

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

Методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов специальности
1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»
дневной формы обучения

Витебск
2020

УДК 004.9 (076)

Составитель:

В. П. Довыденкова

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 1 от 10.09.2020.

Механика материалов аддитивного синтеза : методические указания по выполнению курсовой работы / сост. В. П. Довыденкова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 31 с.

В указаниях изложена методика выполнения курсовой работы по курсу «Механика материалов аддитивного синтеза».

Настоящие указания являются руководством по определению содержания и последовательности выполнения конструкторско-технологических работ и проведению экспериментальных исследований при разработке новых изделий методом 3D-печати.

УДК 004.9(076)

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1.1 Цели и задачи курсовой работы	4
1.2 Тематика курсовой работы	4
1.3 Объем и содержание работы	4
2 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
3 ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	8
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	9
4.1 Введение	9
4.2 Техническое задание (ТЗ)	9
4.2.1 Характеристика исходных данных и разработка технического задания на проектирование и изготовление нового изделия методом 3D-печати.....	9
4.2.2 Характеристика и выбор материалов	9
4.3 Техническое предложение	10
4.3.1 Поиск и оценка конструктивного решения аналогов по источни- кам научно-технической и патентной информации	10
4.3.2 Разработка серии эскизных предложений и выбор основного из- делия.....	11
4.4 Рабочая документация (РД)	11
4.4.1 Краткая характеристика программного продукта для создания 3D-модели.....	11
4.4.2 Разработка 3D-модели сборочной единицы.....	12
4.4.3 Разработка сборочного чертежа и спецификации деталей.....	13
4.5 Подготовка 3D-модели для печати	13
4.6 Экспериментальные исследования изделий или материалов аддитив- ного синтеза.....	15
4.6.1 Прогнозирование свойств изделий или материалов аддитивного синтеза по свойствам компонентов, сравнение с результатами экспери- мента	15
4.6.2 Составление программы и методики экспериментального иссле- дования	18
4.6.3 Выводы по работе	19
4.6.4 Оформление списка использованных источников	20
Список использованных источников.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Форма титульного листа пояснительной записки кур- сового проекта	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Образец формы бланка задания курсовой работы.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Пример оформления спецификации деталей.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Пример библиографической записи источников.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Пример оформления списка использованных источни- ков.....	30

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Цели и задачи курсового проектирования

Цель выполнения курсовой работы – систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, и приобретение практических навыков выполнения проектно-конструкторских работ, исследования структуры и свойств материалов или изделий, полученных методами аддитивного производства, оценки влияния свойств, структуры материала и параметров технологического процесса на свойства готовых изделий.

По своему содержанию и форме курсовая работа является учебно-исследовательской работой, при выполнении которой студенты приобретают навыки патентно-информационных, теоретических и экспериментальных исследований и закрепляют знания по комплексу учебных дисциплин.

Основная задача курсового проектирования состоит в развитии навыков самостоятельной творческой работы студентов путем решения конкретной задачи: разработки нового изделия методами аддитивного производства и оценки свойств изделий (или материалов) аддитивного синтеза по свойствам исходных компонентов (или материалов).

1.2 Тематика курсовой работы

Курсовая работа выполняется по теме: «Разработка новой модели изделия для аддитивного производства и исследование ее эксплуатационных характеристик». Объект проектирования – функциональные изделия различного целевого назначения. Объект проектирования может быть определен на основе заявок заинтересованных предприятий и плана исследований, выполняемых или планируемых для выполнения на выпускающей кафедре. Студент вправе предложить свою тему исследований и проект задания или по согласованию с руководителем уточнить содержание работы.

1.3 Объем и содержание курсовой работы

Объем курсовой работы определяется числом часов, отводимых учебным планом для выполнения данной работы. Общий объем пояснительной записки не должен превышать 25–30 страниц машинописного текста [1]. В курсовой работе предусмотрено изготовление образцов изделий различного целевого назначения методами аддитивного производства.

Примерное содержание пояснительной записки курсовой работы:

Введение

1 Техническое задание

1.1 Характеристика исходных данных и разработка технического задания на проектирование и изготовление нового изделия методом 3D-печати

1.2 Характеристика и выбор материалов

2 Техническое предложение

2.1 Поиск и оценка конструктивного решения аналогов по источникам научно-технической и патентной информации

2.2 Разработка серии эскизных предложений и выбор основного изделия

3 Рабочая документация

3.1 Краткая характеристика программного продукта для создания 3D-модели

3.2 Разработка 3D-модели сборочной единицы

3.3 Разработка сборочного чертежа и спецификации деталей

4 Подготовка 3D-модели для печати

5 Экспериментальные исследования изделий или материалов аддитивного синтеза

5.1 Прогнозирование свойств изделий или материалов аддитивного синтеза по свойствам компонентов, сравнение с результатами эксперимента

5.2 Составление программы и методики экспериментального исследования.

Выводы по работе.

Список использованных источников.

Графическая часть должна отражать основные этапы курсовой работы. Листы графической части курсовой работы размещаются в соответствующих разделах пояснительной записки или выносятся отдельно в ПРИЛОЖЕНИЕ. Обязательными являются листы графической части, содержащие сборочный чертеж (или чертеж детали) с указанием спецификации деталей в М 1:1 или в М 1:2, а также плоскостной чертеж с указанием всех размеров детали (или деталей) в М 1:1 или в М 1:2. Листы графической части могут быть дополнены другим иллюстративным материалом по согласованию с руководителем курсовой работы.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пояснительная записка курсовой работы должна включать следующие структурные элементы [1]:

- титульный лист;
- бланк задания на курсовую работу;
- содержание;

- основная часть (в соответствии с пунктом 3 данных методических указаний);
- выводы;
- список использованных источников.

Титульный лист оформляется по форме согласно **приложению А**; год, указываемый на титульном листе, соответствует году представления курсовой работы к защите.

Бланк задания студенты оформляют согласно **приложению Б** или в лаборантской кафедры «Технология и оборудование машиностроительного производства» и согласовывают с руководителем работы.

Пояснительная записка печатается с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210x297 мм). Набор текста осуществляется с использованием текстового редактора Word. При этом рекомендуется использовать шрифты типа Times New Roman размером 14 пунктов. Межстрочный интервал устанавливается равным 18 пт. Абзацы в тексте начинают отступом 1,25 см, одинаковым по всему тексту.

