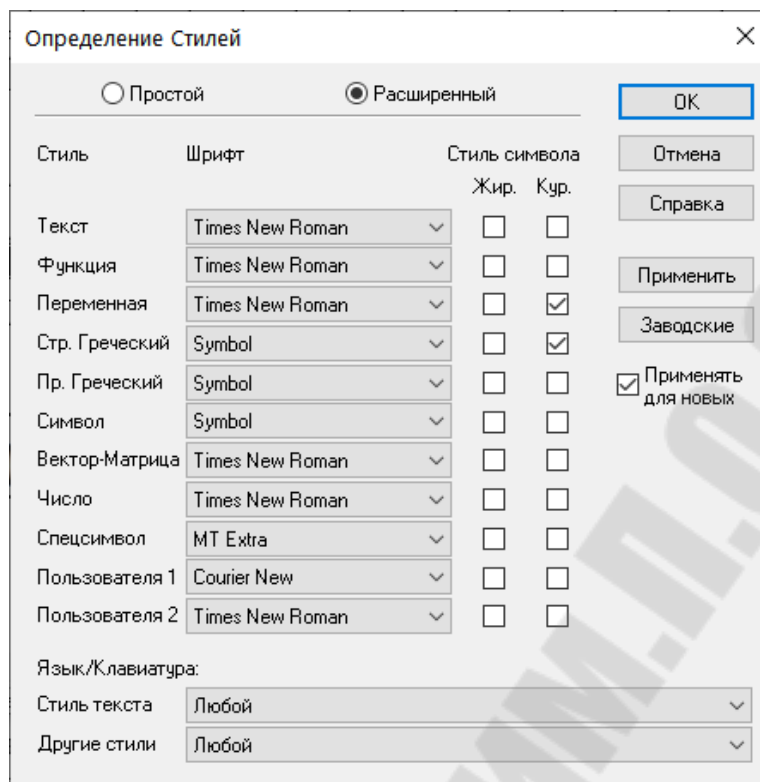


Рисунок 5 – Настройки стилей формул в редакторе Mathtype или аналогичных ему

Формулы, следующие одна за другой и не разделённые текстом, разделяют запятой.

1.7.3 Иллюстрации

Иллюстрации (рисунки, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки и т. д.) должны быть выполнены с помощью компьютерного графического редактора. Во всей пояснительной записке следует соблюдать единообразие исполнения иллюстраций и их оформления, единообразие принятых условных обозначений, всех надписей, размерных и выносных линий.

Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице, выделяя их в тексте свободными строками. Иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь наименование (название) и пояснительные данные (подрисовочный текст). Иллюстрации обозначаются словом «Рисунок», которое вместе с номером и наименованием рисунка помещают перед пояснительными данными и располагают по центру страницы так, как представлено на рисунке 5.

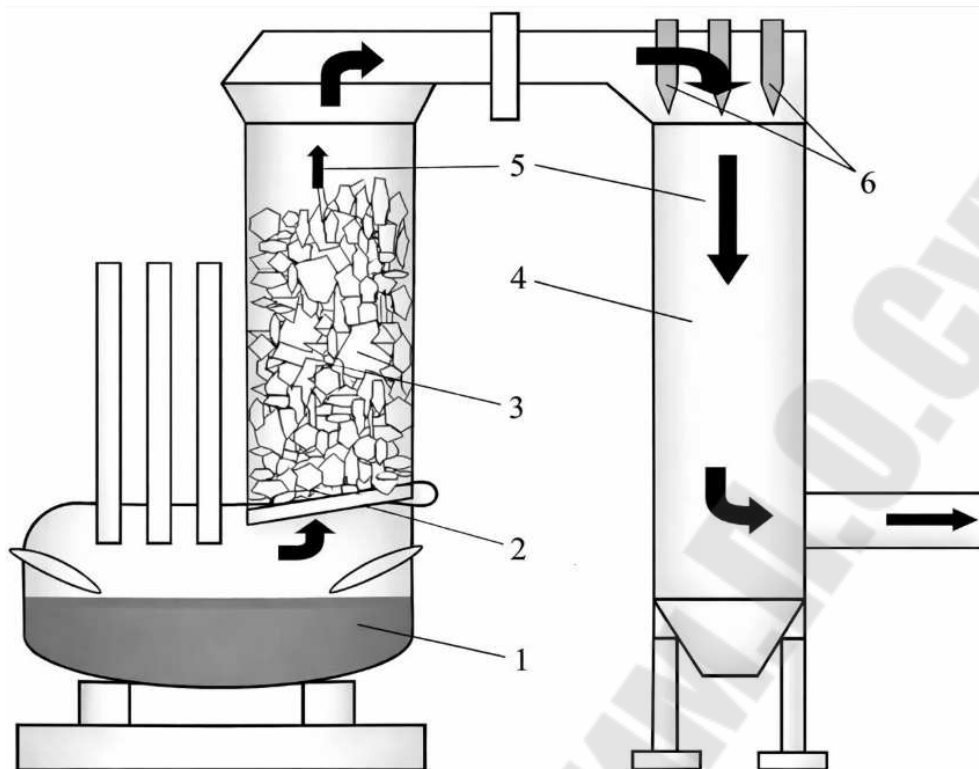


Рисунок 2.5 – Схема шахтной печи с камерой дожигания:

1 – ванна печи, 2 – удерживающие пальцы, 3 – шахта, 4 – камера дожигания, 5 – отходящие газы, 6 – воздух

Рисунок 6 – Пример оформления иллюстрации

После наименования иллюстрации точка не ставится, не допускается перенос слов в наименовании иллюстрации. На все иллюстрации должны быть ссылки в тексте пояснительной записки, первая ссылка на иллюстрацию размещается в тексте перед её изображением. При ссылках на иллюстрации следует писать, например: «... в соответствии с рисунком 2.5 печь выполняет...», «... шахта 3 (рисунок 2.5) состоит из ...».

1.7.4 Оформление таблиц

Таблицы используются для повышения наглядности данных и удобства сравнения показателей. Таблица состоит из элементов, которые показаны на рисунке 6. Над каждой таблицей слева указывают слово «Таблица», её порядковый номер и название, например: «Таблица 1 – Техничко-экономические показатели». Если таблица не помещается на одной странице и переносится на следующую, её название приводят только над первой частью. Над последующими частями указывают «Продолжение таблицы N» с соответствующим номером. В каждой части

повторяют головку (заголовки граф) и боковик (заголовки строк). Допускается вместо повторной головки и боковика пронумеровать графы и/или строки арабскими цифрами; в этом случае нумерация граф и строк вводится уже в первой части таблицы.



Рисунок 7 – Форма таблицы

Головка таблицы отделяется от основного содержания горизонтальной линией. Как правило, таблица ограничивается линиями слева, справа и снизу; если таблица обрывается в конце страницы, нижнюю линию не проводят.

В таблице запрещается:

- включать графу «Номер по порядку»;
- разделять заголовки и подзаголовки боковика или граф диагональными линиями.

Все физические величины в таблице должны сопровождаться указанием единиц измерения.

На каждую таблицу в документе должна быть ссылка в основном тексте; слово «таблица» пишется строчными буквами с указанием её номера (например: см. таблицу 33).

Формулы, коэффициенты и нормативные величины, приведённые в записке, должны сопровождаться ссылкой на литературный источник. Номер источника указывают в квадратных скобках в соответствии со списком литературы, например: [22].

Размещение и оформление таблиц:

- Таблицу размещают по центру относительно ширины текстового поля; предпочтительно, чтобы её ширина соответствовала ширине основного текста.
- Перед таблицей и после неё оставляют по одной пустой строке;

между заголовком и самой таблицей пустая строка не предусматривается.

- Заголовок состоит из слова «Таблица», её порядкового номера и названия, например: Таблица 3.19 – Техничко-экономические показатели. Слово «Таблица» выравнивают по левой границе самой таблицы; название начинается сразу после тире и не выходит за пределы правой границы текстового поля. Если заголовок занимает несколько строк, все последующие строки также начинаются на уровне левой границы таблицы.

При необходимости нумерации показателей их порядковые номера указывают в первой графе непосредственно перед наименованием без точки после номера (например: 1 Исходное сырьё). Порядковые номера не проставляют перед числовыми значениями, обозначениями типов, марок, стандартов и т. п.

1.8 Требования к оформлению графической части и чертежей

Графическая часть должна соответствовать заданию курсовой работы и содержанию пояснительной записки. На чертежах и схемах нужно показать принятые технические решения, а также результаты расчётов и моделирования, выполненных в ходе работы.

Состав листов обычно включает:

Лист 1: Технологическая схема производства (или схема расположения оборудования, планировка участка).

Листы 2 (3): Общий вид оборудования (прокатный стан, волочильная машина, клеть) или сборочный чертеж узла.

Лист 3 (4): Детализовка (рабочие чертежи валков, волок, деталей узлов) или графики/диаграммы (калибровок, энергосиловых параметров).

Шифр чертежей: КП ТиТМП.NN.XX.YYY.ZZ, где XX – номер сборочной единицы, YYY – номер детали, ZZ – код документа (СБ, ВО, ГЧ, ТС).

Чертежи оформляются по правилам Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) с использованием компьютера и принтера. Основной формат листов – А1. При необходимости можно использовать другие стандартные форматы: А0, А2, А3, А4, а также дополнительные форматы (например, А1×3, А2×4 и т. п.). Дополнительные форматы получают увеличением меньшей стороны основного формата в целое число раз.

Если чертёж выполнен на листе меньше формата А1 (например, А3 или А4), его не разрезают, а размещают целиком на листе формата А1.

Общий объём графической части – 3–4 листа формата А1.

Текст на чертежах (надписи, обозначения и т. д.) выполняется

чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304–81:

- шрифт GOST Type A,
- наклон 15°,
- высота букв – не менее 5 мм.

Что входит в графическую часть: спецификации, чертежи, схемы, таблицы и другие конструкторские документы. Вид каждого документа и его шифр указаны в таблице 1 (в соответствии с ГОСТ 2.102–2013).

Основная надпись. Каждый лист графической части должен содержать основную надпись («штамп») в правом нижнем углу, оформленную по ГОСТ 2.104–2006:

- На первом листе документа – надпись размером 55×185 мм.
- На всех последующих листах того же документа – упрощённая надпись размером 15×185 мм.

На всех листах одного документа указывается одно и то же обозначение.

Наименование изделия в основной надписи должно быть:

- кратким,
- написано в именительном падеже единственного числа,
- начинаться с существительного.

Примеры: «Колесо зубчатое», «Корпус насоса», «Плита установочная».

