

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

Конструирование и расчет изделий

Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов специальности 1-36 07 02
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Витебск
2023

УДК 621.9(07)

Составители :

Н. В. Путеев, Р. В. Окунев, Д. Г. Латушкин

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» протокол № 6 от 27.02.2023

Конструирование и расчет изделий : методические указания по выполнению курсового проекта / сост. Н. В. Путеев, Р. В. Окунев, Д. Г. Латушкин. – Витебск : УО «ВГТУ», 2023. – 55 с.

Методические указания являются руководством по выполнению курсового проекта по курсу «Конструирование и расчет изделий», определяют тематику курсовых проектов, структуру и содержание, методику выполнения, правила оформления графических материалов и расчетно-пояснительной записки, порядок защиты.

УДК 621.9(07)

© УО «ВГТУ», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА.....	5
3 ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	6
5 РАСЧЕТЫ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR	7
6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR НА ПРИМЕРЕ ВАЛА	35
7 ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	46
8 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	48
9 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	49
Приложение А. Образец титульного листа расчетно-пояснительной записки ..	51
Приложение Б. Образец бланка задания на курсовой проект	52
Приложение В. Образец графика выполнения курсового проекта.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Современное производство товаров (изделий) характеризуется обилием предложений. Это определяет очень жесткую конкуренцию. Наилучшим образом это отражают принципы Индустрии 4.0 и интернета вещей. При этом, стремясь к минимизации затрат на производство изделий, необходимо повышать потребительские свойства изделий, стремясь к удовлетворению требований потребителя [22].

Поэтому важное значение обрели методы компьютерного проектирования, позволяющие оптимизировать затраты, а функциональные возможности по удовлетворению требований повысить [11, 16].

Современные программные продукты, например AUTODESK INVENTOR, позволяют не только грамотно спроектировать изделия, но и визуализировать их работу под нагрузкой, что позволяет сделать вывод о достижении требуемых функциональных свойств.

Поэтому в курсовом проекте обучающийся путем самостоятельной работы получает навыки создания конкурентного изделия.

1 ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний, формирование профессиональных навыков самостоятельного поиска и применения методов решения практической задачи совершенствования изделия через разработку и исследование конструкции; выбор технологии производства 3D-изделий; выбор оборудования; технико-экономическое обоснование целесообразности производства.

2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА

Задачами студента при выполнении курсового проекта являются:

- получить задание;
- применить информацию из нормативной документации; справочной литературы; интернет-ресурсов [8–10, 19–24];
- изучить конструкцию изделия по заданию, установить связь между функционированием изделия и нагруженностью составляющих его деталей [15];
- спроектировать 3D твердотельную модель изделия в Autodesk Inventor;
- составить схему нагружения избранной к модернизации детали;
- модернизировать деталь;
- исследовать нагруженность модернизированной детали средствами Autodesk Inventor;
- оптимизировать деталь по результатам исследования нагруженности;
- выбрать метод 3D получения детали изделия;
- выбрать материал для аддитивной технологии [24];
- выбрать и описать технологию производства [19–24];
- выбрать оборудование [19–25];
- обосновать принятые решения [12, 17];
- оформить графические материалы, грамотно и логично изложить текст расчетно-пояснительной записки;
- выработать умение и публично защитить курсовой проект.

3 ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Специальность 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» имеет очень широкую направленность в практическом применении [10, 13, 14, 18].

Начавшись как технология прототипирования, аддитивная технология превратилась в мощную промышленную технологию производства изделий для машиностроения, строительства, дизайнерских изделий, индустрии развлечений и т. д. [10]

Поэтому объектом для курсового проектирования могут являться изделия из различных отраслей деятельности человека: узлы машин (автомобиля, станка, прибора), мебель, игрушки, дизайнерские конструкции и т. д.

При этом необходимо учитывать, что аддитивные технологии вошли в стадию промышленного производства, а значит должны выполняться требования нормативной документации при производстве изделий [1–6].

Это означает, что выбрав изделие для курсового проекта, студент должен определить документ, регламентирующий производство и устанавливающий требования к изделию.

Например, выбрав для курсового проекта изделие «Качели детские» должны быть выполнены требования серии стандартов, в частности СТБ EN 1176-1-2006 «Оборудование детских игровых площадок. Часть 1. Общие требования безопасности и методы испытаний». Для избранной к модернизации детали изделия «Качели детские», например «Подвес», должны быть выполнены все требования раздела 2.

Таким образом, студенту прививается профессиональный подход к проектной работе.

Изделия для проектирования должны обладать уровнем сложности для получения навыков, а выбранная в изделии деталь быть достаточно сложной формы и нагружения для нетривиального определения прочности и подлежать модернизации.

В целом, должны быть выполнены все пункты раздела 2.

Объем курсового проекта – по индивидуальному заданию, предпочтительно 1–2 листа формата А1 в графической части и 20–30 листов расчетно-пояснительной записки.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Началом проектирования является выдача задания.