Устанавливаются следующие размеры полей: верхнего и нижнего – 20 мм, левого – 30 мм, правого – 10 мм.

Текст основной части делят на разделы, подразделы, пункты.

Заголовки разделов печатают прописными (заглавными) буквами в середине строк, используя полужирный шрифт с размером на 1–2 пункта больше, чем шрифт в основном тексте. Заголовки подразделов и пунктов печатают с абзацного отступа строчными буквами (кроме первой прописной) полужирным шрифтом с размером шрифта основного текста. В конце заголовков точку не ставят.

Расстояние между заголовком и текстом должно составлять 1–2 межстрочных интервала. С нового листа следует начинать **только новый раздел** пояснительной записки.

Нумерация страниц выполняется арабскими цифрами. Первой страницей является титульный лист, второй и третьей – бланк задания, четвертой – первая страница «Содержания» и т. д. На титульном листе и бланке задания номер страницы не ставят, на последующих листах номер проставляют в центре нижней части листа без точки в конце.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц дается арабскими цифрами без знака «№».

Разделы «Содержание», «Введение», «Выводы», «Список использованных источников» не имеют номеров. Остальные разделы нумеруют по порядку.

Подразделы нумеруют в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из порядковых номеров раздела и подраздела, разделенных точками, например: «1.3» (третий подраздел первого раздела).

Пункты нумеруют арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из порядковых номеров раздела, подраздела и пункта,

разделенных точками, например: «1.3.2» (второй пункт третьего подраздела первого раздела). Точки в конце нумерации не ставят.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов приводят после их номеров через пробел.

В тексте пояснительной записки рекомендуется использовать таблицы и рисунки.

Таблицы следует располагать непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они упоминаются впервые, или отдельно на следующей странице. Иллюстрации (рисунки, фотографии, чертежи, схемы) рекомендуется располагать на отдельных листах. Чертежи в пояснительной записке выполняются в масштабе 1:1 или 1:2 и оформляются как иллюстрации. Таблицы и иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота пояснительной записки или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации и таблицы, которые расположены на отдельных листах курсового проекта, включают в общую нумерацию страниц.

Иллюстрации и таблицы обозначают соответственно словами «рисунок» и «таблица» и нумеруют последовательно в пределах каждого раздела (таблица 2.1 – первая таблица во втором разделе; рисунок 3.2 – второй рисунок в третьем разделе).

На все таблицы и иллюстрации должны быть ссылки в тексте пояснительной записки. Слова «рисунок» или «таблица» в подписях к рисунку, таблице и в ссылках на них не сокращают.

Иллюстрации и таблицы имеют наименование. Слово «Таблица», номер и наименование таблицы помещают слева над таблицей, отделяя знаком тире номер от наименования. Слово «Рисунок», номер и наименование иллюстрации располагают внизу по центру страницы, отделяя знаком тире номер от наименования. Точку в конце нумерации и наименований не ставят.

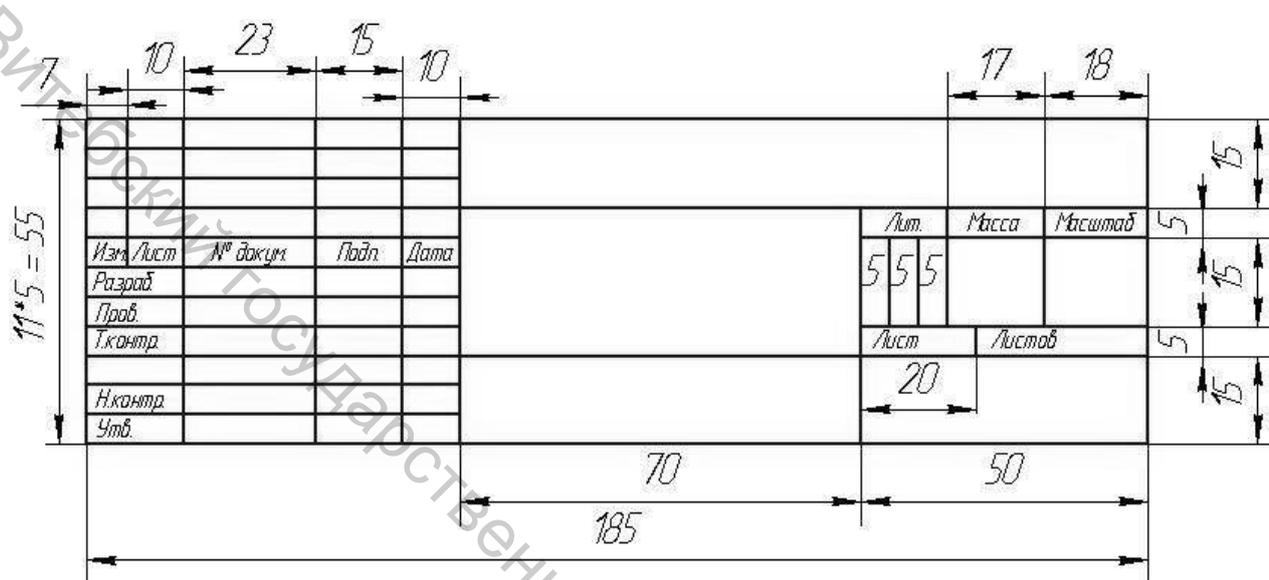
При оформлении таблиц допускается применять в таблице шрифт на 1–2 пункта меньший, чем в тексте пояснительной записки. Не следует включать в таблицу графу «Номер по порядку». Таблицу допускается переносить на следующий лист. При переносе части таблицы на другой лист ее заголовков указывают один раз над первой частью, слева над другими частями пишут слово «Продолжение», после слова «Продолжение» указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1.2».

В тексте пояснительной записки курсовой работы не допускается применять сокращения слов, кроме установленных правилами орфографии и государственными стандартами.

В тексте пояснительной записки студент обязан давать ссылки на информационные источники, материалы из которых используются в курсовой работе. Ссылки на источники в тексте осуществляются путем приведения номера в соответствии со списком использованных источников. Номер источника по списку заключается в квадратные скобки. Список использованных источников формируется в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки.

Графическая часть курсового проекта выполняется в масштабе 1:1 или 1:2. Не допускается применение нестандартных форматов.