Таблица 1 – Виды конструкторских документов

Вид документа	Код	Краткое определение
1	2	3
Чертёж детали	–	Изображение детали и данные для её изготовления и контроля
Эл. модель детали	–	Параметрическая модель и требования к изготовлению/контролю
Сборочный чертёж	СБ	Изображение сборочной единицы и данные для сборки и контроля
Эл. модель сб. единицы	ЭСБ	Геом. модель изделия и его частей, данные для сборки и контроля
Чертёж общего вида	ВО	Описание конструкции, взаимодействия частей и принципа работы
Теоретический чертёж	ТЧ	Геометрическая форма (контур) и координаты расположения частей
Габаритный чертёж	ГЧ	Упрощенное изображение с габаритными и установочными размерами

1	2	3
Упаковочный чертёж	УЧ	Данные, необходимые для упаковки изделия
Схема	ГОСТ 2.701	Условные изображения частей изделия и связи между ними
Спецификация	–	Определение состава сборочной единицы, комплекса или комплекта
Пояснительная записка	ПЗ	Описание устройства, принципа работы и обоснование решений
Таблица	ТБ	Данные, сведённые в таблицу (зависит от назначения)

Примеры:

- КП ТиТМП.13 2026.01.00.000 ВО – чертёж общего вида №1
- КП ТиТМП.13 2026.02.00.000 КЗ – схема кинематическая принципиальная №2
- КП ТиТМП.13 2026.03.00.000 ТБ – таблица технико-экономических показателей №3

Масштабы изображений на чертежах выбираются в соответствии с ГОСТ 2.302-68. Масштабы уменьшения 1:2; 1:1,25; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000. Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

1.9 Основные виды конструкторских документов

1.9.1 Спецификация (ГОСТ 2.106–96)

Спецификация – это документ, который полностью перечисляет всё, что входит в изделие (детали, сборочные единицы, стандартные и покупные изделия, материалы). Она необходима для изготовления, комплектования и производства. Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в строгом порядке: 1 Документация. 2 Комплексы. 3 Сборочные единицы. 4 Детали. 5 Стандартные изделия. 6 Прочие изделия. 7 Материалы. 8 Комплекты.

Правила заполнения разделов следующие. Документация: В этот раздел вносят основные чертежи и документы на всё специфицируемое изделие. Комплексы, Сборочные единицы, Детали: вносят те элементы, которые непосредственно входят в изделие. Записывают их в алфавитном порядке. Стандартные изделия (болты, подшипники и т. д.): записывают группами по назначению (например, все крепёжные изделия вместе). Внутри группы – по алфавиту названий.

Прочие изделия: сюда входят изделия, применённые по техническим условиям (ТУ) и импортные покупные изделия. Заполняют аналогично стандартным. Материалы: перечисляют все материалы (сталь, пластик, краска), которые напрямую идут на изготовление изделия. Комплекты: включают документы для эксплуатации и ремонта, а также упаковку изделия. Важно: конкретный набор разделов определяет состав изделия.

1.9.2 Сборочный чертёж (ГОСТ 2.109–73)

Чертёж, по которому происходит сборка изделия из отдельных частей.

Что должно быть на сборочном чертеже **ОБЯЗАТЕЛЬНО**:

- изображение, которое понятно показывает, как все детали соединяются друг с другом;
- все необходимые размеры (габаритные, установочные, присоединительные);
 - номера позиций всех деталей (по этим номерам их находят в спецификации);
- указания о способах соединения (сварка, пайка, запрессовка), если точность достигается не размерами, а подгонкой;
- технические требования (текстовая часть).

Что ещё может быть на чертеже: технические характеристики, таблицы с параметрами, пояснительные надписи.

Правила оформления текста и таблиц:

- текст пишут кратко и точно;
- располагают текст и таблицы параллельно основной надписи чертежа, обычно над ней;
- между текстом и основной надписью не должно быть изображений;
- на больших листах текст можно располагать в несколько колонок.

Структура раздела «Технические требования» (примерный порядок):

- требования к материалу и обработке (термообработка, твердость);
- требования к размерам и форме;
- требования к качеству поверхности (шероховатость, покрытие);
- требования к настройке и регулировке;
- условия испытаний;
- правила маркировки, транспортировки и хранения.

Важно: Пункты требований нумеруют по порядку. Каждый пункт – с новой строки.

1.9.3 Чертёж общего вида (ГОСТ 2.119–2013)

Чертёж, который объясняет общее устройство изделия, как его части работают вместе и основной принцип действия. Это более "объяснительный" чертёж, чем сборочный.

Что должно быть на чертеже общего вида:

- упрощённые изображения изделия (виды, разрезы) – можно даже контурами;
- номера позиций деталей;
- основные размеры, необходимые для понимания конструкции;
- пояснительные надписи и текст.

Главное отличие от сборочного чертежа: детали здесь могут быть показаны очень условно, главное – донести идею. Подробности изготовления каждой детали не требуются.

1.9.4 Схемы (ГОСТ 2.701–2008)

Схема – это документ, который показывает составные части изделия и связи между ними с помощью условных обозначений (не реалистичных рисунков). Схемы делятся по виду (что они показывают) и по типу (для какой цели).

Согласно ГОСТ 2.701–2008, классификация схем строится на сочетании их вида (по характеру элементов) и типа (по назначению).

Виды схем. Определяются составом элементов и связей в изделии. Обозначаются заглавной буквой русского алфавита:

Буква	Вид схемы	Буква	Вид схемы
Э	Электрическая	В	Вакуумная
Г	Гидравлическая	Х	Газовая
П	Пневматическая	Р	Энергетическая
К	Кинематическая	Е	Деления изделия на составные части
Л	Оптическая	С	Комбинированная

Типы схем определяются основным назначением документа. Обозначаются цифрой:

Цифра	Тип схемы	Назначение
1	Структурная	Отражает основные части изделия и их взаимосвязь
2	Функциональная	Поясняет процессы, протекающие в отдельных цепях или в изделии в целом
3	Принципиальная	Полный состав элементов и связей для понимания принципа работы

4	Соединений	Показывает связи между составными частями (монтажная схема)
5	Подключения	Показывает внешние подключения изделия
6	Общая	Составные части комплекса и их соединения на месте эксплуатации
7	Расположения	Относительное физическое расположение частей изделия
0	Объединенная	Содержит элементы разных типов одного вида

Кодирование документа: наименование и код схемы строятся из буквы (вид) и цифры (тип). Например, Э3 (см. рисунок) – схема электрическая принципиальная, Г4 – схема гидравлическая соединений.

На первом листе каждой схемы, над основной надписью, обязательно помещают таблицу "Перечень элементов". В ней списком расшифровывают все условные обозначения, использованные на схеме.

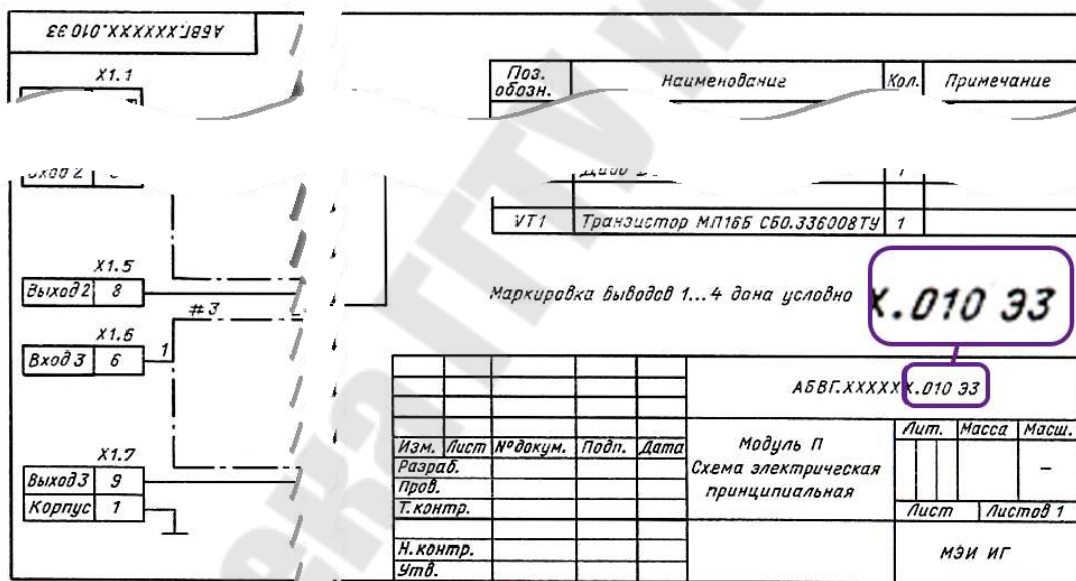


Рисунок 8 – Пример обозначения на схеме

РАЗДЕЛ 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Дисциплина: Теория и технология металлургического производства
Данная инструкция представляет собой развёрнутое методическое руководство, которое позволит слушателю сформировать курсовую работу объёмом, эквивалентным 10 000 слов (около 30–40 страниц расчётно-пояснительной записки формата А4) и советующую работе графическую часть объёмом 2–4 формата А1.

Курсовое проектирование является важнейшим этапом профессиональной подготовки специалистов с квалификацией «Инженер», обучающихся по специальности переподготовки 9-09-0714-03 «Металлургическое производство и материаловедение». Выполнение курсовой работы направлено на систематизацию и углубление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Теория и технология металлургического производства», а также на развитие навыков самостоятельного решения сложных инженерных задач в области проектирования и модернизации металлургических цехов и участков.

Организация работы над курсовой работой строится в соответствии с утверждённым учебным планом и графиком учебного процесса. Общее руководство и контроль за выполнением работы осуществляет преподаватель кафедры (руководитель работы). Процесс проектирования включает следующие этапы:

1. Выдача индивидуального задания: производится на установочной сессии. Задание формируется руководителем с учётом места работы слушателя, его профессиональных интересов и актуальных задач конкретного металлургического предприятия (БМЗ, МТЗ, БелАЗ и др.).
2. Сбор исходных данных: осуществляется слушателем самостоятельно в период между сессиями, в том числе с использованием заводской технической документации, технологических инструкций и карт.
3. Консультации: проводятся по графику кафедры. На консультациях обсуждаются принятые технические решения, методики расчётов и промежуточные результаты.
4. Выполнение пояснительной записки и графической части: Оформление документации в соответствии с требованиями стандартов.

5. Нормоконтроль и предзащита: проверка соответствия оформления установленным требованиям.
6. Защита курсовой работы: публичная защита перед комиссией с демонстрацией графического материала и докладом.

Для слушателей, занимающих руководящие должности или работающих в инженерных службах предприятий, рекомендуется выбирать темы, связанные с реконструкцией действующих производств, внедрением ресурсосберегающих технологий или освоением новых видов продукции. В этом случае курсовая работа приобретает характер реальной инженерной разработки.

Задание на курсовую работу является официальным документом, определяющим границы и глубину инженерной проработки темы. Бланк задания оформляется на стандартном листе формата А4 и подписывается руководителем и слушателем.