Тема задания отражается на титульном листе расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту по приложению А.

Образец бланка задания находится в приложении Б, заполнены должны быть все разделы задания. Допускается при заполнении бланка задания ссылки на данные методические указания.

Также для контроля процесса курсового проектирования составляется график курсового проектирования, приведенный в приложении В. Временные периоды и виды работ в бланке задания и в графике должны соответствовать.

Ответственность за своевременное выполнение графика курсового проектирования, принятые решения и правильность всех данных несет обучающийся – автор курсового проекта.

Выполненный курсовой проект обучающийся сдает на окончательную проверку руководителю курсового проектирования не позднее, чем за две недели до начала сессии.

Расчетно-пояснительная записка и графическая часть выполняются с использованием современных компьютерных средств и технологий.

5 РАСЧЕТЫ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

Программный продукт AUTODESK INVENTOR является современным рабочим инструментом проектировщика.

С помощью AUTODESK INVENTOR в курсовом проекте создается твердотельная 3D-модель изделия в целом, а также модель детали изделия для исследования прочности и модернизации.

Чтобы исключить ошибки при исследовании, необходимо правильно определить величину, вид нагрузки и верным образом приложить их к детали.

Поэтому при проведении расчетов студентом должны применяться знания из курсов математики, материаловедения, механики, сопротивления материалов, деталей машин.

Это является залогом успешного исследования напряженного состояния методом конечных элементов, на котором построены расчеты в среде «Анализ напряжений» Autodesk Inventor.

Метод конечных элементов заключается в разделении реального объекта на большое количество конечных элементов. Можно исследовать плоские модели, при 3D-исследовании в Autodesk Inventor используются пирамиды.

В результате работы программы определяют деформации модели детали, а поскольку из курса сопротивления материалов известна связь деформации с напряжением, реализована с помощью цвета поверхности модели детали картина распределения напряжений. Цвета контуров соответствуют значениям, определенным на панели настройки цвета.

Исследование напряжений в среде Autodesk Inventor

Для проведения исследования необходимо выполнить следующие действия:

1. После создания сборки перейти во вкладку «Среды».
2. Выбрать «Анализ напряжений».
3. Открывается панель управления анализом «Анализ» (рис. 5.1).

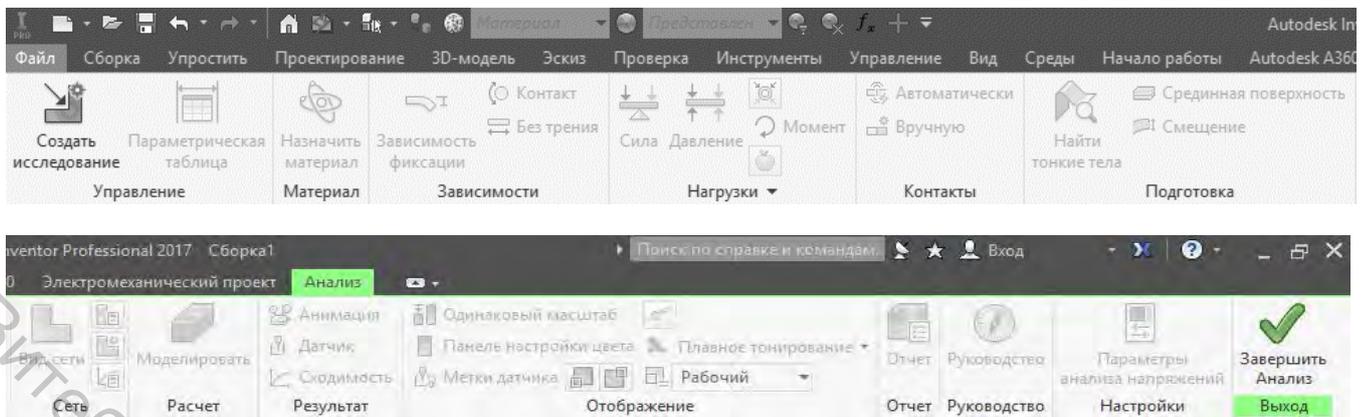


Рисунок 5.1 – Панель управления анализом

4. Нажать «Создать исследование».

5. Открывается окно настройки исследования (рис. 5.2):

а) в окне «Создать новое исследование» рекомендуется активировать пункт «Обнаружить и устранить моды жесткого тела» для стабилизации деталей в процессе анализа контактов при наличии в сборке контактов разделение или скольжение;

б) пункт «Разделить поперечные напряжения контактных поверхностей» применим для контакта «Связано». Рекомендуется использовать, когда физические свойства контактирующих материалов различаются;

в) в пункте «Тип» рекомендуется заранее выбрать тип контакта по умолчанию, т. к. это позволит ускорить процесс настройки исследования в тех случаях, когда в сборке превалирует контакт одного типа.