Рабочее поле чертежа должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа сверху, справа и снизу на 5 мм, слева на 20 мм. В правом нижнем углу рабочего поля должна размещаться основная надпись (штамп). Пример основной надписи приведен ниже.



Для ее заполнения используется шифр, который состоит из буквенного обозначения (КР – курсовая работа), номера зачетной книжки, вида обучения (ДО – дневное обучение) и года выполнения курсовой работы, разделенных дефисами.

Толщина линий на чертежах графической части и пояснительной записки должна соответствовать стандартам. Толщина сплошной основной линии должна быть в пределах от 0,6 мм до 1,5 мм. Толщина сплошной тонкой линии по отношению к основной составляет от 1/2 до 1/3. Рамка чертежа выполняется сплошной основной линией.

3 ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Студент защищает курсовую работу перед комиссией. На изложение содержания проекта отводится 5–7 минут, после чего членами комиссии задаются вопросы в объеме содержания работы. Доклад иллюстрируется образцами изделий, изготовленных методами аддитивного производства.

Оценка курсовой работы производится по результатам защиты с учетом качества выполнения работы и уровня изготовления изделия.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

4.1 Введение

Во введении к курсовой работе должны быть отражены основные направления и методы аддитивного производства, приведено обоснование целесообразности разработки нового изделия с использованием FDM-печати, сформулированы цель и задачи, решаемые при этом [2–5].

4.2 Техническое задание (ТЗ)

4.2.1 Характеристика исходных данных и разработка технического задания на проектирование и изготовление нового изделия методом 3D-печати

При разработке технического задания на проектирование и изготовление нового изделия посредством FDM-печати необходимо сформулировать и пояснить следующие пункты:

– наименование изделия и область его применения.

Например, «Данное техническое задание распространяется на ...»

– указать целевое назначение нового изделия;

– сформулировать технические требования, включающие требования к конструкции, технологические требования, требования безопасности по ГОСТ 12.2.003-91, требования к патентной чистоте на территории Республики Беларусь;

– сформулировать требования к условиям эксплуатации, к обслуживанию и ремонту, экономические требования;

– определить серийность изготовления нового изделия [6].

4.2.2 Характеристика и выбор материалов

В соответствии с требованиями технического задания, разработанными ранее, необходимо осуществить выбор материала для 3D-печати и дать его краткую характеристику.

Выбор материалов для 3D-печати осуществляется исходя из анализа литературных или интернет-источников [2–7]. Характеристику основных свойств материалов, пригодных для 3D-печати проектируемого изделия в соответствии разработанными и сформулированными в техническом задании требованиями,

необходимо представить в виде таблицы 4.1. Данные также могут быть представлены в описательной форме.

Таблица 4.1 – Характеристика материалов, пригодных для 3D-печати

(наименование изделия)		
Материал	Характеристика	Область применения
1	2	3

Здесь же (табл. 4.2) должна быть представлена характеристика материалов-аналогов, имеющихся в Научно-технологическом парке УО «ВГТУ», и дана краткая сравнительная характеристика с выбранным оптимальным вариантом (из таблицы 4.1).

Таблица 4.2 – Сравнительная характеристика материалов для 3D-печати

(наименование изделия)		
Выбранный материал (из таблицы 4.1)	Материал-аналог	Сравнительная характеристика
1	2	3

4.3 Техническое предложение

Техническое предложение (ТП) разрабатывается на основе технического задания и должно содержать обоснование целесообразности разработки нового изделия.

4.3.1 Поиск и оценка конструктивного решения аналогов по источникам научно-технической и патентной информации

При выполнении данного пункта задания необходимо изучить и в описательной форме кратко охарактеризовать конструктивное решение моделей-аналогов по источникам научно-технической и патентной информации. Здесь же могут быть представлены рисунки, иллюстрирующие конструктивное решение изделия, приведены технические параметры моделей-аналогов, проанализированы и изложены в описательной форме их достоинства и недостатки.

4.3.2 Разработка серии эскизных предложений и выбор основного изделия

При разработке серии эскизных предложений нового изделия посредством 3D-печати следует использовать данные технического задания и перспективные решения, выявленные в результате поиска и критической оценки конструктивного решения аналогов по источникам научно-технической и патентной информации.

Для наглядного представления необходимо выполнить эскизы 3 вариантов новых изделий. В описательной форме привести краткую характеристику предлагаемых конструктивных решений с указанием основных технических параметров и осуществить выбор основного изделия, наиболее полно отвечающего требованиям технического задания и принятого для дальнейшей разработки.

4.4 Рабочая документация (РД)

4.4.1 Краткая характеристика программного продукта для создания 3D-модели

Для создания 3D-модели изделия предлагается достаточно много программных продуктов. Наиболее известными являются SolidWorks, Autodesk Inventor.

SolidWorks – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения.

Конструкторская подготовка производства при использовании данного программного комплекса включает:

- 3D-проектирование изделий (деталей и сборок) любой степени сложности с учётом специфики изготовления;
- создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТ;
- промышленный дизайн;
- обратная разработка;
- проектирование коммуникаций (электрожгуты, трубопроводы и пр.);
- инженерный анализ (прочность, устойчивость, теплопередача, частотный анализ, динамика механизмов, газо/гидродинамика, оптика и светотехника, электромагнитные расчёты, анализ размерных цепей и пр.);
- экспресс-анализ технологичности на этапе проектирования;
- подготовка данных для ИЭТР;
- управление данными и процессами на этапе КПП;

Autodesk Inventor – система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании.

Autodesk, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации;

- 2D-/3D-моделирование;
- создание изделий из листового материала и получение их разверток;
- разработка электрических и трубопроводных систем;
- проектирование оснастки для литья пластмассовых изделий;
- динамическое моделирование;
- параметрический расчет напряженно-деформированного состояния деталей и сборок;
- визуализация изделий;
- автоматическое получение и обновление конструкторской документации (оформление по ЕСКД).

При выполнении данного этапа работы необходимо дать краткую характеристику программного продукта, выбранного создания 3D-модели, отметить достоинства и недостатки.

4.4.2 Разработка 3D-модели сборочной единицы

При выполнении данного подраздела работы необходимо в описательной форме охарактеризовать основные этапы создания 3D-модели (деталей, входящих в состав сборочной единицы). Каждый этап работы должен сопровождаться рисунками.