2

2.1 Исходные данные для проектирования

В зависимости от направления специализации (сталеплавильное, прокатное или метизное производство), задание должно содержать следующий минимально необходимый набор исходных данных:

А) Для курсовых работ по сталеплавильному производству (рисунок 9):

- Номенклатура продукции: марки выплавляемых сталей (по ГОСТ 1050–2013, ГОСТ 4543–2016 и др.) с указанием химического состава и требований к качеству.
- Производственная программа: годовой объем производства годных слитков или непрерывнолитой заготовки (НЛЗ), тыс. т/год.
- Тип плавильного агрегата: дуговая сталеплавильная печь (ДСП), индукционная печь, агрегат ковш-печь (АКП) или вакууматор. Указывается вместимость агрегата, если курсовая работа предусматривает модернизацию существующего оборудования.
- Характеристика шихтовых материалов: состав лома, наличие металлизированного сырья (DRI/HBI), виды ферросплавов и шлакообразующих.
- Способ разливки: МНЛЗ (сортовая, слябовая) или разливка в изложницы.

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



Рисунок 9 – Структура и специализация курсовых работ по технологии сталеплавильного производства

Б) Для курсовых работ по прокатному производству:

- Сортамент продукции: виды профилей (арматура, катанка, круг, уголок и др.) с указанием стандартов (например, СТБ 1704–2012 для арматуры) и типоразмеров.
- Производственная программа: годовой объем производства проката, тыс. т/год.
- Характеристика исходной заготовки: тип (бloom, сляб, сортовая заготовка), размеры сечения (мм), длина (м), марка стали.
- Тип прокатного стана: сортовой, проволочный, листовой, трубoproкатный.

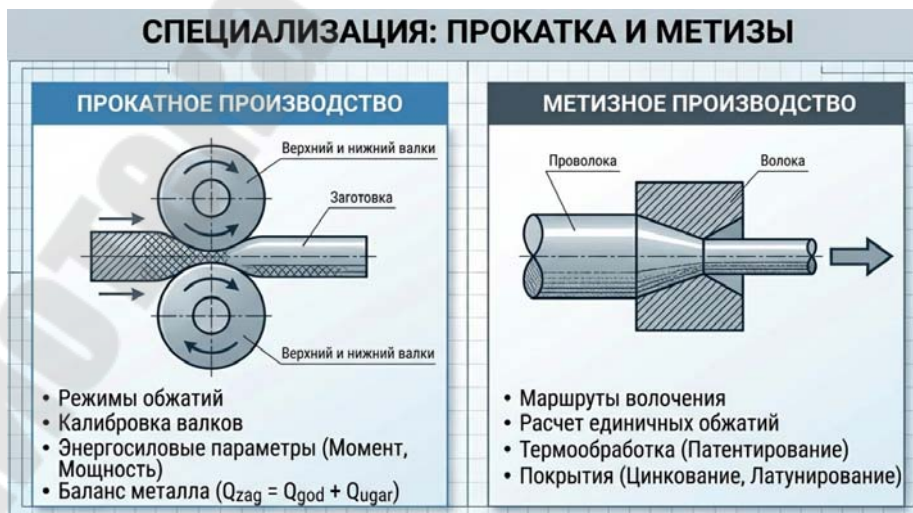


Рисунок 10 – Структура и специализация курсовых работ по технологиям прокатки и метизного производства

В) Для курсовых работ по метизному производству:

- Вид продукции: металлокорд, бортовая проволока, проволока РМЛ, гвозди, фибра и др.
- Производственная программа: годовой объем выпуска, т/год.
- Маршрут волочения: исходный диаметр катанки и конечный диаметр проволоки.
- Требования к свойствам: временное сопротивление разрыву, число скручиваний, вид покрытия (латунирование, цинкование).

Перечень подлежащих разработке вопросов. Задание должно четко регламентировать структуру пояснительной записки. Типовой перечень вопросов включает:

1. Обоснование выбора технологической схемы производства и основного оборудования.
2. Расчёт производственной программы и баланса металла.
3. Расчёт шихты (для сталеплавильного) или калибровки валков/маршрута волочения (для обработки давлением).
4. Энергетические и силовые расчёты основного оборудования.
5. Разработка планировочных решений цеха (участка).
6. Мероприятия по охране труда, энергосбережению и экологии.
7. Оценка технико-экономической эффективности решений.

2.2 Методика формирования производственной программы и фонда времени

Основой для всех последующих технологических расчётов является производственная программа и режим работы цеха. При выполнении работы инженер должен обосновать фонд рабочего времени оборудования.

Режим работы цеха и фонды времени. Для металлургических производств непрерывного цикла (сталеплавильные, прокатные цехи) принимается непрерывная рабочая неделя.)

Календарный фонд времени ($T_{\text{кал}}$) определяется количеством дней в году: $T_{\text{кал}} = 365 \times 24 = 8760 \text{ ч}$.

Номинальный фонд времени ($T_{\text{ном}}$) учитывает остановки на планово-предупредительные ремонты (ППР) в выходные и праздничные дни (если цех работает прерывно) или регламентированные простои: $T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{рем}}$, где $T_{\text{рем}}$ – время, отведённое на капитальные и текущие ремонты, ч/год.

Действительный (эффективный) фонд времени ($T_{эф}$) учитывает технологические простои (смена валков, перевалка, перетяжка электродов, замена футеровки): $T_{эф} = T_{ном} \times K_{исп}$

где $K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования (обычно 0,85–0,92 для прокатных станов и 0,90–0,95 для печей).

Таблица 2 – Рекомендуемые значения фондов времени для основного оборудования

Тип оборудования	Режим работы	$T_{эф}$, ч/год (ориентировочно)	Примечание
Дуговая сталеплавильная печь (ДСП)	Непрерывный	7500 – 7800	Учёт времени на замену свода и футеровки
Агрегат ковш-печь (АКП)	Непрерывный	8000 – 8200	Синхронизация с ДСП и МНЛЗ
Сортовой прокатный стан	Непрерывный	6500 – 7000	Учёт времени на перевалку клетей
Волоочильный стан	Прерывный (3 смены)	5800 – 6200	Зависит от сменности работы участка

Расчёт часовой производительности агрегата. Для обеспечения заданной годовой программы ($P_{год}$) часовая производительность ведущего агрегата ($P_{час}$) должна составлять:

$$P_{час} = \frac{P_{год}}{T_{эф}}, \text{ т/ч.}$$

На основании полученного значения $P_{час}$ производится выбор типоразмера оборудования (ёмкость печи, тип стана).

Методика расчёта потребности в исходных материалах (Баланс металла). Расчёт баланса металла необходим для определения расхода сырья, полуфабрикатов и шихтовых материалов на единицу готовой продукции.

Расчёт для сталеплавильного производства. Расход металлошихты ($M_{\text{ш}}$) на 1 тонну жидкой стали рассчитывается с учётом угара элементов и потерь металла со шлаком.

Формула баланса железа:

$$M_{\text{стали}} \cdot [Fe]_{\text{ст}} + M_{\text{шлака}} \cdot [Fe]_{\text{шл}} + M_{\text{угар}} = \sum(M_i \cdot [Fe]_i),$$

где $M_{\text{стали}}$ – масса жидкой стали;

$[Fe]_{\text{ст}}$ – содержание железа в стали, %;

$M_{\text{шлака}}$ – масса шлака;

$[Fe]_{\text{шл}}$ – содержание железа в шлаке (в виде оксидов FeO, Fe₂O₃), %;

M_i – масса i -го компонента шихты (лом, чугун, ферросплавы);

$[Fe]_i$ – содержание железа в i -м компоненте.

Коэффициент расхода металлошихты (K_p):

$$K_p = \frac{M_{\text{ш}}}{M_{\text{год}}},$$

где $M_{\text{год}}$ – масса годных слитков/заготовок.

Для современных ДСП K_p составляет 1,08–1,12 т/т.

Расчёт для прокатного производства. Для прокатных цехов рассчитывается расходная часть металла, учитывающая технологические потери на всех стадиях передела.

Уравнение баланса металла:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{год}} + Q_{\text{угар}} + Q_{\text{обр}} + Q_{\text{брак}}.$$

где $Q_{\text{заг}}$ – масса исходной заготовки;

$Q_{\text{год}}$ – масса годного проката;

$Q_{\text{угар}}$ – потери на угар при нагреве (0,5–1,5% в зависимости от типа печи);

$Q_{\text{обр}}$ – потери с обрезью (концевая обрезь, технологические пробы) – 1,5–3,0%;

$Q_{\text{брак}}$ – потери от брака (0,1–0,5%).

Расходный коэффициент металла ($K_{\text{мет}}$):

$$K_{\text{мет}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{Q_{\text{год}}}$$

Типовые значения $K_{\{\text{мет}\}}$:

- Для крупносортовых станов: 1,03 – 1,05.
- Для мелкосортных и проволочных станов: 1,02 – 1,04.
- Для трубoproкатных станов: 1,06 – 1,10.

Таблица 3 – Пример баланса металла для мелкосортного стана (на 1000 т проката)

Статья баланса	Расход, %	Масса, т
Приход:		
Заготовка (150x150 мм)	103,5	1035,0
Расход:		
1. Годный прокат	100,0	1000,0
2. Угар в нагревательной печи	0,8	8,3
3. Технологическая обрезь (ножницы)	2,2	22,8
4. Окалина при прокатке	0,3	3,1
5. Брак и прочие потери	0,2	2,1
Итого расход:	103,5	1035,0
Расходный коэффициент	1,035	

Обоснование выбора основного оборудования. Выбор оборудования в курсовой работе должен базироваться на расчётах производительности и анализе современных технических решений. Слушатель должен не просто указать марку агрегата, а обосновать его пригодность для выполнения производственной программы.

Выбор дуговой сталеплавильной печи. Ёмкость печи ($G_{\{\text{печи}\}}$) выбирается исходя из ритма работы МНЛЗ. Для обеспечения серийной разливки («плавка на плавку») цикл плавки ($t_{\{\text{цикл}\}}$) должен быть равен или кратен времени разливки ковша ($t_{\{\text{разл}\}}$):

$$t_{\text{цикл}} \leq t_{\text{разл}}$$

Рекомендуется выбирать современные ДСП с эркерным выпуском (ЕВТ), водоохлаждаемыми панелями и трансформаторами высокой мощности (UHP – Ultra High Power). Удельная мощность трансформатора должна составлять 600–1000 кВА/т.

Выбор прокатного стана. При выборе стана необходимо учитывать сортамент продукции. Для сортового проката

оптимальным является использование непрерывных станов с чередованием горизонтальных и вертикальных клетей (H-V), что исключает кантовку раската. Для мелкосортных и проволочных станов следует предусматривать использование чистовых блоков (моноблоков) для обеспечения высоких скоростей прокатки (до 100–120 м/с).

