

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические рекомендации для студентов специальности
1-36 07 02 «Производство изделий
на основе трехмерных технологий»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 624.011.1
ББК 38.5
Д46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «28» декабря 2023 г.,
протокол № 6

Составители: канд. техн. наук, доц. Д. И. Якубович;
канд. техн. наук, доц. И. М. Кузменко;
канд. техн. наук, доц. В. А. Попковский;
ст. преподаватель А. Н. Юманова;
ст. преподаватель Е. Г. Кривоногова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

В методических рекомендациях изложены общая методика выполнения всех разделов дипломного проекта, требования к оформлению графической части проекта, пояснительной записки, приведен список научной, справочной и учебной литературы.

Учебное издание

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение	4
1 Цель и задачи дипломного проектирования.....	5
2 Выбор темы дипломного проектирования	6
3 Структура и объем дипломного проекта	7
4 Содержание конструкторско-технологического дипломного проекта.....	8
5 Порядок оформления и защиты дипломного проекта	13
6 Порядок защиты дипломного проекта	23
Список литературы	23

Введение

В связи с постоянным повышением сложности и требований к точности изделий возникает необходимость применения уникальных технологий проектирования и производства, к которым относятся трёхмерные технологии, использующие материалы аддитивного синтеза.

Инжиниринговые и производственные компании в Республике Беларусь испытывают острую потребность в специалистах, умеющих проектировать и производить изделия с использованием современных САД-программ. При производстве таких изделий актуально применение автоматизированных систем управления производством с использованием современного оборудования (3D-принтеры и сканеры, станки и установки с ЧПУ).

Использование технологий 3D-печати изделий из материалов аддитивного синтеза является перспективным, т. к. позволяет сократить затраты на материалы и время производства, особенно при проектировании новых изделий, когда себестоимость их изготовления в несколько раз выше в сравнении с действующими технологиями массового производства.

Создание трехмерной модели проектируемого изделия часто является одним из ключевых этапов деятельности инженера специальности «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

К преимуществам 3D-печати относят:

1) ресурсоэффективность. Изделие «выращивают», как правило, за одну основную технологическую операцию, т. е. производство изделия является полностью безотходным;

2) оперативность. Время от момента разработки модели до получения изделия сокращается в разы, а то и в десятки раз, без ущерба для качества;

3) мобильность. Оборудование, которое используется в производстве, компактное; передача 3D-моделей от конструктора к технологам, осуществляющим 3D-печать, возможна на любые расстояния в онлайн-режиме;

4) точность. Послойный синтез обеспечивает полное соответствие готового изделия заданным техническим параметрам трехмерной модели;

5) масса. Это важное преимущество для промышленности, авиа- и машиностроения. Возможно снижение массы отдельных изделий на 40 %...50 % без потери прочности и других характеристик изделия;

В методических рекомендациях изложена методика выполнения дипломного проекта студентами специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

1 Цель и задачи дипломного проектирования

Целью дипломного проектирования является совершенствование конструктивной формы базового изделия и технологии его производства на основе применения трехмерных технологий аддитивного синтеза.

Задачами дипломного проекта являются:

- анализ конструкции базового изделия, его нагружения, условий эксплуатации и технологии производства;
- исследование технологических характеристик базового изделия в условиях эксплуатации;
- создание 3D-модели базового изделия и исследование ее напряженно-деформированного состояния;
- создание 3D-модели изделия для его производства на основе применения трехмерных технологий и исследование ее напряженно-деформированного состояния;
- выбор материалов и оборудования для производства изделия на основе применения трехмерных технологий;
- разработка аддитивной технологии изготовления изделия и проекта производственного помещения.

Проектирование трехмерных моделей осуществляется в среде SolidWorks (или аналогичного программного продукта) с последующим получением чертежей и спецификаций к ним.

На начальном этапе работы над проектом рассматриваются конструкция базового изделия, условия его работы, особенности нагружения и т. п. Анализируется технологический процесс изготовления изделия на базовом предприятии при использовании заводских технологий: литье, обработка резанием, обработка давлением, сварка и, при наличии, аддитивный синтез. Приводится маршрутная технология изготовления изделия на базовом предприятии.

Выполняется прототипирование модели базового изделия, проводится ее анализ и разрабатывается трехмерная модель изделия для аддитивного производства.

В процессе работы над моделью изделия рассматривается возможность внесения изменений с их обоснованием:

- в конструкции базового изделия с целью минимизации материалоемкости рассматриваемого объекта при обеспечении требуемых механических и других характеристик изделия;
- выбор конструкционных материалов для изготовления изделия при его аддитивном производстве;
- в технологический процесс изготовления изделия при его производстве на основе аддитивных технологий.

Процесс работы над моделью в обязательном порядке должен завершаться проведением исследований прочности, жесткости, устойчивости, выносливости, влияния динамического нагружения и т. д. в зависимости от условий

эксплуатации изделия. Не обязательно, чтобы все указанные типы исследования были осуществлены для проектируемого изделия.