Например:

1. Размеры на эскизе проставлены с помощью команды «Автоматическое нанесение размеров». С помощью элемента «Вытянутая бобышка/основание» эскиз вытянут на указанное расстояние (рис. 4.1).

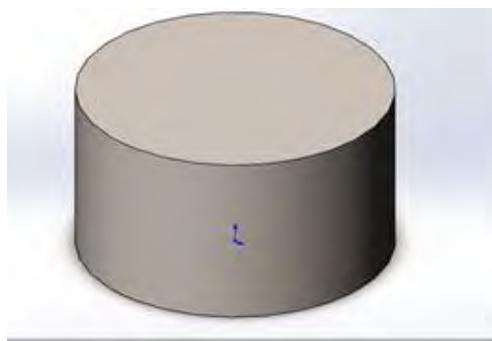


Рисунок 4.1 – Использование инструментов «Автоматическое нанесение размеров» и «Вытянутая бобышка/основание» при создании 3D-модели изделия (детали, входящей в состав сборочной единицы)

2. С помощью элемента «Вытянутый вырез» выполнен сквозной вырез, с помощью вставки «Условное обозначение резьбы» нарезана резьба на заданном расстоянии (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Использование инструментов «Вытянутый разрез» и «Условное обозначение резьбы» при создании 3D-модели изделия (детали, входящей в состав сборочной единицы)

Если разрабатываемое изделие не содержит сборочных единиц, то данный подраздел может отсутствовать.

4.4.3 Разработка сборочного чертежа и спецификации деталей

Данный подраздел работы выполняется аналогично предыдущему подразделу. В описательной форме характеризуются основные этапы по созданию сборочного чертежа или 3D-модели изделия.

В данном подразделе в масштабе 1:1 или 1:2 также приводится сборочный чертеж (если это самостоятельное изделие, то чертеж) разрабатываемого изделия с указанием его реальных размеров и спецификация деталей. Чертежи выполняются в строгом соответствии с требованиями технических нормативно-правовых актов (ГОСТов). Пример оформления спецификации деталей приведен на рисунке В.1 в приложении В.

4.5 Подготовка 3D-модели для печати

На данном этапе выполнения работы необходимо привести краткую характеристику, способы и особенности (например, влияние высоты хорды и углового допуска) перевода 3D-модели в формат .stl и пошаговое описание данного процесса.

Например, пошагово перевод 3D-модели из программы Solidworks в формат .stl предполагает выполнение следующих действий:

1. Открытие вкладки File > Save As...
2. Установление тип файла STL(*.stl).
3. Открытие вкладки Options.

4. Установление исходящего формата файла (например, Binary).
5. Выбор единиц измерения (миллиметры или дюймы (Unit: > Millimeters or Inches)).
6. Выбор разрешения (например, хорошее (Resolution > Fine)).
7. Нажмите ОК.
8. Введите имя файла.
9. Сохранить.

Далее необходимо в описательной форме привести достоинства и недостатки FDM-технологии [7, 8].

Например, к достоинствам FDM-технологии можно отнести:

- в процессе моделирования создаются качественные детали с высокой детализацией сложных геометрических форм и полостей;
- достаточная дешевизна расходных материалов и т. п.

К недостаткам данной технологии можно отнести:

- невысокую скорость работы (высокой скоростью работы не могут похвастать и другие технологии. Для построения крупных и сложных моделей требуется много времени) и т. п.

Особое внимание следует уделить описанию таких недостатков, как зависимость прочности изделий, изготовленных по FDM-технологии, от направления, в котором прикладывается усилие, и термоусадки.

На основании изложенной информации для разрабатываемой конкретной модели изделия необходимо заполнить таблицу 4.1, определяющую основные характеристики FDM-печати.

Таблица 4.3 – Основные характеристики FDM-печати

наименование изделия, марка основного материала и материала поддержки	
Наименование параметра	Значение параметра
Диаметр используемой пластиковой нити	
Рабочая температура нагрева материала в печатающей головке	
Температура подогрева рабочего стола	
Температура первого слоя	
Высота слоя	
Диаметр сопла экструдера	
Температура сопла	
Коэффициент подачи	
Обдув	
Скорость отката	
Величина отката	
Процент заполнения	
Скорость печати	
Скорость перемещения	
Опускание стола	
Траектория	

4.6 Экспериментальные исследования изделий или материалов аддитивного синтеза

4.6.1 Прогнозирование свойств изделий или материалов аддитивного синтеза по свойствам компонентов

На первом этапе с учетом данных технического задания и установленных условий эксплуатации для разработанных изделий необходимо определить основные виды воздействий, которым будет подвержено изделие с указанием диапазона значений.

Для разработанной виртуальной модели необходимо определить участки (области) изделия, подвергаемые наибольшей нагрузкам. Для этих областей в программе SolidWorks, Autodesk Inventor и т.п. необходимо выполнить анализ напряжений. Пример отчета по анализу напряжений, выполненный в программе Autodesk Inventor, приведен на рисунках 4.3–4.10.

Отчет 1 по анализу напряжений

AUTODESK

Анализируемый файл:	
Версия Autodesk Inventor:	2018 (8.11.220112000, 112)
Дата создания:	27.05.2019, 15:50
Автор исследования:	
Сводка:	

Сведения о проекте (свойства Inventor)

Сводка

Разраб. Киселевичкина Наталья

Статус

Стадия проекта: Разработка

Физические параметры

Масса	5,26684 кг
Площадь	335381 мм ²
Объем	5266840 мм ³
Центр масс	x=372,407 мм y=-512,005 мм z=-506,124 мм

Примечание: физические значения могут отличаться от физических значений, используемых в МКЭ, описанных ниже.