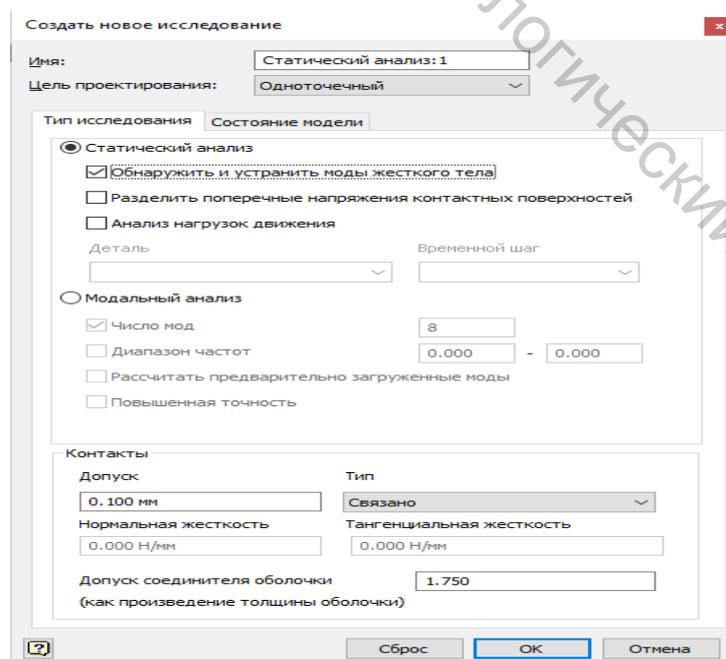


Рисунок 5.2 – Окно настройки исследования

6. Нажать «ОК».

7. Если при построении элементов сборки не были определены материалы каждой из детали, следует указать их в разделе «Назначить материалы» (рис. 5.3).

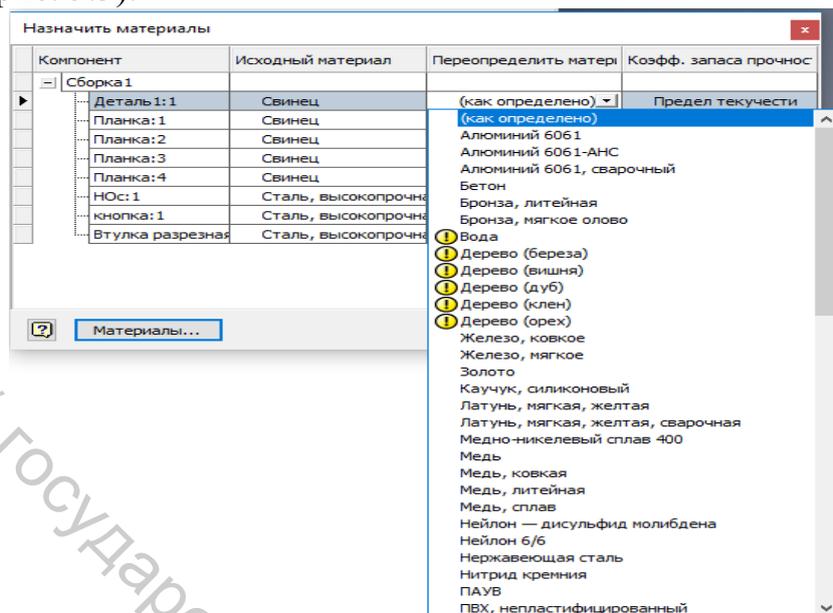


Рисунок 5.3 – Окно назначения материала

8. В разделе «Зависимости» (рис. 5.4) присутствуют следующие команды:

а) зависимость фиксации — применяется для фиксации основного элемента сборки (корпус, основание и т. п.) для того, чтобы силы, действующие на сторонние элементы, были не способны сдвинуть всю сборку в системе координат;

б) контакт – применяется в тех случаях, когда требуется зафиксировать цилиндрический объект в различных направлениях (рис. 5.5):

- радиальное;
- осевое;
- касательное;

в) без трения (идеальная опора) – при использовании этой команды, поверхность не способна перемещаться в перпендикулярном направлении к наложению этой команды. К примеру, разрезная втулка относительно штифта в осевом направлении (рис. 5.6);