При выполнении расчетов и выборе марок сталей слушатели обязаны руководствоваться действующими на территории Республики Беларусь и ЕАЭС стандартами:

- ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки».
- ГОСТ 1050-2013 «Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия».
- ГОСТ 4543-2016 «Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия».
- СТБ 1704-2012 «Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций».
- ТКП 45-2.02-316-2018 «Производственные здания. Строительные нормы проектирования».

Использование актуальной нормативной базы является обязательным условием для получения положительной оценки за курсовую работу.

2.3 Аналитический раздел: обоснование выбора технологии

Общие положения и задачи аналитического этапа. Аналитический раздел курсовой работы является фундаментом для принятия всех последующих инженерных и технологических решений. Целью данного этапа является научно-техническое обоснование выбора оптимальной технологической схемы производства, обеспечивающей выпуск продукции заданного качества с минимальными материальными и энергетическими затратами.

Для слушателей переподготовки квалификации «Инженер» (особенно для руководящих работников) важно продемонстрировать не только знание существующих технологий, но и умение проводить сравнительный анализ, выявлять «узкие места» действующих производств и предлагать инновационные решения.

Основные задачи раздела:

- 1) Проведение патентно-информационного поиска по теме работы.
- 2) Сравнительный анализ альтернативных способов производства (бенчмаркинг).
- 3) Обоснование выбора основного технологического оборудования.
- 4) Анализ качественных показателей металла при различных схемах производства.

Методика проведения патентно-информационного поиска.

Инженерное решение должно базироваться на актуальном уровне развития техники. Поиск информации осуществляется по следующим направлениям:

- Новые конструкции металлургических агрегатов.
- Способы интенсификации процессов (продувка газами, использование альтернативных видов топлива).
- Методы повышения качества металла (внепечная обработка, модифицирование).

Для поиска рекомендуется использовать базы данных:

- Национального центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь (belgopatent.by).
- Федерального института промышленной собственности РФ (fips.ru).
- Европейского патентного ведомства (espacenet.com).

В пояснительной записке необходимо привести краткий обзор 3–5 патентов или авторских свидетельств, имеющих прямое отношение к теме работы, с указанием их преимуществ и недостатков.

Сравнительный анализ способов производства стали. При проектировании сталеплавильного цеха ключевым вопросом является выбор между кислородно-конвертерным (ККЦ) и электросталеплавильным (ЭСЦ) способами производства. Выбор определяется доступностью шихтовых материалов (чугун/лом), требованиями к качеству стали и энергетическими факторами.

Критерии сравнения технологий. Сравнительный анализ должен проводиться по следующим критериям:

1. Качество металла: содержание вредных примесей (сера, фосфор), газов (азот, водород) и неметаллических включений.
2. Гибкость производства: возможность быстрой смены марок стали и работы с различным видом шихты.

3. Энергоёмкость: удельный расход энергоносителей (электроэнергия, природный газ, кислород).
4. Экологичность: объем и состав выбросов пыли и газов.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика способов выплавки стали

Показатель	Кислородный конвертер (LD-процесс)	Дуговая сталеплавильная печь (ДСП)
Основная шихта	Жидкий чугун (70–90%) + Лом (10–30%)	Стальной лом (до 100%) или DRI/НБИ
Источник энергии	Химическое тепло окисления примесей чугуна (C, Si, Mn)	Электрическая дуга + Химическое тепло (горелки)
Длительность плавки	40–50 мин	45–60 мин (современные УНР печи)
Содержание азота, [N]	Низкое (0,003–0,005%)	Повышенное (0,006–0,010%) из-за ионизации в дуге
Содержание серы, [S]	Зависит от чугуна, требуется десульфурация	Возможно получение <0,005% (активный шлак)
Регулируемость процесса	Ограничена (зависит от состава чугуна)	Высокая (независимое управление нагревом)

Обоснование выбора для конкретных условий. Пример обоснования: если заданием предусмотрено производство конструкционных сталей массового назначения (арматура, уголок) в условиях отсутствия доменного производства (нет жидкого чугуна), единственным возможным вариантом является электросталеплавильный способ с использованием 100% металлолома.

Если проектируется производство автолиста или трубной стали с высокими требованиями по чистоте (особенно по азоту), традиционно предпочтительнее конвертерный процесс. Однако, современные ДСП с технологией вспенивания шлака и герметизацией свода позволяют приблизиться к показателям конвертерной стали. В

рамках курсовой работы для переподготовки рекомендуется выбирать ДСП, так как это основной агрегат мини-заводов, наиболее распространённых в современной металлургии.

Обоснование выбора схемы внепечной обработки. Современная металлургия немыслима без вторичной обработки. В аналитическом разделе необходимо обосновать цепочку агрегатов внепечной обработки (АВО).

Варианты технологических схем:

1. ДСП → МНЛЗ: Простейшая схема для рядовых марок. Недостаток: низкое качество, нестабильность температуры при разливке.
2. ДСП → Агрегат «Ковш-Печь» (АКП) → МНЛЗ: Стандартная схема. АКП обеспечивает нагрев, десульфурацию и легирование. Позволяет точно попасть в узкие пределы химсостава.

ДСП → АКП → Вакууматор (VD/RH) → МНЛЗ: Схема для ответственных сталей (корд, подшипниковая, трубная). Вакуумирование необходимо для удаления водорода (флокочувствительность) и глубокого обезуглероживания.

Выбор: рекомендуется выбирать схему №2 (ДСП-АКП-МНЛЗ) как базовую, либо схему №3 при производстве высококачественных сталей (например, кордовых марок на БМЗ). Необходимо привести аргументы: снижение брака, стабилизация разливки, повышение механических свойств.

2.4 Оглавление курсовой работы (ПРИМЕР)

1 Введение

2 Аналитический обзор литературы и патентный поиск

2.1. Характеристика заданной марки стали и требования к качеству.

2.2. Современное состояние производства стали данного класса.

2.3. Анализ возможных технологических схем (выбор оптимального варианта).

3 Физико-химические основы технологического процесса

3.1. Термодинамика и кинетика плавления шихты.

3.2. Окислительные процессы и дефосфорация.

3.3. Шлаковый режим плавки.

3.4. Раскисление и легирование.

4 Расчётная часть (Технологические расчёты)

4.1. Разработка графика плавки

4.2. Расчёт шихты (Материальный баланс).

4.3. Расчёт состава и количества шлака.

- 4.4. Расчёт раскислителей и легирующих.
- 4.5. Тепловой баланс плавки.
- 5. Разработка технологии внепечной обработки и разливки
 - 5.1. Обработка на агрегате «ковш-печь» (АКП).
 - 5.2. Вакуумирование (при необходимости).
 - 5.3. Параметры непрерывной разливки (МНЛЗ).
- 6. Контроль качества продукции и метрологическое обеспечение
 - 6.1. Виды брака и методы их предупреждения.
 - 6.2. Методы контроля химического состава и температуры.
- 7. Охрана труда и экологическая безопасность
 - 7.1. Анализ вредных факторов при работе ДСП.
 - 7.2. Мероприятия по газоочистке и утилизации пыли.
- Заключение
- Список использованных источников

2.5 Краткое описание глав

Глава 1. Введение

В этом разделе необходимо обосновать актуальность производства выбранной марки стали. Описать роль дуговых печей в современной металлургии (мини-заводы), тенденции перехода на выплавку стали из лома и металлизированного сырья. Сформулировать цель и задачи проектирования.

Глава 2. Аналитический обзор

Слушатель должен провести исследование стандартов (ГОСТ, ASTM, EN) на заданную марку стали.

- Состав и свойства: указать влияние углерода и легирующих элементов (Mn, Si, Cr, Ni и др.) на свойства стали.
- Выбор агрегата: сравнить выплавку в мартеновских печах (исторически), конвертерах и ДСП. Обосновать выбор ДСП (гибкость, возможность переработки лома, точное управление температурой).
- Схема производства: описать цепочку «ДСП -> АКП -> МНЛЗ».

Глава 3. Физико-химические основы

Центральная теоретическая глава (объем не менее 20% работы).

- Описать реакции окисления примесей (P, S, Si, Mn). Привести уравнения констант равновесия.
- Построить графики зависимости энергии Гиббса от температуры (диаграммы Эллингама-Ричардсона) для основных элементов.
- Обосновать выбор футеровки (основная) и состава шлака (основность, содержание FeO) для эффективной дефосфорации.

Глава 4. Расчётная часть

Ядро курсовой работы. Должны быть приведены формулы, подставленные значения и итоговые цифры.

- Баланс шихты: расчёт количества лома, чугуна или DRI, извести, плавикового шпата.
- Материальный баланс: приход (шихта, ферросплавы, электроды, футеровка) равен расходу (жидкая сталь, шлак, газы, угар).
- Тепловой баланс: расчёт прихода тепла (электрические дуги, экзотермические реакции) и расхода (нагрев стали и шлака, потери излучением, с охлаждающей водой). Определение удельного расхода электроэнергии (кВт·ч/т).

Глава 5. Внепечная обработка и разливка

Описание процессов, происходящих после выпуска металла из печи.

- АКП: режимы нагрева, наведения рафинировочного шлака, продувка аргоном (гомогенизация). Десульфурация (удаление серы).
- Модифицирование: ввод кальциевой/порошковой проволоки.
- МНЛЗ: выбор сечения кристаллизатора, расчёт скорости вытягивания слитка, выбор материалов погружного стакана.

Глава 6. Контроль качества

Перечислить дефекты (газовые пузыри, трещины, неметаллические включения). Описать систему отбора проб и экспресс-анализа. Ссылки на стандарты ИСО 9001.

Глава 7. Охрана труда и экология

Идентификация опасностей: поражение током, тепловое излучение, шум, запылённость. Описание работы системы газоудаления (четвертое отверстие в своде) и фильтрации.

2.6 Рекомендации по выполнению

Для достижения объёма и глубины проработки, соответствующей требованиям (или полноценной пояснительной записки), следуйте данным инструкциям:

1. Работа с источниками: не ограничивайтесь учебниками. Используйте статьи из профильных журналов («Сталь», «Металлург», «Ironmaking & Steelmaking») за последние 5–10 лет. Каждое теоретическое утверждение подкрепляйте ссылкой.
2. Глубина расчётов:
 - При расчёте шихты используйте метод систем линейных уравнений для точного попадания в химический состав.
 - При тепловом балансе учитывайте не только основные статьи, но и теплотери через водоохлаждаемые панели (эркер, свод).
 - Все расчёты дублируйте в табличной форме.
3. Графический материал:
 - Обязательно наличие чертежа профиля печи (ванна, откосы, свод).
 - График плавки (временная диаграмма: завалка, плавление, окисление, выпуск).