Статический анализ: 1

Общая цель и параметры:

Цель проектирования:	Одноточечный
Тип исследования:	Статический анализ
Дата последнего изменения:	27.05.2019, 15:50
Обнаружить и устранить моды жесткого тела	Да
Разделить поперечные направления контактных поверхностей	Да
Анализ нагрузок движения	Нет

Рисунок 4.3 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

Настройки сети:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,03
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разгладности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изолированные элементы сетки	Нет
Использовать для сетки сборки измерения на основе деталей	Да

Материал(-ы)

Имя	Пластик АВС	
Общие	Массовая плотность	1,06 г/см ³
	Предел текучести	20 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	29,6 МПа
Напряжения	Модуль Юнга	2,24 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,38 Бр
	Модуль упругости при сдвиге	0,811594 ГПа
Наименование деталей	1_str.prt	

Рабочие условия

Сила:1

Тип нагрузки	Сила
Величина	420,000 Н
Вектор X	-40,716 Н
Вектор Y	-415,840 Н
Вектор Z	-42,658 Н

Выбранные грани



Рисунок 4.4 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

Опора:1

Тип опоры	Опора
Фиксировать радиальное направление	Да
Фиксировать осевое направление	Да
Фиксировать касательное направление	Нет

Выбранные грани



Результаты

Сила и момент реакции в опорах

Имя опоры	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Опора:1	420 Н	40,7162 Н	0 Н м	0 Н м
		415,84 Н		0 Н м
		42,6579 Н		0 Н м

Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	279819 мм ³	
Масса	0,29663 кг	
Напряжение по Мюссе	0,00163544 МПа	2,47518 МПа
1-ое основное напряжение	1,37689 МПа	3,46919 МПа
3-е основное напряжение	-3,24744 МПа	1,7581 МПа
Смещение	0,0000340739 мм	0,0450554 мм
Кэфф. запаса прочности	0,08022 Бр	1,5 Бр

Рисунок 4.5 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

Рисунки

Напряжение по Minusx

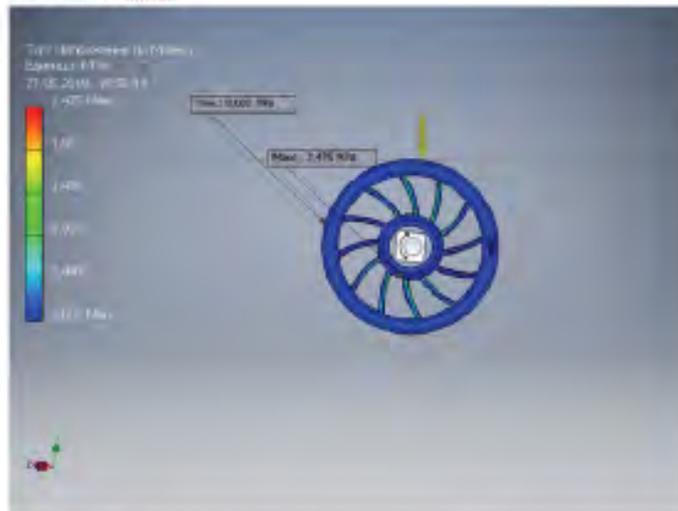


Рисунок 4.6 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

1-е основное напряжение

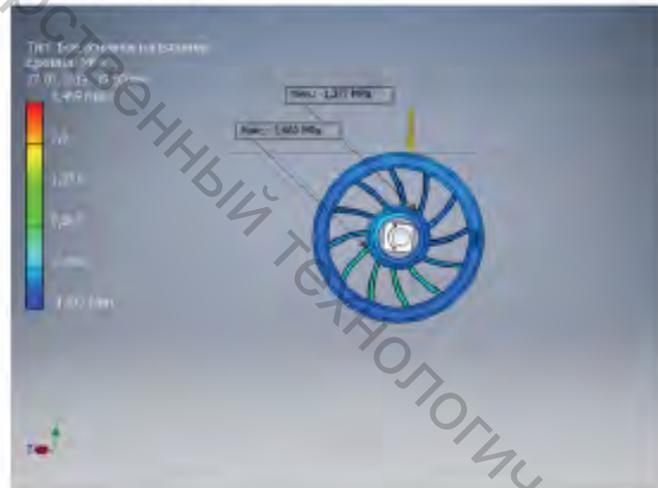


Рисунок 4.7 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

3-е основное напряжение

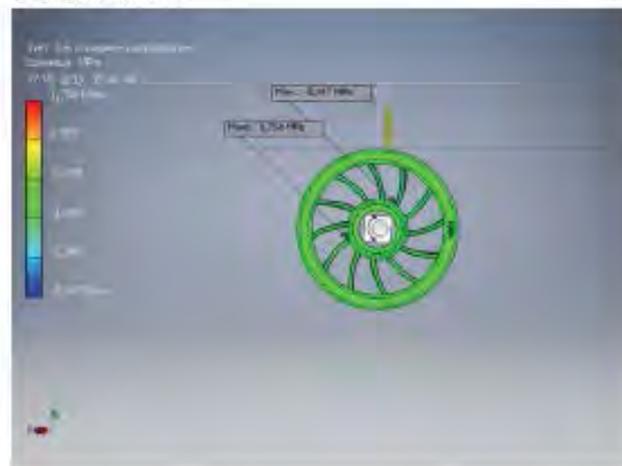


Рисунок 4.8 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

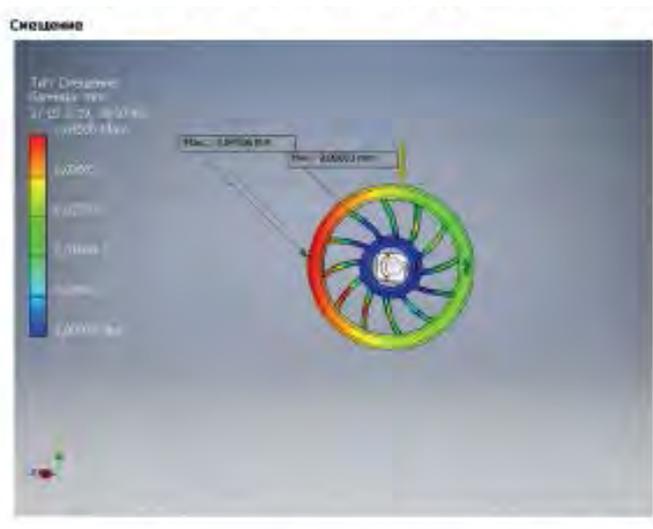


Рисунок 4.9 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений



Рисунок 4.10 – Скриншот экрана отчета по анализу напряжений

Для виртуальной модели изделия необходимо **обязательно выполнить анализ напряжений, возникающих при растяжении** самого слабого участка.