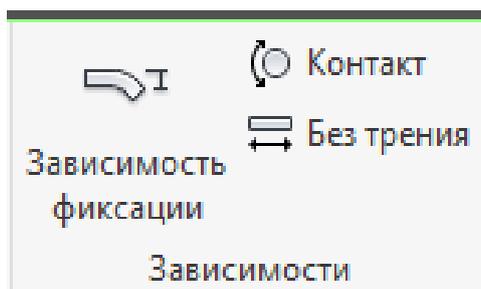


Рисунок 5.4 – Раздел зависимости

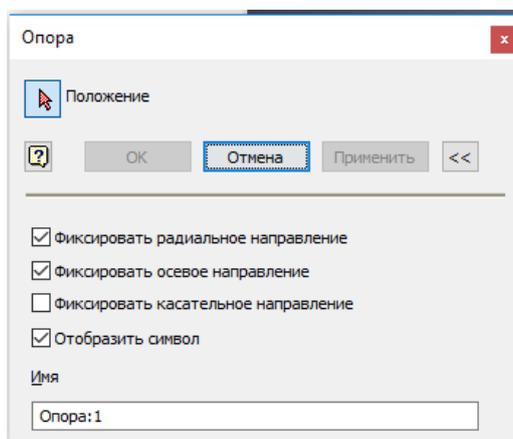


Рисунок 5.5 – Окно команды «Контакт»

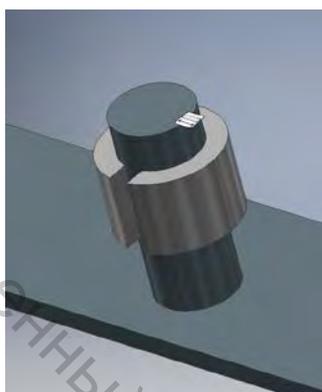


Рисунок 5.6 – Разрезная втулка на штифте

9. В разделе «Нагрузки» (рис. 5.7) находятся следующие команды:

а) сила – нагрузка, прикладываемая к плоской поверхности, либо к цилиндрической по касательной. Измеряется в Ньютонах. Также направление силы может быть изменено. Для этого в окне настройки силы, после указания поверхности приложения нагрузки, следует нажать на стрелочку слева от надписи «Направление» и указать грань, вдоль которой будет проходить направление силы (рис. 5.8);

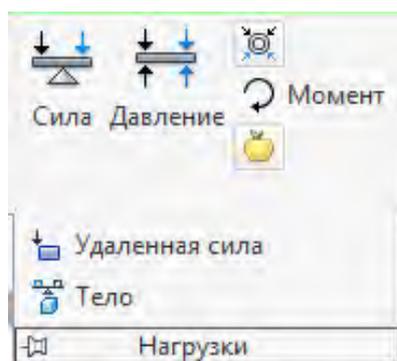


Рисунок 5.7 – Раздел «Нагрузки»

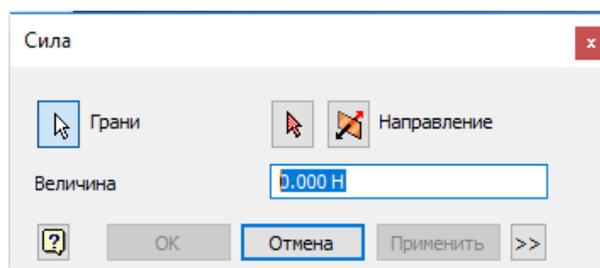


Рисунок 5.8 – Окно настройки команды «Сила»

б) давление – нагрузка, прикладываемая к поверхности, распределяющаяся равномерно по всей площади поверхности. Измеряется в МПа. В отличие от силы, зависящей от вектора, давление применяется перпендикулярно к выбранной грани во всех точках кривизны;

в) рабочая нагрузка – приложение осевой и радиальной нагрузки заданной величины к выбранной цилиндрической грани. Направление этой нагрузки может быть указано максимально подробно через систему настройки векторов (рис. 5.9);

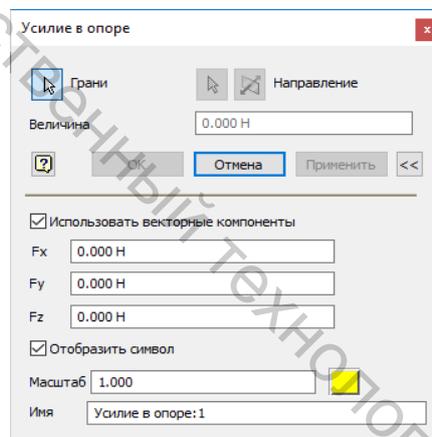


Рисунок 5.9 – Окно настройки команды «Рабочая нагрузка»

г) момент – придание кручения к выбранной поверхности. Также может быть тонко настроен через систему моментов (рис. 5.10);

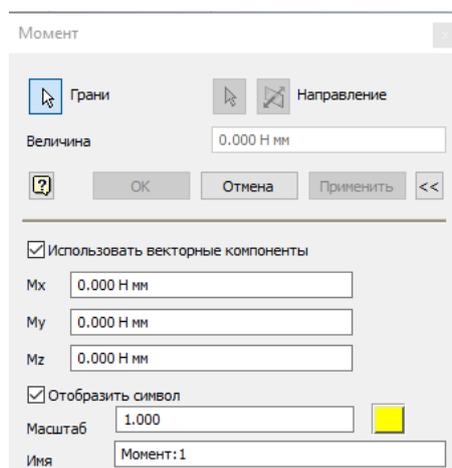


Рисунок 5.10 – Окно настройки команды «Момент»

- д) сила тяжести;
- е) удаленная сила применяется в тех случаях, когда требуется приложить нагрузку на каком-то расстоянии от центра выбранной поверхности;
- ж) тело (нагрузка на корпус) – применение линейного ускорения или угловой скорости и ускорений ко всему объему модели.