- Схемы движения потоков металла в ковше и проковше МНЛЗ.
4. Стиль изложения: Используйте инженерно-технический стиль. Избегайте общих фраз («металл плавится хорошо»). Используйте конкретику («скорость обезуглероживания достигает 0,05% С/мин»).
5. Использование ПО: рекомендуется использовать Excel или специализированные пакеты (Thermo-Calc - если доступны) для моделирования фазовых равновесий, результаты вставлять в отчёт.
- Критерии оценки: при проверке курсовой работы комиссия руководствуется следующими критериями (на основе компетенций СП 14, СП 15, СП 23–25):

1. Техническая грамотность и качество чертежей (40%):
 - Правильность выбора технологической схемы.
 - Корректность термодинамических обоснований.
 - Отсутствие грубых ошибок в материальном балансе (баланс должен сходиться с погрешностью не более 1–2%).
2. Качество расчётов (30%):
 - Полнота методик.
 - Наличие проверочных расчётов.
 - Обоснованность принятых коэффициентов (угар, теплопотери).
3. Оформление и структура (15%):
 - Соответствие стандартам оформления.
 - Качество графического материала (читаемость чертежей и графиков).
 - Логичность изложения.
4. Новизна и современность решений (15%):
 - Использование современных агрегатов (ДСП с донной продувкой, водоохлаждаемые элементы).
 - Внедрение элементов автоматизации (ссылки на АСУ ТП).
 - Экологические аспекты.

Ошибки, ведущие к снижению оценки:

- Использование устаревших данных (например, ссылки на технологии мартеновского производства как на основные).
- Несоответствие химического состава шихты требуемой марке стали (например, забыли легирующие).
- Отсутствие ссылок на источники в аналитическом обзоре.
- Нарушение логики: сначала описан выпуск стали, а потом расчёт завалки.

2.7 Применение компьютерного инжиниринга (САЕ) для расчёта и оптимизации металлургического оборудования

Современное металлургическое производство характеризуется эксплуатацией оборудования в условиях экстремальных нагрузок:

высоких температур, циклических динамических воздействий и агрессивных сред. Традиционные аналитические методы расчётов (по методикам «Сопромат» и «Детали машин») часто используют завышенные коэффициенты запаса, что приводит к избыточной металлоёмкости конструкций и неоправданным экономическим затратам.

Внедрение систем автоматизированного инженерного анализа (Computer-Aided Engineering – CAE), в частности модуля SolidWorks Simulation, позволяет слушателям переподготовки решать задачи оптимизации на качественно новом уровне. Целью данного раздела является получение навыков верификации проектных решений, прогнозирования ресурса узлов и снижения материалоемкости без потери эксплуатационной надёжности.

Применение CAE в курсовой работе позволяет решить следующие задачи:

- Визуализация напряженно-деформированного состояния (НДС): Определение зон концентрации напряжений, недоступных для аналитического расчёта.
- Оптимизация топологии: Снижение массы деталей (траверс, станин) путём удаления материала из ненагруженных зон.
- Теплотехнический анализ: Расчёт температурных полей футеровок и охлаждаемых элементов для предотвращения перегрева и прогара.
- Анализ собственных частот: Предотвращение резонансных явлений в быстроходных машинах (прокатные клетки, вентиляторы).

Типология расчётных исследований в SolidWorks Simulation.

В рамках выполнения курсовой работы рекомендуется использовать следующие типы исследований, наиболее релевантные для металлургического оборудования:

1) Статический анализ (Static Analysis)

Базовый тип расчёта для оценки прочности несущих конструкций, работающих под постоянной или медленно меняющейся нагрузкой. Объекты расчёта: станины прокатных клеток, траверсы разливочных кранов, цапфы сталеразливочных ковшей, крюки, рамы рольгангов. Ключевые параметры: Эквивалентные напряжения по Мизесу, перемещения, коэффициент запаса прочности (FOS – Factor of Safety) (рисунок 8). Критерий оценки: Максимальные

напряжения не должны превышать предел текучести материала с учётом нормативного коэффициента запаса (обычно $n = 1,5 \dots 2,5$).

2) Тепловой анализ (Thermal Analysis).

Моделирование процессов теплопередачи (теплопроводность, конвекция, излучение) для оценки температурных режимов работы оборудования (см. рисунок 9).

- Объекты расчёта: Футеровка печей и ковшей (расчёт толщины слоёв), стенки кристаллизаторов МНЛЗ, водоохлаждаемые элементы (своды ДСП, кислородные фурмы).
- Результат: Распределение температурных полей (Temperature plots), тепловые потоки (Heat flux).
- Применение: проверка эффективности теплоизоляции, предотвращение перегрева металлоконструкций кожуха выше критических температур (обычно 300–350 °С для углеродистых сталей).

3) Термоупругий анализ (Thermal Stress).

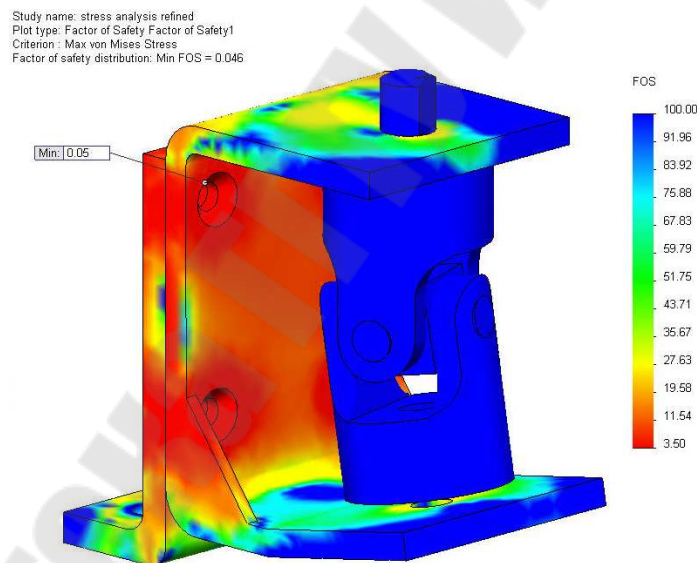


Рисунок 1 – Пример расчёта коэффициент запаса прочности в модуле SolidWorks Simulation

Связанный тип расчёта, позволяющий оценить напряжения, возникающие вследствие температурных деформаций при неравномерном нагреве или различии коэффициентов линейного расширения (КТЛР) материалов.

- Объекты расчёта: сварные швы кожухов печей, биметаллические втулки, ролики МНЛЗ, испытывающие циклический нагрев.
- Методика: результаты теплового анализа (температурное поле) импортируются в качестве нагрузки для статического исследования.
- Актуальность: критически важен для оценки долговечности футеровок и предотвращения образования трещин в массивных деталях.

Частотный анализ.

Определение собственных частот колебаний конструкции и форм мод колебаний.

- Объекты расчёта: Валы приводов, рабочие колеса дымососов, фундаментные рамы виброактивного оборудования (грохоты, вибропитатели).
- Цель: Исключение совпадения собственных частот конструкции с частотой вынуждающей силы (обороты двигателя, частота проката) для предотвращения резонанса и усталостного разрушения.

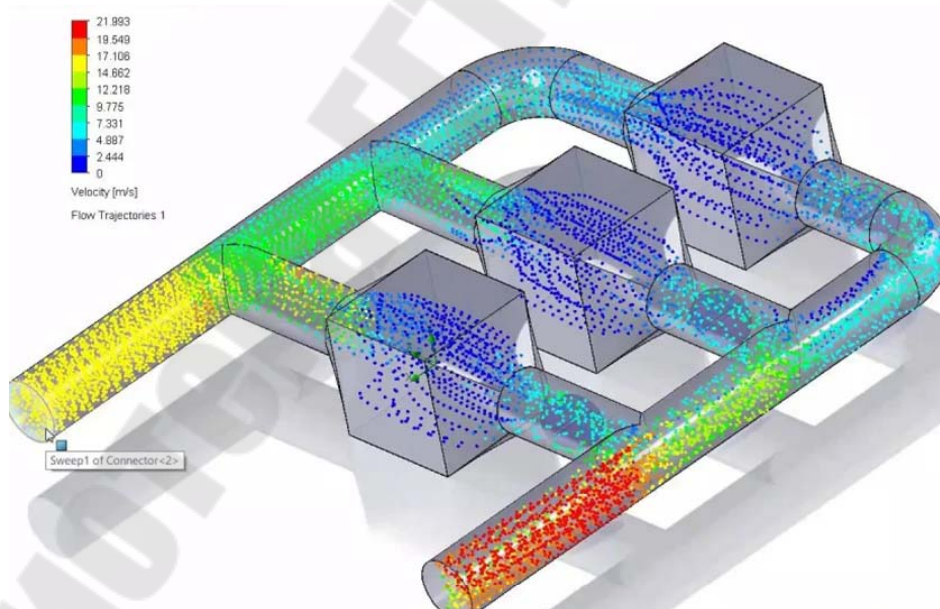


Рисунок 2 – Пример оптимизации потоков в системе трубопроводов

Алгоритм выполнения инженерного анализа.

Процесс моделирования в среде SW Simulation строго регламентирован и состоит из следующих этапов:

1. Препроцессинг (Подготовка модели):

- Создание или импорт 3D-геометрии.
- *Упрощение*: удаление мелких элементов (фаски, скругления, гравировка), не влияющих на прочность, но усложняющих сетку.
- *Назначение материалов*: выбор марки стали/сплава из библиотеки с корректными физико-механическими свойствами (модуль Юнга E , коэффициент Пуассона μ , предел текучести σ_T , теплопроводность λ).

2. Граничные условия:

- *Закрепления*: моделирование реальных опор (жёсткая заделка, шарнир, плоская опора). Ошибка в закреплении приводит к некорректным результатам (например, искусственной концентрации напряжений).
- *Нагрузки*: приложение сил, давлений (гидростатическое давление металла в ковше), моментов, температур или центробежных сил. Важно учитывать собственный вес конструкции.

3. Дискретизация:

- Генерация конечно-элементной сетки. Рекомендуется использовать сетку на основе тетраэдров высокого порядка для точного описания криволинейных поверхностей.
- *Локальное измельчение (Mesh Control)*: Сгущение сетки в зонах концентраторов напряжений (галтели, отверстия) для повышения точности.

4. Расчет (Solving):

- Запуск решателя (Solver). Для линейных задач используются прямые или итеративные методы.

5. Постпроцессинг (Анализ результатов):

- Анализ эпюр напряжений, перемещений и деформаций.
- Использование инструментов зондирования (Probe) для получения точных значений в критических точках.
- Построение сечений (Section clipping) для анализа внутренних напряжений.