4.6.2 Составление программы и методики экспериментального исследования

Составление программы проведения экспериментальных исследований выполняется с учетом оборудования, имеющегося на кафедре «ТиОМП». Одним из методов определения прочности изделий, полученных методом FDM-печати, является испытание на растяжение, которое выполняется согласно ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Методы испытания на растяжение» [9]. Настоящий стандарт распространяется на пластмассы и устанавливает метод и усло-

вия определения свойств пластмасс при растяжении с учетом общих принципов, установленных в ГОСТ 34370.

Стандарт распространяется на следующие материалы:

– жесткие и полужесткие термопластичные материалы для литья, экструзии и прессования, включая композиции, наполненные и армированные рубленными волокнами, матами, или гранулами, за исключением текстильных волокон (см. ГОСТ 32656) [10];

– жесткие и полужесткие терморезистивные формовочные материалы, включая наполненные и армированные композиции, кроме композиций, армированных текстильными волокнами (см. ГОСТ 32656);

– термотропные жидкокристаллические полимеры.

Стандарт не распространяется на жесткие и эластичные ячеистые пластмассы, для которых используют методы, установленные ГОСТ 17370 [11] и ГОСТ 15873 [12] соответственно, а также многослойные структуры, содержащие ячеистый материал.

При составлении программы и методики проведения экспериментальных исследований необходимо изучить ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Методы испытания на растяжение» или иные приведенные стандарты (например, ГОСТ 17370 или ГОСТ 15873), и в описательной форме указать оборудование и кратко изложить методику проведения испытаний на растяжение элемента (самого слабого участка) изделия. Программа и методика проведения экспериментальных исследований, а также виды воздействий и нагрузок, которым подвергается деталь или изделие, могут быть скорректированы по согласованию с руководителем работы.

Заключительным этапом работы является сравнительный анализ результатов экспериментальных данных и прогнозных значений напряжения. Для проведения анализа и формулировки выводов по работе необходимо в табличной форме привести значения, полученные в ходе нагружения самых слабых участков изделия, и значения в результате проведения экспериментальных исследований, а также определить относительную погрешность результатов теоретических исследований.

4.6.3 Выводы по работе

В выводах по работе необходимо обобщить основные положения по обоснованию новизны, перспективности и конкурентоспособности разработанного изделия, рациональности его конструктивного решения и выбора материала для печати, а также привести результаты теоретических и экспериментальных исследований по выбранным показателям.

4.6.4 Оформление списка использованных источников

Список использованных источников формируется по мере появления в тексте первой ссылки на источник или в алфавитном порядке. Использованные источники нумеруются арабскими цифрами, печатаются с абзацного отступа, после номера ставится точка.

Список использованных источников помещается в конце пояснительной записки перед приложением (если оно есть) и включается в сквозную нумерацию страниц.

Библиографическое описание использованных источников осуществляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Примеры оформления различных видов источников представлены в приложениях В и Г.

В тексте документа должны быть приведены ссылки на использованные источники информации. К таким источникам относятся книги, учебные пособия, ТНПА, периодические издания, электронные ресурсы и т. п.

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках. Если ссылка на источник приводится в конце строки текста, то она отделяется от текста пробелом, а точка ставится после ссылки.

Например:

Правила составления отчета о научно-исследовательской работе регламентированы ГОСТ 7.32-2001 [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 2003-01-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 25 с.
2. Свирский, Д. Н. Организация и технология компактного производства. Теория и практика : монография / Д. Н. Свирский, Б. Н. Сухиненко. – Витебск, 2008. – 200 с.
3. Антонова, В. С. Аддитивные технологии: учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД., 2017. – 30 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nizf.narod.ru/metod/kaffizikollchem/25.pdf>. – Дата доступа: 31.05.2018.
4. Зеленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении : пособие для инженеров / М. А. Зеленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vneshtekhnika.ru/rus/books/123pd.pdf>. – Дата доступа: 31.05.2018.
5. Сухочев, Г. А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, Е. Г. Смольяникова. – Воронеж : Воронежский гос. технический ун-т, 2013. – 222 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cchgeu.ru/upload/iblock/180/uchebposob_tm.pdf. – Дата доступа: 31.05.2018.
6. ГОСТ 2.103-2013. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стадии разработки (с Поправками). – Введ. 2015.01.07. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 13 с.
7. Филатов, С. А. Аддитивные технологии: современное состояние и перспективы / С. А. Филатов // Белорусский государственный университет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://research.bsu.by/additive-manufacturing-seminar/>. – Дата доступа: 31.05.2018.
8. Скворцов, Ю. В. Механика композиционных материалов / Ю. В. Скворцов. – Самара : ФГБОУ «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/53943272-Mehanika-kompozicionnyh-materialov.html>. – Дата доступа: 30.08.2019.
9. ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012). Пластмассы. Методы испытания на растяжение. – Введ. 2018-10-01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 44 с.
10. ГОСТ 32656-2017 (ISO 527-4 : 1997, ISO 527-5 : 2009). Композиты полимерные. Методы испытаний. Испытания на растяжение. – Введ. 2018-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 24 с.
11. ГОСТ 17370-2017. Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2018-06-01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 11 с.
12. ГОСТ 15873-2017. Пластмассы ячеистые эластичные. Метод испытания на растяжение. – Введ. 2018-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 12 с.

Приложение А
Форма титульного листа пояснительной записки курсовой работы

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра « _____ »
название кафедры

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине « _____ »
название дисциплины

на тему « _____ »
название темы

Выполнил:

студент факультета _____

группы _____

подпись

Ф.И.О.

Проверил:

Руководитель _____

Должность _____

ученая степень, ученое звание

Ф.И.О.

отметка о допуске к защите

« ____ » _____ 20 ____ г. _____

подпись руководителя

Витебск, 20 ____

Приложение Б
Образец формы бланка задания курсовой работы

Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет _____

Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись

Ф.И.О.