Возможно создание нескольких вариантов модели одного и того же изделия с последующим их анализом и выбором оптимального варианта с точки зрения прочностных, триботехнических, аэродинамических и других свойств, а также проведение топологической и (или) параметрической оптимизации.

При работе над дипломным проектом следует обращать внимание на возможное снижение веса и стоимости изделия, сокращение сроков проектирования и производства, повышение механических и эксплуатационных характеристик проектируемого изделия (расчетными методами).

2 Выбор темы дипломного проектирования

Тема дипломного проекта выбирается во время производственной или преддипломной практики и согласовывается с руководителем практики и с руководителем дипломного проектирования. Как правило, в проекте темы должен быть представлен и проанализирован базовый технологический процесс изготовления изделия.

В дипломном проекте может быть предусмотрено проведение научных исследований, связанных с производством проектируемого изделия на основе трехмерных технологий аддитивного синтеза.

Тема проекта должна носить реальный характер с учетом перспектив развития отрасли и быть ориентированной на конструкции, которые будут реализованы на рынке товаров и услуг и обеспечат прибыльную работу предприятия.

При выборе темы необходимо учитывать, что проект должен быть направлен на повышение производительности труда, совершенствование технологических процессов, применение современных материалов, позволяющих снизить материалоемкость изделий, улучшить их качество и конкурентоспособность.

После прохождения преддипломной практики тема проекта согласовывается с заведующим кафедрой. Окончательная тема дипломного проекта утверждается приказом ректора университета.

Примеры тем дипломных проектов.

Производство кронштейна методами аддитивных технологий на основе трехмерного моделирования.

Усовершенствование конструктивных форм кронштейна (указывается наименование механизма или узла, в состав которого входит базовое изделие) и технологии его изготовления на основе трехмерного моделирования с использованием возможностей аддитивного производства.

3 Структура и объем дипломного проекта

Дипломный проект должен содержать пояснительную записку и графический материал.

Пояснительная записка к дипломному проекту должна включать:

- титульный лист;
- задание на дипломное проектирование;
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов и терминов (если в этом есть необходимость);
- введение;
- обзор литературных источников;
- всесторонний анализ базового изделия, условий его эксплуатации в составе конструкции механизма или узла;
- возможные пути совершенствования конструктивных форм базового изделия и применения материалов аддитивного синтеза;
- результаты прототипирования предлагаемой конструкции изделия с подробным анализом его напряженно-деформированного состояния и работоспособности;
- результаты топологической и (или) параметрической оптимизации проектируемого изделия;
- описание технологических особенностей трехмерной печати проектируемого изделия;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Пояснительная записка к дипломному проекту также должна содержать разделы: «Организационно-экономическая часть», «Охрана труда», «Энерго- и ресурсосбережение»; помещаются перед «Приложениями».

Общими требованиями к пояснительной записке к дипломному проекту являются: четкость и логическая последовательность изложения материала; краткость формулировок, исключающих неоднозначность толкования. При этом записка должна раскрывать творческий замысел автора дипломного проекта, при необходимости должна быть проиллюстрирована фотографиями, графиками, диаграммами, схемами и т. п.

Объем пояснительной записки, как правило, составляет 50–80 листов без учета приложений.

Пояснительная записка переплетается и сдается на проверку в стандартной папке для дипломных работ.

Графический материал конструкторских и технологических дипломных проектов оформляется на 6–10 и более листах формата А1.

Содержание графической части дипломных проектов, включающих результаты научных исследований автора, определяется руководителем.

Примерный перечень листов графической части дипломного проекта:

- чертеж базового изделия и его расчетная схема (*указываются особенности закрепления, нагрузки и т. п.*) – 1–2 листа;
- трехмерная модель базового изделия, разработанная в SolidWorks, результаты расчетов – 1–2 листа;
- трехмерная модель изделия для его аддитивного производства, результаты расчетов, сравнение показателей напряженно-деформированного состояния моделей базового и проектируемого вариантов – 2–3 листа;
- чертежи спроектированного изделия, которое будет изготавливаться по выбранной технологии – 1–2 листа;
- сравнение базового и проектируемого вариантов (например, применяемые конструкционные материалы, технологические особенности производства изделия, снижение массы, количество операций и т. п.) – 1 лист;
- технологические особенности 3D-печати проектируемого изделия – 1 лист;
- технико-экономические показатели проекта – 1 лист.

4 Содержание конструкторско-технологического дипломного проекта

Введение.

Во введении дается обоснование актуальности темы дипломного проекта. Оно состоит из описания отрасли, к которой относится объект дипломного проектирования, задач, стоящих перед ней, ее роли в развитии промышленного потенциала Республики Беларусь. Приводятся перспективные планы развития производства изделий на основе трехмерных технологий в отрасли, к которой относится базовое изделие, возможности ресурсосбережения за счет рационального проектирования и применения материалов аддитивного синтеза при производстве изделий на основе трехмерных технологий.