Критерии оценки качества и достоверности расчёта. Для защиты курсовой работы инженер обязан обосновать корректность полученных результатов. Основными критериями являются:

- Сходимость сетки (Mesh Convergence): Результат расчета не должен зависеть от размера элемента. Необходимо провести серию расчётов с последовательным уменьшением размера сетки. Сходимость считается достигнутой, если разница в максимальных напряжениях между итерациями составляет менее 5%.
- Коэффициент запаса прочности (FOS): $n = \frac{\sigma_{lim}}{\sigma_{eq}} \geq [n]$. Где σ_{lim} – предельное напряжение (предел текучести для пластичных материалов), σ_{eq} – расчётное эквивалентное напряжение. Для ответственного металлургического оборудования $[n]$ обычно принимается в диапазоне 2.0...3.0.

Физическая адекватность: Полученные картины деформаций и напряжений должны соответствовать здравому смыслу и теоретическим представлениям о работе конструкции (например, сжатые волокна должны сжиматься, а растянутые – удлиняться). Использование данного алгоритма позволит слушателям выполнить курсовую работу на высоком техническом уровне, соответствующем квалификации инженера-металлурга.

2.8 Этапы выполнения курсовой работы

Подготовка и планирование

Этап 1: Получение и анализ задания.

Задачи на этом этапе:

1. Получить официальное задание на курсовую работу.
2. Внимательно ознакомиться со всеми разделами задания.
3. Уточнить у руководителя непонятные моменты.
4. Обсудить календарный график выполнения.

Действия:

- Посещение консультации у руководителя работы.
- Получение бланка задания на кафедре.
- Изучение исходных данных (параметры, ограничения, требования).
- Уточнение сроков сдачи отдельных этапов.
- Согласование списка источников литературы.

Подбор и изучение литературы. Задачи:

1. Найти основные источники по теме курсовой работы (книги, статьи, ГОСТы)
2. Ознакомиться с современным состоянием технологии в теме курсовой работы.
3. Выделить ключевые методики расчёта и конструктивные решения
Источники информации:
 - Учебники по теории и технологии металлургического производства
 - Справочники по технологическим параметрам и оборудованию
 - Нормативные документы (ГОСТы, технические условия, технологические регламенты)
 - Статьи в научных и отраслевых журналах
 - Электронные ресурсы с информацией о современном оборудовании

Основные виды работ	Контрольные точки
Анализ задания, подбор и изучение литературы	Составление плана, утверждение руководителем
Анализ технологии, выполнение расчётов	Подготовка черновика основных разделов
Завершение расчётов, подготовка графики	Предварительная проверка у руководителя
Оформление записки, подготовка к рецензии	Завершение работы, передача на рецензию

Этап 2: Анализ технологии, выполнение расчётов

Исследовательско-технологическая работа. Анализ объекта проектирования. Задачи:

1. Подробно изучить технологический процесс
 2. Проанализировать параметры и режимы производства
 3. Выявить существующие проблемы и возможности для совершенствования
 4. Определить объект и предмет проектирования
- Действия:
- Изучение схемы существующего производства (если доступна)
 - Анализ химических и физических параметров процесса
 - Рассмотрение характеристик существующего оборудования
 - Сравнение существующего решения с аналогами в литературе

- Формулирование основной проблемы и путей её решения
- Результаты:
- Написано введение курсовой работы
- Подготовлена технологическая схема существующего процесса
- Определены основные параметры, подлежащие расчёту или анализу

Разработка технологической части. Для технологического раздела выполнить:

1. Описание исходного материала:
 - Марка материала, его состав
 - Физико-химические свойства
 - Требования к качеству
 - Стандарты и технические условия.
2. Описание технологического процесса:
 - Последовательность операций.
 - Параметры каждой операции (температуры, давления, скорости, время).
 - Режимы работы оборудования.
 - Системы контроля и регулирования.
3. Анализ современного состояния технологии:
 - Рассмотрение существующих вариантов технологии.
 - Сравнение их эффективности.
 - Выявление перспективных направлений.
4. Расчёты основных технологических параметров:
 - Определение оптимальных режимов (температура, время, скорость).
 - Расчёт производительности оборудования.
 - Определение расходов материалов и энергии.
 - Анализ качества получаемого продукта.

Типовые расчёты для металлургического производства:

- Тепловые расчёты (количество теплоты, необходимой для нагрева или плавки).
- Кинетические расчёты (время выдержки, скорость охлаждения).
- Материальные балансы (выход готовой продукции, потери).
- Расчёты по критериям качества (механические свойства, размеры, припуски).

Выполнение расчётов. Рекомендуемая структура расчётной части:

1. Исходные данные:
 - Чётко перечисляются все известные параметры из задания.
 - Указываются единицы измерения.
 - Приводятся источники справочных данных (стандарты, таблицы).
2. Выбор методики расчёта:
 - Ссылка на нормативный документ или научную работу.
 - Обоснование выбора метода.
 - Указание условий применимости метода.
3. Выполнение расчётов:
 - Формулы с подстановкой численных значений.
 - Промежуточные результаты.
 - Проверка размерности и адекватности результата.
 - Итоговое значение с единицей измерения.
4. Анализ результатов:
 - Соответствие расчётных значений нормативным требованиям.
 - Сравнение с технико-экономическими показателями аналогов.
 - Выводы по целесообразности проектного решения.

Этап 3: Конструкторская разработка

Разработка конструкторской части. Задачи:

1. Предложить конструктивное решение узла или механизма.
2. Выполнить расчёты на прочность и жёсткость.
3. Выбрать материалы и их параметры.
4. Подготовить технические чертежи.

Основные расчёты:

- Расчёт напряжений и деформаций (возможно применение компьютерного инженерного анализа, например в модуле Solidworks Simulation)
- Проверка на прочность основных элементов.
- Определение геометрических размеров.
- Выбор материалов в соответствии с условиями эксплуатации.

Подготовка графической части.

На этом этапе выполнить:

1. Эскизы конструкции и рабочие чертежи (в черновом виде)
2. Технологические и кинематические схемы
3. Таблицы с основными параметрами и результатами расчётов
4. Спецификации для сборочных единиц (если необходимо)

Порядок действий:

- Начать с эскизов от руки или в графическом редакторе, например, в Компас-3D.
- Согласовать решения с руководителем курсовой работы.
- Выполнить окончательное оформление в соответствии с ЕСКД.
- Добавить все размеры, обозначения, надписи.
- Проверить соответствие шифрам документов.

Этап 4: Оформление пояснительной записки
Структурирование материала

Действия:

1. Распределить подготовленный материал по разделам согласно структуре
2. Проверить логику изложения и последовательность материала
3. Убедиться в наличии всех необходимых разделов
4. Составить подробное содержание

Написание основной части

Для каждого раздела:

1. Переработать конспекты в связный текст.
2. Вставить формулы с нумерацией и пояснениями.
3. Добавить ссылки на таблицы, рисунки, схемы.
4. Указать ссылки на использованные источники.

Редакционные проверки:

- Правильность технических терминов.
- Единообразие обозначений (к примеру, буква x не должна означать разные величины).
- Соответствие стиля научно-техническому.
- Грамотность и пунктуация.

Оформление специальных разделов

Написание раздела «Охрана труда» (при наличии его в задании):

1. Выявить все опасные и вредные факторы при работе оборудования
2. Описать конструктивные и организационные меры защиты
3. Привести ссылки на нормативные требования
4. Обосновать соответствие проектного решения требованиям
5. Предусмотреть системы сигнализации и аварийной остановки

Написание раздела «Технико-экономическое обоснование»:

1. Определить капитальные затраты на реализацию курсовой работы
2. Рассчитать годовые производственные затраты

3. Определить себестоимость единицы продукции
4. Рассчитать экономический эффект (экономия, прибыль)
5. Определить срок окупаемости инвестиций
6. Сравнить показатели с существующим производством
7. Сформулировать выводы об экономической целесообразности

Написание введения и заключения

Введение:

- Использовать материал, подготовленный на этапе 1.
- Расширить описание актуальности проблемы.
- Чётко сформулировать цель и задачи курсовой работы.
- Определить объект и предмет проектирования.

Заключение:

- Кратко изложить основные результаты каждого раздела
- Сформулировать выводы о соответствии требованиям задания
- Указать на достигнутые улучшения (по сравнению с исходным состоянием)
- Дать рекомендации по внедрению и дальнейшему развитию

Подготовка вспомогательных элементов

Реферат:

- Указать объем записки, количество иллюстраций, таблиц, источников, приложений
- Выписать 5–15 ключевых слов, характеризующих содержание курсовой работы.
- Написать краткий текст реферата объёмом 1000–2000 символов
- Отрастить объект, предмет, цель и основные результаты

Содержание:

- Составить на основе структуры основной части
- Указать номера страниц начала каждого раздела
- Проверить соответствие названий в содержании и в тексте

Список использованных источников:

- Собрать все источники, на которые есть ссылки в тексте
- Оформить в соответствии с ГОСТ 7.1-2003
- Расставить в порядке появления в тексте
- Проверить корректность библиографического описания

Вставка таблиц, рисунков и формул

Действия:

1. Проставить номера всех таблиц и рисунков
2. Убедиться, что все таблицы и рисунки имеют ссылки в тексте

3. Расположить таблицы и рисунки после первого упоминания в тексте
4. Добавить подписи с полными названиями и номерами
5. Проверить разборчивость и качество изображений

Типографическое оформление

Проверить и установить:

- Размер шрифта: 14 пунктов основной текст
- Межстрочный интервал: 1,15
- Поля: левое 3 см, остальные по 1,5 см (нижнее 3 см)
- Нумерация страниц: с 4-й страницы (содержание)
- Рамки и основные надписи на каждом листе основной части

Проверить все разделы на наличие:

- Заголовков (чётко видны, выделены полужирным для подразделов)
- Нумерации разделов и подразделов
- Правильной нумерации таблиц и рисунков в пределах раздела
- Пояснений к формулам
- Единиц измерения при числовых значениях

Этап 5: Графическое оформление (параллельно этапу 4)

Разработка технологических схем

Требования к схемам:

1. Использовать стандартные условные обозначения по ГОСТ
2. Чётко показать последовательность операций
3. Обозначить контрольные точки и системы измерения
4. Добавить пояснения к обозначениям
5. Проставить основные параметры на схеме (температуры, давления, скорости)

Программное обеспечение для выполнения:

- Microsoft Visio, LibreOffice Draw, Компас-3D или AutoCAD.
- Специализированные программы по технологии

Разработка чертежей оборудования

Если требуется конструкторский раздел:

1. Выполнить чертёж общего вида с габаритными размерами
2. Показать все основные элементы (валы, подшипники, механизмы)
3. Добавить сборочный чертёж основной единицы (если необходимо)
4. Обозначить все позиции составных частей
5. Добавить необходимые разрезы и сечения для ясности

Подготовка таблиц и графиков

Основные таблицы:

1. Техничко-экономические показатели курсовой работы.
2. Сводка результатов расчётов основных параметров
3. Сравнение проектного варианта с существующим производством
4. Режимы и параметры технологического процесса

Графики (при наличии):