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию

Студенту _____

1. Тема курсового проекта (курсовой работы)

2. Сроки сдачи курсового проекта (курсовой работы) _____

3. Исходные данные к курсовому проекту (курсовой работы)

4. Содержание расчетно-пояснительной записки

5. Характеристика графического материала и/или презентации:

6. Руководитель курсового проектирования:

(должность, Ф.И.О. руководителя)

7. Календарный график курсового проектирования

№	Содержание этапа работы	Сроки выполнения	Подпись или замечания руководителя

Руководитель _____
подпись

Задание принял к исполнению « _____ » _____ 20 _____ г. _____
подпись обучающегося

Приложение Г

Примеры библиографической записи использованных источников

Таблица Г.1 – Примеры библиографической записи использованных источников

Характеристика источника	Пример оформления
1	2
Один, два или три автора	<p>Казас, В. М. Головные уборы из меха / В. М. Казас. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 288 с.</p> <p>Шепелев, А. Н. Товароведение пушно-меховых товаров : учебник для студентов вузов / А. Н. Шепелев, И. А. Печенежская. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ростов-на-Дону : Март, 2001. – 112 с.</p> <p>Додонов, В. Н. Словарь терминов швейного производства / В. Н. Додонов, Е. В. Каминская, О. Г. Румянцев ; под общ. ред. В. В. Залевского. – Москва : ИНФРА-М, 1997. – 294 с.</p> <p>Красней, В. П. Современный менеджмент. Теория и практика : учеб. пособие / В. П. Красней, В. М. Лазовский, И. М. Щербаков. – Минск : Университетское, 1984. – 175 с.</p>
Четыре, пять и более авторов	<p>Теория проведения маркетингового анализа : учеб. для вузов / Ф. С. Савицкий [и др.] ; под общ. ред. В. В. Лазарева. – Москва : Книга, 1996. – 421 с.</p> <p>Технологии автоматизированной обработки учетно-аналитической информации на предприятиях легкой промышленности : учеб. пособие для высших учеб. заведений / В. А. Попков [и др.]. – Минск : Урожай, 1993. – 246 с.</p>
Коллективный автор	<p>Составление библиографического описания : крат. правила / Междувед. каталогизац. комис. при Гос. б-ке СССР. – Москва : Изд-во «Кн. палата», 1991. – 224 с.</p> <p>Результаты и показатели работы за 2000 год концерна БЕЛЛЕГПРОМ : информационный бюллетень / Белорусский центр информационных технологий, управления и экономики. – Минск, 2000. – 167 с.</p> <p>Психология : словарь / под общ. ред. А. В. Петровского, М. Г. Ярошевского. – Москва : Политиздат, 1990. – 492 с.</p>
Многотомное издание	<p>Всеобщее управление качеством : в 2 т. / пер. с англ. В. Д. Иванова. – Москва : Экономика, 1989. Т. 1 : Эволюция и развитие. – 302 с.</p> <p>Сборник единичных расценок на различные виды услуг в Республике Беларусь : в 2 кн. / гл. ред. А. В. Пурцев. – Минск, 1992. – 2 кн.</p>
Сборник, статей, трудов	<p>Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин : сб. науч. трудов ; сост. А. Б. Воронов [и др.]. – Новополоцк : УО «ПГУ», 2007. – 175 с.</p> <p>Актуальные проблемы проектирования и технического изготовления текстильных материалов специального назначения : сборник статей / гл. ред. Н. М. Сикорский [и др.]. – Москва : Книга, 2006. – 230 с.</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2
Технический нормативный правовой акт	<p>ТК РБ 4.2-Р-03-2000. Рекомендации по разработке и управлению документами системы качества. – Введ. впервые ; введ. 2001-04-01. – Минск : Госстандарт, 2000. – 18 с.</p> <p>СТБ ИСО 9000-2000. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. впервые ; введ. 2001-01-01. – Минск : Госстандарт, 2000. – 32 с.</p> <p>СТБ ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования. Введ. впервые ; введ. 2002-05-01. – Минск : Госстандарт, 2001. – 42 с.</p>
Авторское свидетельство	<p>А. с. 1007970 СССР, МКИ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных нитей при прядении / В. С. Ваулин, В. Г. Кеймакин (СССР). – № 3360585/25–08 ; заявл. 23.11.81 ; опубл. 30.03.83, Бюллетень № 12. – 2 с.</p>
Патент	<p>Пат. 1785417 Российская Федерация, МКИ 5 Ф 01 М 7/00. Устройство передвижной раскройной машины для подачи текстильного материала в зону раскроя / В. Д. Гришин ; заявитель и патентообладатель Воронежский научно-исследовательский институт легкой промышленности. – № 48801 68/15 ; заявл. 07.08.90 ; опубл. 30.12.92, Бюллетень № 48. – 3 с.</p> <p>Пат. 3390 Республики Беларусь, С 14 В 1/00, G 01N 3 / 00 / (BY). Устройство для контроля качества материалов и соединений верха обуви / А. Н. Буркин, М. В. Семашко ; заявитель и патентообладатель УО «ВГТУ». – № и 20060455 ; заявл. 07.07.2006 ; опубл. 01.12.2006, Бюллетень № 4. – 1 с.</p>
Стандарт	<p>ГОСТ 9718-88. Обувь. Метод определения гибкости. – Взамен ГОСТ 9718-67; введ. 17.03.1988. – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 6 с.</p>
Информационные издания	<p>Масленникова, О. А. Опыт научного обеспечения развития сертификации за рубежом : обзор информ. / О. А. Масленникова, М. А. Полякова ; Научно-исследовательский институт информатики и технико-экономических исследований легкой промышленности. – Москва, 1993. – 40 с. (Легкая промышленность. Сер. 28, вып. 2).</p> <p>Методика составления и оформления списка литературы / УО «ВГТУ»; сост. Е. Г. Сумар, Т. В. Матвеева, Л. В. Потапенко, Т. К. Покатович. – Витебск, 2005. – 10 с.</p> <p>Потребительская кооперация : указатель отечественной и иностранной литературы за 1990–2000 гг. / Российская академия наук. Центральная научная техническая библиотека ; сост. Л. Г. Колосеп. – Москва, 2001. – 104 с.</p>
Каталог	<p>Каталог выставки «Moscow – TEXTILE» / Мин-во легкой промышленности России, Республиканский научно-методический центр ; составитель Б. М. Гурин. – Москва : Изд-во им. Коминтерна, 1995. – 36 с.</p>
Диссертация	<p>Сенкевич, В. И. Разработка методов экономического анализа производственных кризисных ситуация в условиях рыночной экономики : диссертация ... доктора экономических наук : защищена 10.02.00 : утверждена 10.02.01 / В. И. Сенкевич. – Минск, 1996. – 226 с.</p> <p>Белозеров, И. В. Методология оценки эксплуатационных характеристик полиуретанов универсального назначения диссертация ... кандидата технических наук : 07.00.02 : защищена 22.01.02 : утв. 15.07.02 / Иван Валентинович Белозеров. – Москва, 2002. – 215 с.</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2
Автореферат диссертации	<p>Мальцева, Е. А. Разработка методов оценки и исследование формовочной способности льняных тканей : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : спец. 05.19.01 / Е. А. Мальцева ; Костромской государственный университет. – Кострома, 2001. – 56 с.</p> <p>Проникова, Н. В. Разработка и внедрение технологии повторного использования отработанных растворов при отделке текстильных материалов : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : спец. 05.19.02 / Н. В. Проникова ; Ивановская государственная текстильная академия. – Иваново, 2003. – 36 с.</p>
Отчет о НИР	<p>Использование символики белорусской народной культуры в дизайне костюма и тканей, коммуникативном, объемном : отчет о НИР 2002-ВПД-034 (заключительный) / УО «ВГТУ» ; рук. Г. В. Казарновская. – Витебск, 2003. – 68 с. – № ГР 19941376.</p> <p>Разработка блока микропроцессорного управления и системы автоматизированного проектирования вышивок для одноигольного вышивального полуавтомата : отчет о НИР 2002-ХД-601 (заключ.) / УО «ВГТУ» ; рук. Б. С. Сункуев. – Витебск, 2006. – 28 с. – № ГР 20022983.</p>
Электронные ресурсы	<p>Гошин, В. А., Сиротский, А. Н., Дубинский, Н. А. [и др.] Основы таможенного дела : учебник – Научно-методический центр «Электронная книга БГУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://anubis.bsu.by/publications/elresources/Law/sirotskygoshin.pdf. – Дата доступа: 02.05.2006.</p> <p>Бизнес-Беларусь 2002 : нац. бизнес-каталог. – Электрон. Текстовые дан. и прогр. [Электронный ресурс]. – Минск : Эниро Белфакта, 2002. – Режим доступа: http://bissnes-Bel-2002. – Дата доступа: 05.10.2007.</p>
Составная часть книги	<p>Фукин, В. А. Технология изделий из кожи : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Фукин. – Москва : Легпромбытиздат, 1988. – Т.1. – 365 с.</p> <p>Ярмоленко, А. С. Некоторые социально-экономические аспекты сертификации продукции легкой промышленности // Социально-экономические проблемы и перспективы развития организаций и регионов Беларуси в условиях европейской интеграции : сб. науч. тр. – Минск, 2007. – С. 84–89.</p>
Составная часть сборника	<p>О внесении изменений в некоторые законодательные акты Республики Беларусь, 3 мая 1996 г. // Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь. – 1996. – № 21. – С. 380.</p> <p>Баранова, А. А. Процесс получения комбинированных швейных ниток / А. А. Баранова, Н. Н. Бодяло, Е. В. Зинкевич // НИРС-2005 : сб. науч. работ студ. высших учебных заведений Республики Беларусь. – Минск : Республиканский учебно-методический центр министерства образования Республики Беларусь, 2006. – С. 98–102.</p> <p>Рыклин, Д. Б. Технологический процесс производства меланжевой высокообъемной пряжи / Д. Б. Рыклин // Международная НТК «Ресурсов-и энергосберегающие технологии промышленного производства : материалы, под общ. ред. С. М. Литовского. – Витебск : УО «ВГТУ», 2003. – С. 198–174.</p>
Составная часть журнала	<p>Смелкова, С. В. Классификация факторов, влияющих на качество туфель лодочка / С. В. Смелкова, А. И. Линник // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг : Междунар. сб. науч. трудов // ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». – Шахты : ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2008. – С. 55–56.</p>