Глава 1 «Описание конструкции базового изделия, технологии его изготовления».

Дается эскиз конструкции базового изделия, описываются его назначение, роль в работе всего агрегата или машины, особенности нагружения и т. п. Приводятся технические условия на его изготовление. Дается описание и анализ технологического процесса производства изделия на базовом предприятии: непосредственно технологического процесса, применяемого оборудования, станочных приспособлений, инструмента, средств механизации и т. п.

Составляется маршрутный техпроцесс изготовления изделия на базовом предприятии, в котором для каждой операции приводятся принятое оборудование, материалы и инструменты.

На основании проведенного анализа разрабатываются предложения по изменению конструкции изделия и существующего технологического процесса его изготовления на основе применения трехмерных технологий. Определяются требования к конструкционным материалам аддитивного синтеза и оборудованию.

Глава 2 «Трехмерное моделирование (проектирование) изделия».

2.1 Анализ условий эксплуатации объекта дипломного проектирования.

В этом разделе должны быть:

- приведены сведения о механических свойствах материала изделия, необходимые для решения задач механики деформируемого твердого тела;
- указаны места фиксации (крепления) изделия в пространстве;
- определены особенности внешнего воздействия на исследуемый объект, например, величина силового, теплового или химического воздействия и др.;
- на основании рассмотрения условий эксплуатации изделия должны быть определены типы проводимых исследований – статический анализ, динамический анализ, линейный или нелинейный анализ. Дополнительно выполняются и другие виды анализа (см. п. 2.6).

Создаются прототипы модели изделия и выполняются исследования, на основании которых принимается окончательный вариант конструкции проектируемого изделия.

2.2 Разработка твердотельной модели объекта дипломного проектирования.

В разрабатываемой твердотельной модели должны быть убраны фрагменты изделия, не оказывающие существенного влияния на общую картину напряженно-деформированного состояния (мелкие отверстия, технологические включения и т. д.).

2.3 Анализ напряженно-деформированного состояния объекта дипломного проектирования.

Должна быть приведена достаточно подробная информация о разрабатываемой конечно-элементной модели, механических свойствах материала (материалов) аддитивного синтеза, используемых при изготовлении изделия, условиях закрепления и нагружения, сетке разбиения модели на конечные элементы. Результаты расчетов приводятся в виде эпюр напряжений и деформаций, включая и результаты зондирования наиболее ответственных мест изделия.

2.4 Разработка мероприятий по совершенствованию конструктивно-технологических параметров изделия.

Данный раздел должен быть посвящен разработке мероприятий, обеспечивающих усовершенствование конструктивно-технологических параметров изделия. Эти мероприятия должны базироваться либо на анализе напряженно-деформированного состояния базовой модели, либо на использовании алгоритмов параметрической или топологической оптимизаций. При этом должно быть представлено подробное обоснование всех действий, связанных с определением параметров оптимизации.

2.5 Создание твердотельной модели усовершенствованного объекта дипломного проектирования и проведение проверочного расчета его напряженно-деформированного состояния в процессе эксплуатации.

По результатам данных по доработке базового варианта изделия в этом разделе создается твердотельная модель усовершенствованного объекта дипломного проектирования и в последующем проводится подробный анализ напряженно-деформированного состояния от действия всех видов нагрузок.

2.6 Дополнительные виды имитационного моделирования проектируемого изделия.

Наряду с приведенными выше видами имитационного моделирования (прочностной анализ и оптимизационные исследования), для ряда изделий, учитывая условия их эксплуатации, целесообразно дополнительно выполнить следующие виды анализа:

- определение собственных частот и форм колебаний объекта исследований. Особенно это касается коробчатых конструкций, пластин, оболочек, стоек, кронштейнов и т. д.;

- проверка изделия на устойчивость. Изделия, приведенные в предыдущем пункте, также нуждаются в такого рода исследованиях;

- проведение расчетов на усталость. Данное имитационное моделирование обязательно должно быть проведено для случаев эксплуатации изделий в условиях длительного воздействия циклически изменяющихся нагрузок;

- поиск оптимальных типоразмеров изделия посредством использования алгоритмов параметрической, топологической или интуитивной оптимизации.

2.7 Общие выводы по данному разделу.

Формулируются конкретные выводы по результатам имитационного моделирования объекта дипломного проектирования с заключением о возможности его эксплуатации.

Глава 3 «Технологический процесс производства проектируемого изделия».

3.1 Анализируются технологии, применение которых возможно для изготовления изделия.

На основе анализа сведений об оборудовании, материалах и технологических операциях, применяемых на предприятии для изготовления изделия (см. гл. 1), описываются положительные стороны перехода на изготовление изделия методами аддитивных технологий.

С учетом результатов исследований (см. гл. 2) обосновывается выбор метода 3D-печати и материала (материалов) аддитивного синтеза, из которого будет изготавливаться изделие.