10. В разделе «Контакты» находятся следующие команды:

а) автоматически – программа автоматически определит все контакты контактирующих элементов и добавит их в дерево исследования в раздел «Контакты» – «(контакт, выбранный заранее по умолчанию)»;

б) ручную – возможность указать контакт вручную между ребрами и поверхностью, между двумя поверхностями, находящимися на расстоянии друг от друга, в случае применения контакта «Пружина» и т. п.;

в) в разделе «Сеть» находятся следующие команды:

– вид сети – активация отображения сети до моделирования исследования;

– настройки сети – отображение настроек, используемых для создания сетки (настройка элементов сетки);

– элемент управления локальной сетки – управление размером сетки для выбранных вручную элементов. Для более точного отображения деформации в интересующем модуле сборки.

11. Далее следует рассмотреть древо текущего анализа, в котором находятся:

а) сборка – список элементов сборки, в котором можно настроить видимость элементов, исключить из исследования ненужные элементы сборки и т. д.;

б) материал – список материалов, используемых в сборке (для отображения необходима активация: ПКМ – Показать все материалы);

в) зависимости – список примененных к сборке зависимостей из раздела «Зависимости»;

г) нагрузки – список примененных к сборке нагрузок;

д) контакты – список контактов, сформированных заранее автоматически или вручную. Доступно изменение типа контакта при необходимости. Для этого нужно: Выбрать контакт из списка – ПКМ – Редактировать контакт;

е) сетка – список элементов локальной сетки (если были добавлены);

ж) результаты – отображение различных типов результатов, доступных после моделирования исследования.

12. Моделирование исследования – запуск расчета анализа, в соответствии с заданными условиями (Моделировать – Выполнить).

13. Пункт «Результаты» в древе анализа стал активен. В нем доступны следующие типы результатов (каждый из которых по двойному щелчку становится активен):

а) напряжение по Мизесу;

б) 1-ое основное напряжение;

- в) 3-е основное напряжение;
- г) смещение;
- д) коэффициент запаса прочности.

14. В разделе «Результат» на панели управления анализом находятся следующие команды:

- а) анимация – включение анимированного отображения действия нагрузки на сборку;
- б) датчик – возможность расположения датчика, которых снимает показания выбранного типа результатов, в любой точке сборки.

15. Раздел «Отображение»:

- а) одинаковый масштаб;
- б) панель настройки цвета – настройка цветового отображения деформации сборки под нагрузкой:

- изменение максимального и минимального значения нагрузки на цветовой панели, для более наглядного отображения небольших деформаций;
- выбор типа цвета (цветной, ч/б);
- положение цветовой панели;
- размер цветовой панели;
- при выборе «Контурное тонирование» активируется возможность выбрать количество цветов на цветовой панели;

в) метки датчика – включение/выключение отображения меток датчиков, поставленных вручную в разделе «Результат»;

г) датчик максимального значения;

д) датчик минимального значения;

е) граничные условия – включение/выключение отображения символов нагрузок;

ж) выбор типа тонирования:

- плавное;
- контурное;
- без тонирования;

з) выбор корректировки отображения деформаций. Для более наглядного отображения изменений сборки под нагрузкой.

16. Отчет – формирование подробного отчета с результатами о проведенном исследовании.

Виды контактов в среде Autodesk Inventor

Доступны следующие виды контактов:

1. Связано.
2. Разделение.
3. Скольжение/Без разделения.
4. Разделение/Без скольжения.
5. Горячая посадка/Скольжение.
6. Горячая посадка/Без скольжения.

7. Пружина.

Начальные условия

Для рассмотрения видов контактов заданы следующие условия:

1. Заранее назначены материалы всех элементов сборки. Также это возможно сделать в разделе «Назначить материалы».

2. Основание фиксировано с помощью раздела «Зависимость фиксации» (рис. 5.11).

3. К первым четырем позициям применена сила в 1000 Н, направленная перпендикулярно основанию вниз. В позиции 6 применена сила в 1000 Н, направленная перпендикулярно рычагу кольца. В позиции 7 применена сила 10 Н, направленная перпендикулярно кнопке.

4. Для первых четырех видов контактов для основания Т-образного болта была применена зависимость «Контакт» с фиксацией радиального и касательного направлений (рис. 5.12). Это было сделано для того, чтобы цилиндрические основания Т-образных болтов могли перемещаться только в осевом направлении.