1. Зависимость выходного параметра от входного (например, зависимость производительности от температуры)
2. Диаграммы распределения затрат
3. Графики изменения параметров во времени или по ступеням

Оформление в соответствии с требованиями

Для каждого документа графической части:

1. Добавить основную надпись (штамп) с обозначением документа
2. Проставить правильный шифр документа
3. Добавить подписи разработчика и проверяющего
4. Указать дату выполнения
5. Проверить чёткость и разборчивость при печати

Этап 6: Рецензирование и доработка. (При отсутствии обязательного рецензирования курсовой работы данный этап касается работы по устранению замечаний руководителя)

Подготовка к рецензии. Перед передачей на рецензию проверить:

Структура:

- Наличие всех обязательных разделов
- Соответствие структуре, указанной в задании
- Логичная последовательность материала
- Чёткая связь между разделами

Содержание:

- Введение содержит обоснование актуальности и цели
- Основная часть полностью раскрывает тему курсовой работы
- Охрана труда содержит анализ опасных факторов и меры защиты
- Техничко-экономическое обоснование включает расчёты и выводы
- Заключение кратко излагает результаты и рекомендации

Оформление:

- Корректная нумерация страниц, таблиц, рисунков

- Правильное оформление формул с пояснениями
- Все таблицы и рисунки имеют ссылки в тексте
- Соблюдены размеры полей и шрифта
- Каждый раздел начинается с нового листа
- На листах проставлены основные надписи

Источники:

- Все ссылки в тексте указаны квадратными скобками
- Список использованных источников полный и верно оформлен
- По крайней мере 10–15 источников
- Включены нормативные документы и современные источники

Графическая часть:

- Выполнены все чертежи и схемы, указанные в задании
- На чертежах проставлены правильные коды (шифры)
- Добавлены основные надписи на всех листах
- Обозначения и условные символы соответствуют ГОСТ
- Качество печати удовлетворительное

Передача на рецензию. Документы для рецензии:

1. Пояснительная записка (все листы, скрепленные вместе).
2. Графическая часть (все чертежи и схемы).
3. Отзыв руководителя курсовой работы (если требуется предварительный).

Порядок:

1. Получить у руководителя направление на рецензию
2. Передать полный комплект документов рецензенту
3. Установить сроки рецензирования (обычно 3–5 дней)
4. Получить рецензию обратно

Анализ замечаний рецензента

Замечания рецензента могут касаться:

- Полноты раскрытия темы
- Глубины проведенного анализа
- Корректности расчётов
- Качества оформления
- Стиля изложения материала
- Соответствия требованиям ГОСТ

Действия:

1. Внимательно прочитать все замечания.
2. Разобраться в каждом замечании.
3. Определить, какие замечания требуют доработки.
4. Обсудить спорные замечания с руководителем курсовой работы.

5. Подготовить список изменений и дополнений.

Внесение правок и доработок. По замечаниям рецензента:

1. Добавить недостающий материал в основную часть.
2. Уточнить расчёты, если обнаружены ошибки.
3. Переформулировать отдельные фрагменты для большей ясности.
4. Улучшить качество графических материалов.
5. Исправить ошибки в оформлении.

Процедура внесения правок:

1. Исправить в электронном варианте документа
2. Проверить изменения в контексте всей работы
3. Убедиться, что изменения не нарушили логику материала
4. Перепечатать измененные листы или весь документ
5. Обновить нумерацию, если необходимо

Проверка перед защитой:

- Все замечания рецензента учтены
- Нет опечаток и грамматических ошибок
- Все листы на месте и правильно пронумерованы
- Все чертежи и схемы присутствуют
- На графических документах проставлены подписи
- Документы скреплены в правильном порядке
- Качество печати удовлетворительное

2.9 Подготовка к защите курсовой работы

Процедура защиты. Организация защиты

Защита курсовой работы проводится комиссионно согласно положению учреждения об организации выполнения курсовой работы. Комиссия создаётся из преподавателей кафедры.

Состав комиссии:

- Председатель комиссии (обычно заведующий кафедрой или назначенный преподаватель)
- Члены комиссии (минимум 1–2 преподавателя)

На защиту допускаются: слушатели, получившие положительную рецензию и исправившие все замечания рецензента, сдавшие полный пакет документов.

Документы, необходимые для защиты:

1. Пояснительная записка (оригинал или тираж).
2. Графическая часть (все чертежи и схемы).
3. Рецензия рецензента.
4. Отзыв руководителя работы (если требуется).

5. Копия задания на работу.

Подготовка доклада. Структура доклада.

Доклад на защите должен занимать 7–10 минут (примерно 1200–1500 слов) и содержать следующие элементы:

1. Вводная часть (30–45 сек):

- Приветствие комиссии.
- Представление себя, номер группы.
- Название темы курсовой работы.
- Актуальность темы (одно предложение).

Пример: «Добрый день, уважаемая комиссия! Представляю курсовую работу на тему «Совершенствование технологии прокатки круглого профиля 12 мм из стали марки Ст3 в условиях прокатного стана 150». Данная тема актуальна для производства, так как повышение качества и производительности прокатки напрямую влияет на конкурентоспособность продукции.»

2. Объект и предмет проектирования (45–60 сек):

- Краткое описание объекта проектирования.
- Чёткая формулировка предмета проектирования.
- Основная проблема, решаемая в курсовой работе.

Пример: «Объектом моего проектирования является процесс прокатки круглого профиля на прокатном стане 150. Предметом проектирования служит система охлаждения прокатываемого металла, которая влияет на точность размеров и механические свойства готовой продукции. Основная проблема состоит в том, что существующая система охлаждения неравномерно охлаждает разные части профиля, что приводит к искажению формы и колебаниям размеров в допусках.»

3. Основные результаты и расчёты (3–4 мин):

- Кратко описать основные разделы работы.
- Привести наиболее важные результаты расчётов.
- Указать основные параметры проектного решения.
- Сравнить с существующей технологией.

Пример: «В технологическом разделе я провёл анализ существующей технологии прокатки и выявил основные факторы, влияющие на качество продукции. Основные расчёты включали:

1. Расчёт тепловых потерь при прокатке и определение требуемой мощности охлаждающей системы. Установлено, что для охлаждения профиля с температуры 950°C до 200°C требуется отвести 450 кДж теплоты на 1 кг металла.

2. Определение оптимальной скорости охлаждения в зависимости от сечения профиля. Оптимальная скорость охлаждения установлена в диапазоне 5–15 °С/сек для обеспечения мелкозернистой структуры стали.

3. Расчёт давления и расхода охлаждающей жидкости. Определено, что требуется система с давлением 8 атм и расходом 150 л/мин для обеспечения равномерного охлаждения.

Предложенное решение предусматривает установку форсунок охлаждения по всему периметру профиля, что обеспечивает равномерное охлаждение и повышает точность размеров на $\pm 0,5$ мм вместо существующих $\pm 1,0$ мм».

4. Результаты по специальным разделам (1–1,5 мин):

- Охрана труда: выявленные опасные факторы и предложенные меры защиты
- Техничко-экономическое обоснование: основные показатели экономической эффективности

Пример: «В разделе охраны труда я выявил следующие опасные факторы: высокая температура металла, движущиеся части механизма, брызги охлаждающей жидкости. Предложенные меры включают установку защитных ограждений, систему сигнализации перегрева и обязательное использование спецодежды.

Техничко-экономическое обоснование показало, что стоимость модернизации системы охлаждения составит 45 тыс. BYN. Экономический эффект, обусловленный снижением брака на 2 %, составит 12 тыс. BYN в год, таким образом, период окупаемости составляет около 4 лет.»

5. Основные выводы (30–45 сек):

- Краткое изложение основных результатов
- Соответствие поставленным задачам
- Возможность практического применения

Пример: «В результате выполнения курсовой работы мною была разработана и обоснована система охлаждения прокатываемого металла, которая позволяет повысить точность размеров продукции и снизить производственные потери. Работа соответствует всем поставленным в задании требованиям и может быть рекомендован к внедрению на производстве.»

Рекомендации по подготовке доклада. Подготовка текста доклада:

1. Напишите полный текст доклада на 1,5–2 страницы.

2. Отметьте ключевые точки, которые необходимо сказать.
3. Подготовьте справочные карточки с основными цифрами и формулировками (но не читайте с листа!).
4. Потренируйтесь в произнесении доклада несколько раз.

Подготовка к вопросам:

1. Продумайте 5–7 возможных вопросов комиссии.
2. Подготовьте краткие ответы на эти вопросы.
3. Повторите основные расчёты и их обоснование.
4. Вспомните, какие упрощения вы делали в расчётах и почему.

Основные вопросы, которые может задать комиссия

Вопросы по сути курсовой работы:

- Почему вы выбрали именно такое решение для проектирования?
- Какие альтернативные варианты вы рассматривали?
- Чем ваше решение отличается от существующего?
- Какие допущения вы делали при расчётах?
- Насколько точны полученные результаты?

Вопросы по расчётам:

- Обоснуйте выбранную методику расчёта
- На какой формуле основан расчёт [указанного параметра]?
- Какие исходные данные вы использовали?
- Почему вы выбрали именно такое значение коэффициента [k, m, n]?
- Как изменится результат, если изменить исходный параметр на 10 %?

Вопросы по практическому применению:

- Возможно ли внедрение вашего решения на конкретном предприятии?
- Какие ограничения и условия необходимо соблюдать при реализации курсовой работы?
- Какие трудности могут возникнуть при практическом внедрении?

Вопросы по оформлению:

- Почему вы приняли именно такие размеры и материалы?
- Почему график показывает эту зависимость?
- Как вы обоснуете данные в таблице [номер таблицы]?

Правила использования наглядных материалов:

- Показывайте материал в том порядке, в котором вы его обсуждаете в докладе.

- Всегда указывайте, на какой график или схему вы ссылаетесь.
- Не перегружайте плакаты текстом – только главное.
- Используйте крупные, хорошо видимые шрифты и обозначения.
- Убедитесь, что все материалы видны членам комиссии.

Подготовка документов. Перед защитой убедитесь, что у вас есть:

- Пояснительная записка (собранная и скреплённая).
- Графическая часть (все чертежи в правильном порядке).
- Рецензия.
- Отзыв руководителя (если требуется).
- Справочные карточки для доклада
- Наглядные материалы (плакаты, образцы если они предполагаются к демонстрации).

Процедура защиты.

- Явитесь в аудиторию за 10–15 минут до начала защиты.
- Приготовьте документы и наглядные материалы.
- Расположите чертежи и плакаты так, чтобы они были видны комиссии.
- Посмотрите, где сидит комиссия, чтобы знать, куда направлять взгляд при докладе.

1. **Дождитесь своей очереди**

- Слушайте других выступающих студентов (слушателей ИПК) – это даст вам дополнительное время на подготовку.
- Не отвлекайтесь, но настройтесь на свой доклад.