С учетом разработанной 3D-модели и программного обеспечения, используемого в выбранном в проекте для реализации аддитивной технологии, 3D-принтера, необходимо определить и обосновать требуемые параметры печати. Выбранные параметры печати представляются в табличном виде в пояснительной записке и на листах формата А1 дипломного проекта.

3.2 Подготовка документации на технологию аддитивного производства изделия.

Начинать необходимо с анализа существующего на базовом предприятии технологического процесса, применяемого оборудования, инструментов и материалов (в виде ссылки на маршрутный техпроцесс, который автор проекта анализирует на *начальном этапе работы*).

На основании проведенного анализа и изменений, внесенных в конструкцию изделия, разрабатывается технологический процесс изготовления изделия методами 3D-печати.

Составляется маршрутный технологический процесс аддитивного производства, в котором для каждой операции приводятся принятое оборудование и инструменты. Данные маршрутного технологического процесса по каждой операции отображаются в пояснительной записке и составляются маршрутные карты.

Маршрутные технологические процессы по каждой операции отображаются в разделе «Технологические карты» пояснительной записки.

Глава 4 «Расчет производственного помещения».

Для всех технологических операций производится расчет технологических норм времени. Расчет количества оборудования в помещении осуществляется по операциям для производства и по типам оборудования. Определение числа производственных рабочих производится по расчетным нормам времени.

Определение числа вспомогательных рабочих, служащих и ИТР производится после разработки планировки помещения и организационно-технической части проекта.

Производственная площадь определяется предварительно в зависимости от размеров и количества оборудования по удельной площади, приходящейся на один прибор; вспомогательная площадь и площадь обслуживающих помещений – по удельным показателям. Уточнение площади производственного помещения для производства изделий на основе трехмерных технологий выполняется после разработки планировки и общей компоновки оборудования помещения.

В пояснительной записке должна быть описана общая компоновка производственного помещения с указанием принципов компоновки оборудования, вспомогательных и бытовых помещений.

Глава 5 «Охрана труда».

Должны быть выполнены конкретные расчеты, касающиеся спроектированного производственного помещения, например, расчет заземления, освещения, вентиляции и др., изложен перечень вредных факторов, влияющих на рабочего, методы защиты от них. Содержание главы должно соответствовать методическим указаниям кафедры «Техносферная безопасность и производственный дизайн».

Глава 6 «Экономическая часть».

Экономическая часть дипломного проекта обосновывает эффективность принятых технических решений и включает в себя определение экономического эффекта проектируемой (новой) технологии производства изделия на основе аддитивного синтеза, а также расчет основных технико-экономических показателей помещения по производству изделий методами трехмерных технологий.

Указываются главные отличия проектируемого варианта от базового. Выполняется расчет экономической эффективности принятых в проекте решений.

Результатом расчета являются технико-экономические показатели проекта, которые представляются на защите в виде итоговой таблицы.

При проведении расчетов необходимо пользоваться методическими указа-

ниями кафедры «Экономика и управление».

Глава 7 «Энерго- и ресурсосбережение».

Экономия материальных и энергетических ресурсов является важной задачей, которую студент должен решать при работе над дипломным проектом. Решение задачи следует искать в следующих направлениях:

– сокращение операций, связанных с производством изделий, и, как следствие, количества оборудования, расхода электрической энергии и т. п.

Годовой расход электроэнергии на одну операцию рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = P \cdot \Phi_{\partial} \cdot K_c \cdot K_3, \quad (1)$$

где P – мощность главного привода станка, кВт;

Φ_{∂} – действительный годовой фонд времени работы станка, ч;

K_c – коэффициент спроса, $K_c = 0,7$;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Годовая экономия электроэнергии может быть определена по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum^n \mathcal{E}_i - \sum^m \mathcal{E}_j, \quad (2)$$

где $\sum^n \mathcal{E}_i$ – годовой расход электроэнергии по операциям базового техпроцесса, кВт ч;

n – число измененных операций базового техпроцесса;

$\sum^m \mathcal{E}_j$ – годовой расход электроэнергии по операциям принятого техпро-

цесса, кВт ч;

m – число операций принятого техпроцесса.

Стоимость сэкономленной электроэнергии определяется по формуле

$$C_3 = \mathcal{E}_2 \cdot C_9, \quad (3)$$

где C_9 – цена за 1 кВт ч электроэнергии, р./кВт ч.

Расчет экономии других материальных и энергетических ресурсов в дипломном проекте выполняется по такой же методике.

Список литературы.

Приложения.

Заключение.

В заключении указываются конкретные изменения, по сравнению с базовым вариантом, которые внесены в дипломный проект; технические и эконо-

мические результаты, полученные при выполнении проекта. Приводится годовой экономический эффект от реализации предлагаемых технических решений.

5 Порядок оформления дипломного проекта

Дипломный проект – цельная и законченная работа, в которой соединены инженерная, организационная и экономическая части проекта.