5. Для элемента «Разрезная втулка» была применена зависимость «Без трения» для исключения смещения втулки в осевом направлении (рис. 5.13).

6. Для элементов «Разрезная втулка» и «Кольцо с рычагом» обеспечена посадка с натягом.

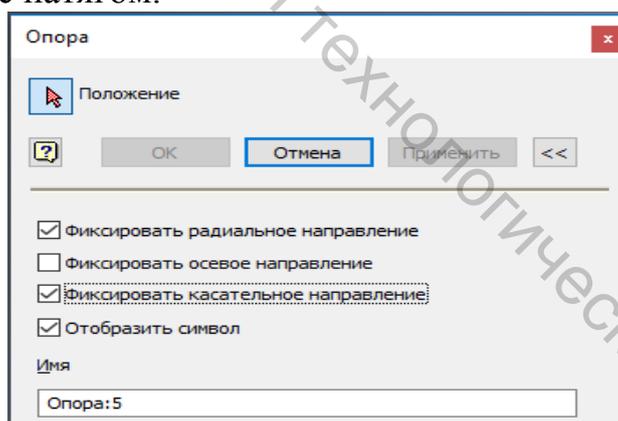


Рисунок 5.11 – Раздел «Зависимость фиксации»

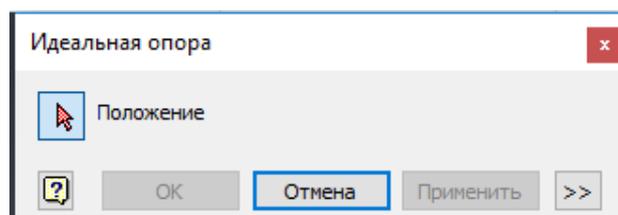


Рисунок 5.12 – Зависимость «Контакт»

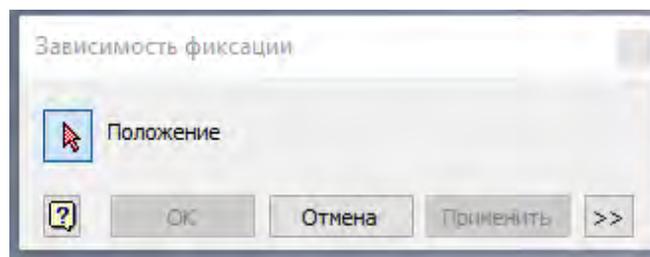


Рисунок 5.13 – Зависимость «Без трения»

Подробное рассмотрение каждого из возможных контактов

На рисунках 5.14–5.21 корректировка деформации 0,5х. В параметрах панели настройки цвета максимальное значение изменено на 20 МПа для более наглядного цветового отображения деформаций.

Связано

Жестко связывает контактирующие друг с другом грани. [10]

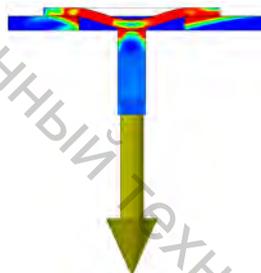


Рисунок 5.14 – Контакт «Связано»

Контакт «Связано» применяется в тех случаях, когда контактирующие элементы «составляют одно целое», либо в том случае, когда контактирующие элементы никак не влияют на основную работу механизма и их можно просто «смешать» в одно. К примеру, гайка и контргайка на шпильке. В нашем случае Т-образный болт полностью прилегает к основанию, и между ними не может возникать скольжения или разделения. Чтобы более наглядно показать деформацию при нагрузке, следует в «Панели настройки цвета» снять галочку «Максимальная» и поставить меньшее значение.

Разделение

Разделяет контактирующие грани частично или полностью при скольжении.

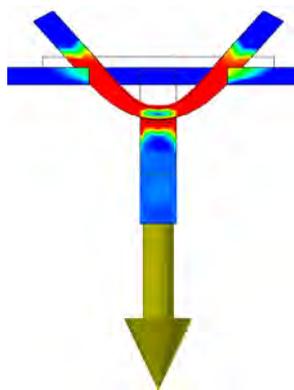


Рисунок 5.15 – Контакт «Разделение»

В этом случае грани могут скользить друг по другу и разделяться. Из-за этого на изображении видно, что основание практически не нагружено, т. к. пластина Т-образного болта сразу же разделяется при деформации и скользит по контактирующим граням.

Скольжение/Без разделения

Связывает контактирующие грани в направлении нормали по отношению к грани при скольжении под воздействием деформации.