2. **Когда вас пригласят:**

- Выйдите перед комиссией. Представьтесь.
- Начните доклад спокойным, чётким голосом.
- Смотрите на членов комиссии, а не в пол или в окно.
- Жестикулируйте естественно, не переусложняйте.

3. **Во время доклада:**

- Следите за временем (обычно 7–10 минут).
- Говорите отчётливо и не слишком быстро.
- Подготавливайте комиссию к переходу на новый вопрос (например, «Теперь я хочу рассказать о расчётах...»).
- Указывайте на чертежи и плакаты при их обсуждении.

4. **После доклада:**

- Останавливайтесь и ждите, пока председатель комиссии пригласит вас ответить на вопросы.

- Слушайте вопрос внимательно, не перебивайте.
- Если не поняли вопрос, попросите уточнить.
- Отвечайте кратко и по существу, не уходите в лишние детали.

5. Ответы на вопросы:

- Будьте честны, если не знаете ответа.
- Можно предположить и сказать: «Вероятно, это связано с...».
- Не спорьте с комиссией, даже если вам кажется, что они неправы.
- Если комментарий конструктивный, благодарите за замечание.

Критерии оценки. Комиссия оценивает следующие аспекты:

Содержание работы (40–50 %):

- Полнота раскрытия темы.
- Глубина проведённого анализа.
- Обоснованность и правильность расчётов.
- Новизна и оригинальность решения.
- Практическая значимость результатов.

Оформление документов (20–25 %):

- Соответствие требованиям ГОСТ и инструкции.
- Качество пояснительной записки.
- Качество графической части.
- Наличие всех обязательных разделов.

Защита курсовой работы (25–35 %):

- Чёткость и ясность доклада.
- Полнота ответов на вопросы.
- Демонстрация понимания материала.
- Культура поведения и общения.
- Способность аргументировать свою позицию.

2.10 Типичные ошибки и как их избежать

Ошибки в выборе темы и постановке задачи.

Ошибка: слишком широкая или нечёткая формулировка темы

Пример: «Технология производства стали»
Как избежать: уточните тему, указав конкретный процесс, оборудование или проблему. *Правильно:* «Совершенствование системы охлаждения в технологии прокатки калиброванного стержня 20 мм из стали 45»

Ошибка: Работа полностью копирует учебный материал без собственных разработок.

Как избежать: обязательно включите свои расчёты, анализ

конкретных условий производства, предложения по совершенствованию.

Ошибка: Недостаточный анализ существующей технологии перед предложением усовершенствований.

Как избежать: посвятите достаточное время (примерно четверть объёма) анализу современного состояния технологии и оборудования.

Ошибки в расчётах и анализе.

Ошибка: формулы приводятся без обоснования и источников

Как избежать: для каждой формулы указывайте источник, объясняйте, при каких условиях она применима.

Ошибка: округление промежуточных результатов (например, использование 3,14 вместо π в промежуточных расчётах)

Как избежать: используйте максимальную точность при расчётах, округляйте только финальный результат

Ошибка: не указываются единицы измерения при расчётах

Как избежать: всегда проставляйте единицы при подстановке чисел в формулу и в результате

Ошибка: результаты расчётов не проверяются на адекватность

Как избежать: после каждого расчёта спросите себя: «Разумен ли полученный результат? Соответствует ли он известным из литературы значениям?»

Ошибки в структуре и содержании.

Ошибка: раздел «Охрана труда» содержит только общие фразы без конкретики. *Как избежать:* рассмотрите конкретные опасные факторы вашего оборудования и процесса, предложите конкретные меры защиты (ограждения, сигналы, системы охлаждения и т. п.).

Ошибка: Техничко-экономическое обоснование содержит только смету затрат без расчёта эффекта. *Как избежать:* включите расчёт себестоимости, определение выигрыша (экономия, прибыль), расчёт срока окупаемости

Ошибка: введение написано после завершения основной части и не согласовано с содержанием. *Как избежать:* пишите введение в последнюю очередь, используя материал из основной части, обновите его

Ошибка: заключение содержит только перечисление результатов без выводов и рекомендаций. *Как избежать:* сформулируйте чёткие выводы, укажите, достигнуты ли поставленные цели, дайте рекомендации по внедрению

Ошибки в оформлении.

Ошибка: неправильное оформление формул (формула не выделена отдельной строкой, пояснения хаотичны).
Как избежать: следуйте требованиям: формула на отдельной строке, выше и ниже одна пустая строка, пояснения под формулой со слова «где».

Ошибка: таблицы и рисунки размещены не после первого упоминания, без нумерации или подписей
Как избежать: всегда сначала напишите текст с упоминанием и ссылкой, затем вставьте таблицу/рисунок; дайте ему номер и подпись

Ошибка: несоответствие названий в содержании и в тексте
Как избежать: составляйте содержание в последнюю очередь, после завершения текста; проверяйте совпадение названий

Ошибка: разные шрифты, размеры, межстрочные интервалы в разных частях документа. *Как избежать:* используйте стили в текстовом редакторе; один раз определите стили для заголовков, основного текста и т. п., затем применяйте их ко всему документу

Ошибка: рамки и основные надписи на листах выполнены вручную или неправильно. *Как избежать:* используйте колонтитулы и автоматическое форматирование для добавления рамок и основных надписей

Ошибки при защите.

Ошибка: доклад читается с листа, не контролируется время. *Как избежать:* потренируйтесь в докладе 3–4 раза перед защитой, подготовьте небольшие справочные карточки (не полный текст), хронометрируйте время.

Ошибка: при ответе на вопросы студент (слушатель ИПК) не слушает вопрос до конца, начинает отвечать на предположенный вопрос. *Как избежать:* внимательно выслушивайте полный вопрос, если не понял – попросите уточнить, потом ответьте по существу.

Ошибка: студент (слушатель ИПК) не может найти нужный чертёж или таблицу при вопросе комиссии. *Как избежать:* предварительно рассортируйте все документы в порядке обсуждения, пронумеруйте их, отметьте закладками ключевые страницы.

Ошибка: студент (слушатель ИПК) не знает некоторые расчёты из своей курсовой работы, не может объяснить, откуда взялось число
Как избежать: повторите все расчёты перед защитой, поймите, откуда берутся промежуточные и финальные значения.

2.11 Итоговый контрольный список

Используйте этот проверочный лист перед сдачей курсовой работы на проверку или рецензию:

Структура и содержание:

- Титульный лист с правильной информацией о студенте и руководителе.
- Лист задания (подписанный и заполненный).
- Реферат объёмом 1000–2000 символов с ключевыми словами.
- Содержание со всеми разделами и номерами страниц.
- Введение (1,5–2 стр.) с обоснованием актуальности, определением объекта и предмета.
- Основные разделы (25–35 стр.) с полным раскрытием темы.
- Раздел охраны труда (5–8 стр.) с анализом опасных факторов и мер защиты.
- Раздел технико-экономического обоснования (3–5 стр.) с расчётами и выводами.
- Заключение (2–3 стр.) с выводами и рекомендациями.
- Список использованных источников (не менее 10–15 источников).
- Приложения с дополнительными материалами.

Оформление пояснительной записки:

- Размер шрифта 14 пт, межстрочный интервал 1,15.
- Правильные поля.
- Все листы основной части имеют рамку и основную надпись.
- Страницы нумеруются с 4-й (содержание).
- Разделы начинаются с нового листа.
- Правильная нумерация разделов и подразделов.
- Все таблицы и рисунки пронумерованы и имеют подписи.
- На все таблицы и рисунки есть ссылки в тексте.

Формулы и расчёты:

- Формулы выделены отдельными строками.
- Пояснения под каждой формулой со слова «где».
- Все расчёты имеют исходные данные и методику.
- Результаты расчётов имеют единицы измерения.
- На формулы в тексте даны ссылки в круглых скобках.

Графическая часть:

- Все чертежи и схемы, указанные в задании, выполнены.
- На чертежах проставлены правильные коды (шифры).
- Основные надписи на всех листах.

- Чёткие, разборчивые изображения при печати.
- Обозначения соответствуют ГОСТ.

Источники и ссылки:

- Все ссылки в тексте указаны квадратными скобками с номерами.
- Список источников оформлен по ГОСТ 7.1-2003.
- Библиографическое описание источников полное и корректное.
- Источники расставлены в порядке появления в тексте.

Финальная подготовка:

- Проверка на опечатки и грамматические ошибки.
- Все листы на месте и правильно пронумерованы.
- Документы скреплены в правильном порядке.
- Графические материалы сложены согласно требованиям.
- Качество печати удовлетворительное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успешное выполнение курсовой работы по дисциплине «Теория и технология металлургического производства» требует систематического подхода, внимательного соблюдения всех требований и последовательного выполнения этапов работы.

Ключевые моменты для успеха:

1. *Ясное понимание темы и задач* – уточните с руководителем все непонятные моменты в самом начале
2. *Глубокий анализ существующей технологии* – это основа для обоснования ваших предложений по совершенствованию
3. *Качественные расчёты с обоснованием* – все расчёты должны иметь ясную методику и ссылки на источники
4. *Чёткое оформление согласно требованиям* – правильное оформление облегчает восприятие материала и демонстрирует профессиональный подход
5. *Практическая значимость* – покажите, как ваше решение может быть применено в реальном производстве
6. *Хорошая подготовка к защите* – знание своего материала и чёткий, уверенный доклад произведут хорошее впечатление на комиссию.

Помните, что курсовая работа – это не просто домашнее задание, а возможность продемонстрировать ваши знания в области металлургического производства, умение проводить технические расчёты и разработки, а также готовность к выполнению более сложных задач в будущей деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И СПРАВОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.106–96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
2. ГОСТ 2.109–73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
3. ГОСТ 2.119–2013 Единая система конструкторской документации. Эскизный проект.
4. ГОСТ 2.701–2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
5. ГОСТ 2.302-68 Единая система конструкторской документации. Масштабы.
6. ГОСТ 2.304–81 Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные.
7. ГОСТ 2.102–2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.
8. ГОСТ 2.104–2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
9. ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.
10. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
11. ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.
12. ГОСТ 4543-2016 Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия.
13. СТБ 1704-2012 Арматура ненапрягаемая для железобетонных конструкций.
14. ТКП 45-2.02-316-2018 Производственные здания. Строительные нормы проектирования.
15. ОСРБ 9-09-0714-03 Образовательный стандарт переподготовки руководящих работников и специалистов. Специальность: 9-09-0714-03 Металлургическое производство и материалопереработка. Квалификация: Инженер.

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

**по выполнению курсовой работы
для слушателей специальности переподготовки
9-09-0714-03 «Металлургическое производство
и материалобработка»
заочной формы обучения**

**Составители: Бобарикин Юрий Леонидович
Жаранов Виталий Александрович**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 25.03.26.

Рег. № 17Е.

<http://www.gstu.by>