Проект должен быть выполнен студентом самостоятельно. Он является квалификационной работой, по результатам которой студенту присваивается квалификация «инженер» по специальности «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

Студент лично несет ответственность за все принятые в проекте решения.

Если выполняется *комплексный проект*, каждый соавтор пишет отдельную пояснительную записку, со своим отдельным заданием, подписанным руководителем. Чертежи также оформляются и подписываются каждым соавтором самостоятельно.

Если одно приспособление изображено на нескольких листах, они должны иметь один номер и название. Если вид приспособления в масштабе больше формата А1, допускается объединение листов в больший формат под одну рамку и один штамп. В графе «Всего листов» указывается количество листов под одним названием.

Каждый лист графической части и пояснительной записки имеет идентификационный номер, в котором указаны наименование проекта, последние три цифры зачетной книжки автора проекта, год выпуска, номера листов (например, ДП 123.24.01.000.00).

5.1 Общие положения по выполнению текстовых документов

Текстовые документы выполняются на листах формата А4 по ГОСТ 2.105–95.

Текстовые документы подразделяют на документы, содержащие, в основном, сплошной текст (технические условия, паспорта, расчеты, пояснительные записки, инструкции и т. п.), и документы, содержащие текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т. п.).

Текстовые документы выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Подлинники текстовых документов выполняют одним из следующих способов:

- принтерными устройствами ЭВМ, при этом должны соблюдаться требования ГОСТ 13.1.002. Шрифт – высотой не менее 2,5 мм, только **черного цвета**;
- рукописным – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304–68 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью;
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004–88).

Вписывать в текстовые документы, изготовленные с помощью принтерных устройств ЭВМ, отдельные слова, формулы, условные знаки (рукописным способом), а также вносить исправления следует черным цветом, пастой или тушью.

Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам принтерных устройств ЭВМ (15...17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) принтерными устройствами ЭВМ или черными чернилами рукописным способом.

5.2 Построение документа

Текст документа при необходимости разделяют на разделы и подразделы.

Листы документа нумеруют в пределах всего документа: лист 1 – титульный лист; лист 2 – задание на дипломный проект; лист 3 – содержание, которое печатается на листах с основной надписью по форме 2 ГОСТ 2.104–68.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы; наименования, включенные в содержание, – строчными буквами, начиная с прописной.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (часть, книги), обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа; подразделы – нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела и номер пункта состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

- 1 Типы и основные размеры
 - 1.1
 - 1.2 Нумерация пунктов первого раздела документа
 - 1.3

- 2 Технические требования
 - 2.1
 - 2.2 Нумерация пунктов второго раздела документа
 - 2.3

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в

пределах подраздела и номер пункта состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3 Методы испытаний

3.1 Оборудование, инструменты и приборы

3.1.1

3.1.2

3.1.3

Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Их следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа для принтерных устройств ЭВМ должно быть равно 3,4 интервалам, или – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, или – 8 мм.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В конце текстового документа допускается приводить список источников, которые были использованы при его составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.1–2003. Список использованных источников включают в содержание документа.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в его состав, должна быть сквозная.

5.3 Оформление формул

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример – Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объем образца, м³.

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

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках

выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×».

В документах, издаваемых нетипографским способом, формулы могут быть выполнены принтерными устройствами ЭВМ, машинным способом или чертежным шрифтом высотой не менее 2,5 мм. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают – (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

5.4 Оформление иллюстраций и приложений

Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например – Рисунок А.3 (приложение А).

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Детали прибора.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на ней должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций.

Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

Приложения могут быть обязательными и информационными.

Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.

Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.

Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Все приложения должны быть перечислены в содержании документа (при наличии) с указанием их номеров и заголовков.

Приложения, выпускаемые в виде самостоятельного документа, оформляют по общим правилам: первый лист с основной надписью – по форме 2, последующие листы – по форме 2а по ГОСТ 2.104, ГОСТ 21.1101.

5.5 Построение таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Его следует помещать над таблицей.

При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой ее частью.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 5.1.