Окончание таблицы Г.1

1	2
Глава из книги	<p>Михеева, Е. А. Технология / Е. А. Михеева // Г. А. Мореходова [и др.]. Справочник обувщика. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 280 с.</p> <p>Ремизов, К. С. Нормирование труда / К. С. Ремизов // С. Х. Гурьянов, И. А. Поляков, К. С. Ремизов. Справочник экономиста по труду. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Экономика, 1982. – С. 5–8.</p>
Тезисы докладов и материалы конференций	<p>Осипова, А. П. Прогнозирование усадки детской обуви / А. П. Осипова, Ю. В. Милюшкова, Р. Н. Томашева // Тезисы докладов 44 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 104.</p>

Приложение Д

Пример оформления списка использованных источников

.....

2. Перепелкин, К. Е. Полимерные волокнистые композиты, их основные виды, принципы получения и свойства. Часть 3 / К. Е. Перепелкин // Химические волокна. – 2006. – № 1. – С. 41–50.

3. Биюшкина, И. Н. Разработка новой технологии многослойных нетканых текстильных материалов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. спец. 05.19.03 «Технология текстильных материалов» / И. Н. Биюшкина ; Московский текстильный институт им. А. Н. Косыгина. – Москва, 1988. – 16 с.

4. Искусственная кожа : пат. 2307208 Российская Федерация, МПК D 06 N 3/14, C 09 K 21/02 / В. Д. Васильева, В. Е. Дербишер, Е. В. Дербишер, С. А. Орлова, С. Н. Бондаренко ; заявитель и патентообладатель Волгоградский государственный технологический университет ; заявл. 26.05.2006 ; опубл. 27.09.2007.

5. Иванов, В. К. Текстильные обои – что это? / В. К. Иванов // baugroup [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http : // www.oboi.ru](http://www.oboi.ru). – Дата доступа: 09.12.2007.

6. Севостьянов, А. Г. Механическая технология текстильных материалов : учебник для вузов / А. Г. Севостьянов [и др.]. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.

.....

Список оформляется согласно таблице В.1 в зависимости от характеристики источника.

Учебное издание

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

Методические указания
по выполнению курсовой работы

Составитель:
Довыденкова Вера Петровна

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *Т.А. Осипова*
Компьютерная верстка *Н.В. Карпова*

Подписано к печати 08.10.2020. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 1,9.
Уч.-изд. листов 2,5. Тираж 35 экз. Заказ № 288.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.