Рисунок 5.16 – Контакт «Скольжение/Без разделения»

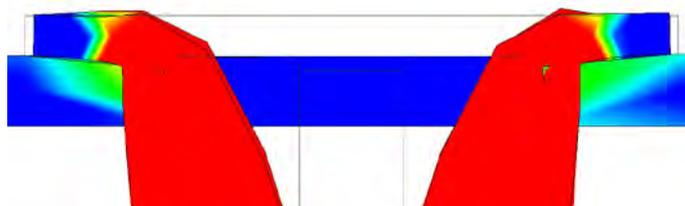


Рисунок 5.17 – Контакт «Скольжение/Без разделения». Коррекция – 5x

В этом случае контактирующие элементы скользят относительно друг друга, но разделение невозможно. Для того чтобы увидеть «скольжение» пластины Т-образного болта по основанию, следует увеличить коррекцию деформации до 5x, что показано на рисунке 5.17.

Разделение/Без скольжения

Разделяет контактирующие грани частично или полностью без их скольжения вдоль друг друга. [10]



Рисунок 5.18 – Контакт «Разделение/Без скольжения»

В этом случае происходит разделение по краям Т-образного болта. Но на гранях контактирующих элементов разделения и смещения не происходит, т. к. скольжение при этом типе контакта невозможно. Также видно, что при таком типе контакта деформация основания больше, чем в остальных случаях, т. к. вся нагрузка идет на грани.

Горячая посадка/Скольжение

Обеспечивает наличие условий, как в случае «Разделения». При этом имеет место перекрывание исходных деталей. Исходное расстояние между контактирующими гранями является отрицательной величиной.

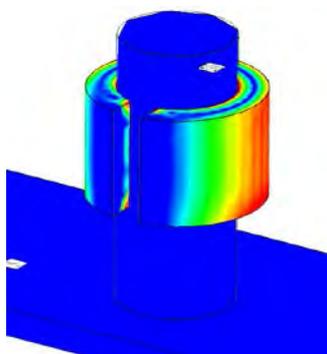


Рисунок 5.19 – Контакт «Горячая посадка/Скольжение»

При таком виде контакта происходит симуляция посадки с натягом (в данном случае разрезной втулки на штифт). При данном анализе не требовалось никакого наложения сил, так как симулируется натяг. Для этого следует указать посадку для вала и отверстия при построении модели штифта и модели разрезной втулки. Также следует указать вид допуска для модели (в

процессе ее построения) во вкладке «Управление» – «Параметры» – «Вид допуска модели» – «Верхний». Тогда указанная посадка будет учитываться при анализе, что способно облегчить и ускорить процесс анализа, а также последующих построений чертежей моделей. В этом примере была указана посадка с натягом H8/u8. Анализ показал фактическое поведение деталей. На изображении показана утрированная модель поведения при посадке с натягом.

Горячая посадка/Без скольжения

Обеспечивает наличие условий, как в случае «Разделение/нет скольжения». При этом имеет место перекрытие исходных деталей, а значение исходного расстояния является отрицательной величиной.

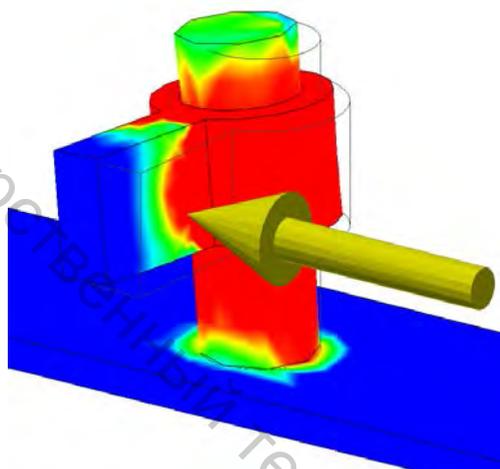


Рисунок 5.20 – Контакт «Горячая посадка/Без скольжения.
Корректировка – 1х

Данный вид контакта используется в том случае, когда следует показать передачу момента. Также этот вид контакта обеспечивает совмещение поверхностей моделей, имитируя посадку с натягом, но указание посадок при построении моделей не требуется, т. к. заранее симулируется отсутствие скольжения.

Пружина

Создает эквивалентные пружины между двумя гранями. Вы задаете общую нормальную и/или тангенциальную жесткость.

Нормальная жесткость определяет эквивалентное значение нормальной жесткости. Применимо только к контакту пружины.

Тангенциальная жесткость определяет эквивалентное значение тангенциальной жесткости. Применимо только к контакту пружины.

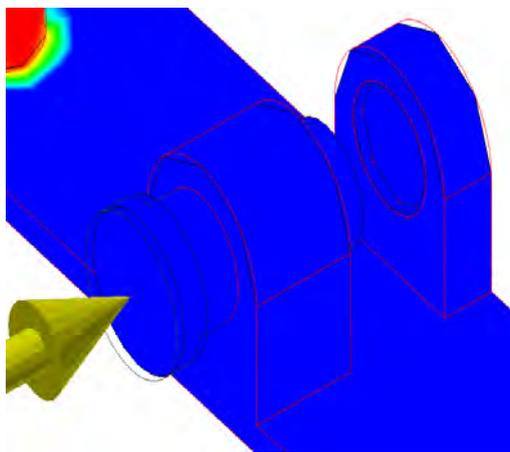


Рисунок 5.21 – Контакт «Пружина»

Данный вид контакта применяется в тех случаях, когда нужно симитировать пружину. В данном случае требовалось ручное задание контакта, т. к. грани не контактируют, а значит, не определяются программой автоматически. Также следует изменить контакт по умолчанию для кнопки и ее направляющей на Скольжение/Без разделения (также этот вид контакта валиден для поршней в пневмоцилиндрах и т. п.). После завершения анализа видим, что кнопка сместилась на определенное расстояние.