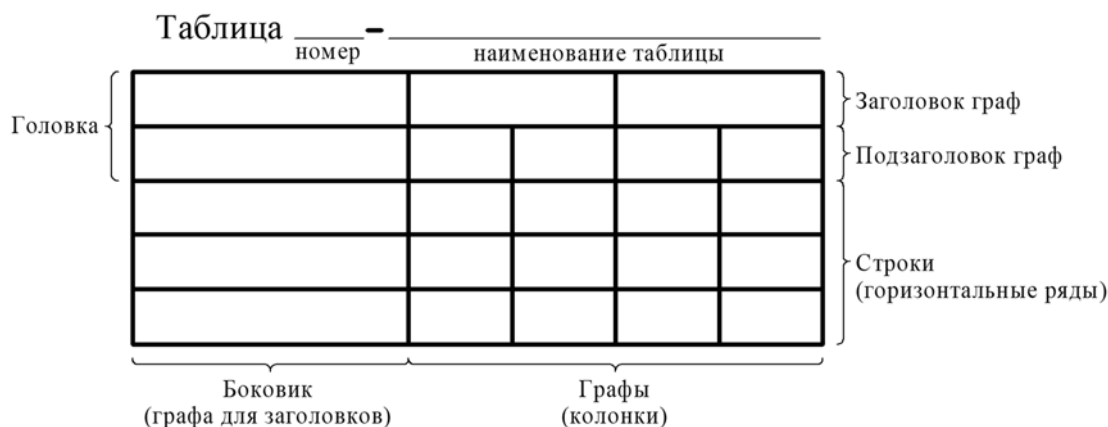


Рисунок 5.1 – Оформление таблицы

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной, если имеют самостоятельное значение. В конце

заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении к документу.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

На следующей странице делают надпись «Продолжение таблицы ...» и размещают продолжение таблицы, включая ее головку.

5.6 Оформление графического материала

Графический материал выполняется при помощи графических устройств вывода ЭВМ на чертежной бумаге основных и вспомогательных форматов по ГОСТ 2.301–68 *Форматы*.

Масштабы выбираются в соответствии с ГОСТ 2.302–68 *Масштабы*.

Наименование, начертание, толщина линий по отношению к основной линии должны соответствовать ГОСТ 2.302–68 *Линии*.

Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от 0,6 до 1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы, должны соответствовать ГОСТ 2.304–68 *Шрифты чертежные*.

Правила изображения предметов (изделий) и их составных элементов на чертежах определяются ГОСТ 2.305–68 *Изображения – виды, разрезы*.

Правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах определяются в соответствии с ГОСТ 2.307–68 *Нанесение размеров и предельных отклонений*.

Указание на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей выполняется по ГОСТ 2.308–68.

Обозначение шероховатости поверхности выполняется в соответствии с ИУС № 3 к ГОСТ 2.309–73 *Обозначение шероховатостей поверхности*.

Высота h (рисунок 5.2) должна быть приблизительно равна применяемой на чертежах высоте цифр размерных чисел.

Высота H равна $(1,5 \dots 3) h$. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, принимаемой на чертеже.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть обработана удалением слоя металла, например точением, фрезерованием и т. п., применяют знак $\sqrt{\quad}$.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображение не наносят (рисунок 5.3).



Рисунок 5.2 – Обозначение шероховатости поверхности

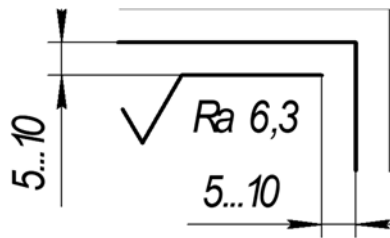


Рисунок 5.3 – Обозначение шероховатости поверхности

Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости в правом верхнем углу чертежа должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

При указании одинаковой шероховатости для части поверхности изделия в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение ($\sqrt{\quad}$). Размеры знака $\sqrt{\quad}$, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изделии (рисунок 5.4).

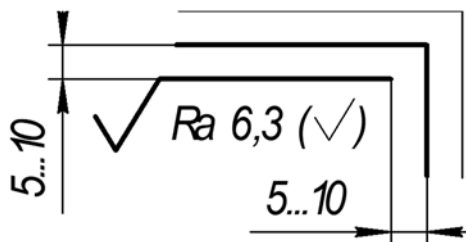


Рисунок 5.4 – Обозначение шероховатости поверхности

ГОСТ 2.310–68 *Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.*

ГОСТ 2.316–68 *Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.*

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В подписях на чертежах не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от оси какой-либо линии, заканчивают точкой.

Линии-выноски не должны пересекаться между собой, быть непараллельными линиями штриховки и не пересекать размерные линии и элементы изображений, к которым не относится помещенная на поле надпись.

Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью на расстоянии 10 мм.

Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т. д.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования в последовательности, установленной ГОСТ 2.316–68.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию, записываемую с правой строки шириной не более 185 мм.

Заголовок «Технические требования» не пишут.

В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа с подзаголовком «Техническая характеристика», при этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита.

Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза.

Пример – А–А (1:1), Б (5:1), А–А (1:2) ©.

ГОСТ 2.109–73 *Основные требования к чертежам.*

5.7 Содержание графической части в зависимости от вида чертежей:

Для сборочных чертежей .

На сборочном чертеже должны быть обязательно указаны:

- изображение сборочной единицы;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия;
- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- технические требования.

На сборочном чертеже все составные части сборной единицы нумеруются. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, которые располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения.

На сборочные чертежи, как правило, составляется спецификация.

Для чертежей общего вида.

Количество видов на чертеже общего вида должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать исчерпывающие представления о внешних

очертаниях изделия, о положении его выступающих частей.

Изображение изделия выполняется сплошными основными линиями, а очертания перемещающихся частей в крайних положениях – штрихпунктирными тонкими.

На чертеже общего вида указываются позиции составных частей и техническая характеристика. Составляется ведомость технического проекта.

Для чертежей сборочных единиц (деталей) изделия .

На чертеже детали указываются необходимые данные для ее изготовления и контроля, материал.

Часто возникает необходимость выполнения чертежа заготовки (в случае наличия в дипломном проекте сравнительного анализа способов получения заготовки).

Чертеж заготовки разрабатывается на основании чертежа готовой детали с учетом припусков, допусков и напусков в том масштабе, который принят для изображения детали. Чертеж заготовки выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 7505, ГОСТ 7829, ГОСТ 2.423.

На поковку и штамповку чертежи выполняются отдельно от чертежа детали. Чертеж отливки допускается совмещать с чертежом детали. Совместный чертеж выполняется в том случае, когда в качестве заготовки используется прокат, труба и т. п.

На чертеже заготовки должны быть указаны технические требования. В случае совмещения чертежей детали и заготовки, технические требования пишутся раздельно (первыми указываются технические требования для заготовки).

Требования к обозначению чертежей.

В общем случае обозначение чертежа должно содержать следующую информацию (рисунок 5.5).

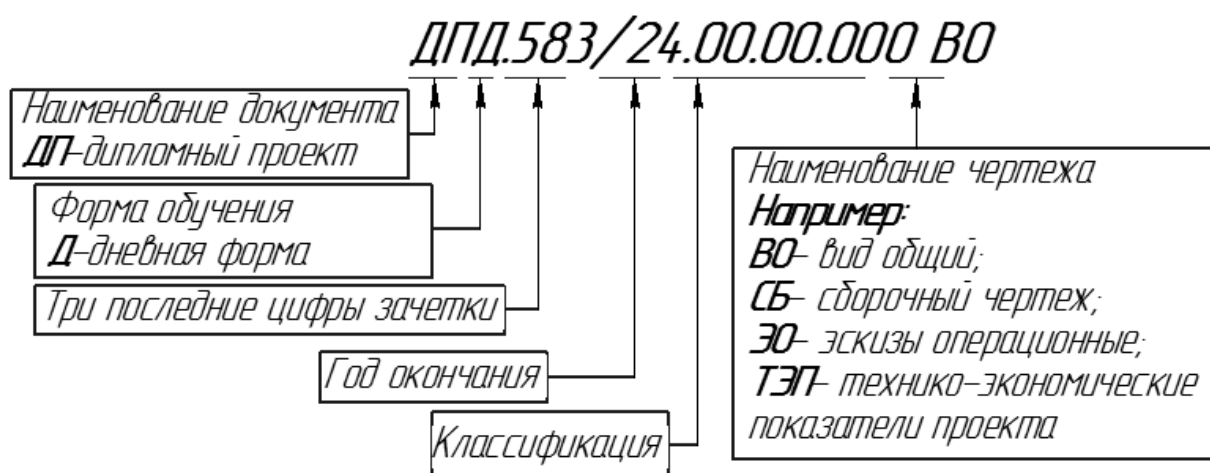


Рисунок 5.5 – Заполнение штампа графической части и спецификаций

Спецификация.

Заполнение спецификации должно соответствовать ГОСТ 2.108–68.

5.8 Технологическая документация

Технологическая документация выполняется в виде приложения проекта со своим титульным листом.

Маршрутная карта.

Маршрутная карта (МК) оформляется в соответствии с ГОСТ 3.118–82 формы 1 и 1б.

Операционная карта.

Операционная карта (ОК) оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1404–82 формы 2 и 2а.

Операции нумеруются числами 005, 010, 015 и т. д., например – «Операция 005».

Переходы нумеруются числом натурального ряда 1, 2, 3 и т. д., например – «Переход 1».

Установы обозначаются буквами русского алфавита А, Б, В и т. д., например – «Установ А».

Позиции нумеруются римскими цифрами I, II, III, IV и т. д., например – «Позиция I».

В строке под символом «О» записывается содержание операции по всей длине строки. Запись переходов может быть полной или сокращенной.

В строке с символом «Т» записывается информация о приспособлении, вспомогательном оборудовании, средстве измерения в строгом соответствии с классификатором и стандартом на обозначение и наименование.

В строку с символом «Р» записываются режимы обработки.

Карта эскизов.

Карта эскизов выполняется в соответствии с ГОСТ 3.1105–84 формы 7 и 7а.

Масштаб изображения – произвольный. Обрабатываемые поверхности выделяют линиями толщиной $2S$.

Изображение детали на эскизе должно содержать:

- размеры обрабатываемых поверхностей с числовыми предельными отклонениями;
- обозначение шероховатости обрабатываемых поверхностей;
- обозначение опор, зажимов и установочных устройств в соответствии с ГОСТ 3.1107–81.

Карта контроля.

Карта контроля (КК) оформляется в соответствии с ГОСТ 3.1502–85 формы 1 и 1а.

Вместе с картой контроля оформляется эскиз детали, на котором указываются все параметры готовой детали.

6 Порядок защиты дипломного проекта

За неделю до защиты дипломный проект представляется заведующему кафедрой для утверждения и направления на внешнюю рецензию. Проект (все чертежи и переплетенная пояснительная записка) должен быть **полностью оформлен**, подписан студентом и консультантами по проекту. К записке прилагается отзыв руководителя проекта. После получения внешней рецензии студент считается допущенным к защите проекта, на которую он должен явиться в соответствии с графиком.

Защита проекта заслушивается Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) в составе председателя – работника промышленного предприятия или научного учреждения, специалистов по экономике, охране труда и преподавателей кафедры «Технологии металлов». Состав ГЭК утверждается приказом ректора университета.

Во время защиты студент делает устный доклад в течение 5–10 мин в той же последовательности, как изложен материал в пояснительной записке. Например, для технологического проекта это: тема проекта, назначение и характеристика изделия, анализ базового варианта, разработанная маршрутная технология, режимы, материалы, оборудование, изменения, внесенные в базовый вариант, экономические показатели.

После доклада студент отвечает на вопросы членов Государственной экзаменационной комиссии, которые могут быть заданы по материалам дипломного проекта или касаться любой дисциплины, которую изучал студент в университете. Оценка студенту выставляется по результатам голосования членов ГЭКа и объявляется после защиты всех проектов, проводимой в данный день.

Список литературы

1 **Окопный, Ю. А.** Механика материалов и конструкций: учебник / Ю. А. Окопный, В. П. Радин, В. П. Чирков. – 2-е изд., доп. – Москва: Машиностроение, 2002. – 436 с.

2 **Писаренко, Г. С.** Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, Ф. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 5-е изд., перераб. и доп. – Киев: Дельта, 2008. – 816 с.

3 **Подскребко, М. Д.** Сопротивление материалов: учебник / М. Д. Подскребко. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 797 с.

4 **Кузменко, И. М.** Механика разрушения: учебное пособие для вузов / И. М. Кузменко. – Могилев: МГТУ, 2001. – 174 с.

5 **Кузменко, И. М.** Механика материалов: учебное пособие: в 2 ч. / И. М. Кузменко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – Ч. 1. – 289 с.: ил.

6 **Кузменко, И. М.** Механика материалов: учебное пособие: в 2 ч. / И. М. Кузменко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2020. – Ч. 2. – 281 с.: ил.

7 **Аннин, Б. Д.** Механика композитов: учебное пособие для вузов / Б. Д. Аннин, Е. В. Карпов. – 2-е изд. – Москва; Юрайт; Новосибирск; НГУ, 2021. – 85 с.

8 **Алямовский, А. А.** Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – 2-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2019. – 464 с. : ил.

9 **Алямовский, А. А.** SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, методология, идеология / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 658 с.

10 **Щеглов, Г. А.** Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks : учебное пособие / Г. А. Щеглов, А. Б. Минеев. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 182 с.

11 **Гибсон, Я.** Технологии аддитивного производства: пер. с англ. / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – Москва : ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 648 с. : ил.

12 **Тарасова, Т. В.** Аддитивное производство : учебное пособие / Т. В. Тарасова. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 196 с.

13 **Дипломное проектирование. Методические рекомендации для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения / С. Н. Хатетовский [и др.]. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2021. – 23 с.**

14 **Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под общ. ред. А. А. Жолобова, В. И. Аверченкова. – 2-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 444 с.**

15 **Компьютерное моделирование и инженерный анализ: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения: в 4 ч. / Сост. В. А. Попковский, А. Н. Елисеева. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2022. – Ч. 1. – 48 с.**

16 **Компьютерное моделирование и инженерный анализ: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения: в 4 ч. / Сост. В. А. Попковский, А. Н. Елисеева. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 2. – 48 с.**

17 **Компьютерное моделирование и инженерный анализ: методические рекомендации к курсовой работе для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения / Сост. В. А. Попковский, А. Н. Елисеева. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2023. – 48 с.**

18 **Компьютерное моделирование и инженерный анализ: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения: в 4 ч. / Сост. В. А. Попковский, А. Н. Юманова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 3. – 48 с.**

19 **Компьютерное моделирование и инженерный анализ: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной и заочной форм обучения: в 4 ч. / Сост. В. А. Попковский, А. Н. Юманова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 4. – 48 с.**

20 ГОСТ Р 57558–2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 1. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2017. – Ч. 1. – 16 с.

21 ГОСТ Р 57558–2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. – Москва: Стандартинформ, 2017. – Ч. 2. – 12 с.

22 ИСО/АСТМ 52950–2022. Аддитивные технологии. Представление и обработка данных технологического процесса. Общие положения. Москва: РСТ, 2017. – 15 с.