Пример на приспособлении для закрепления прутков.

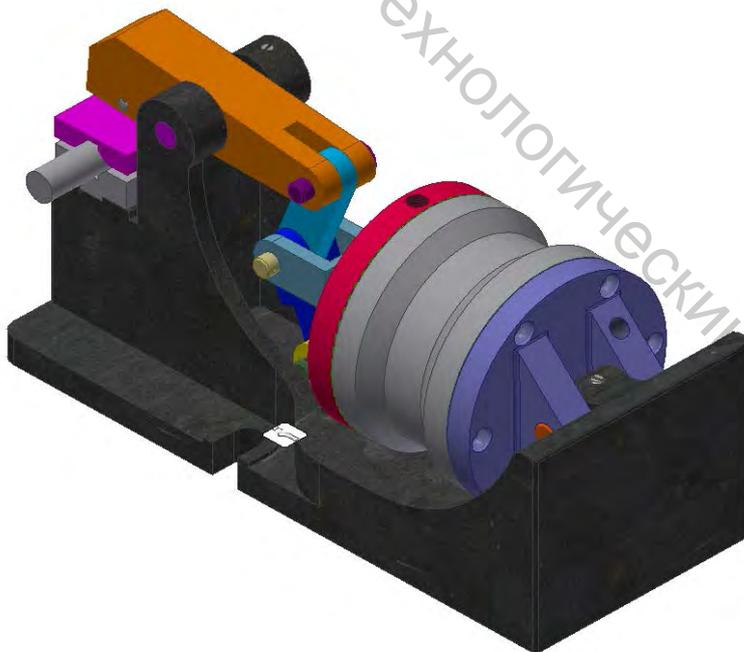


Рисунок 5.22 – Приспособление для закрепления прутков

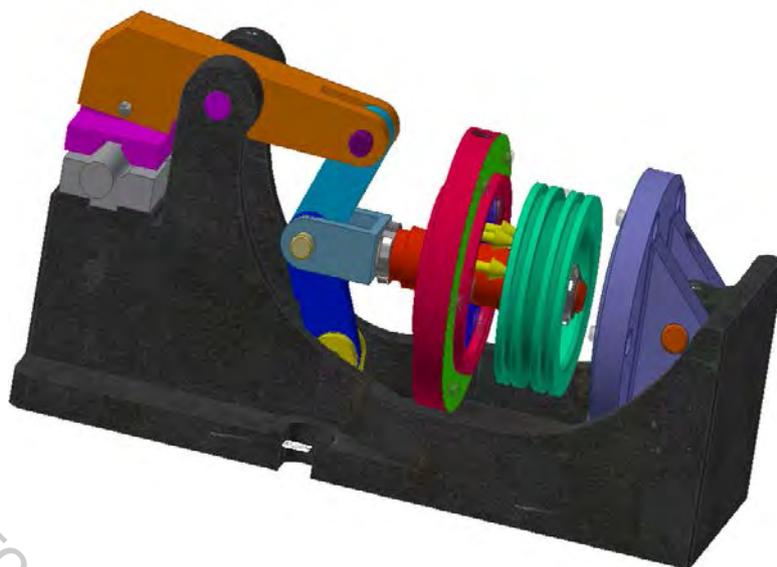


Рисунок 5.23 – Приспособление для закрепления прутков.
Видимость элемента «Цилиндр» отключена

После окончательной сборки всех деталей и присвоения им зависимостей переходим в раздел «Среды» – «Анализ напряжений»:

1. Создать исследование.

2. Поставить галочку «Обнаружить моды жесткого тела» – рекомендуется установить эту галочку для стабилизации деталей в процессе анализа контактов при наличии в сборке контактов разделение или скольжение. Этот параметр необходим для того, чтобы, к примеру, разрезная втулка не вращалась вокруг своей оси, т. к. зависимость, задаваемая для предотвращения такого поворота, будет препятствовать смещению, вызываемому посадкой с натягом.

3. В древе исследования рекомендуется исключить элементы, не участвующие в анализе (болты, винты, прокладки, манжеты, шпинты, шайбы и т. д.) для облегчения назначения контактов в дальнейшем и упрощения алгоритмов анализа (рис. 5.24). Исключение элементов зависит от того, что именно требуется проверить при анализе. А именно какую часть приспособления.

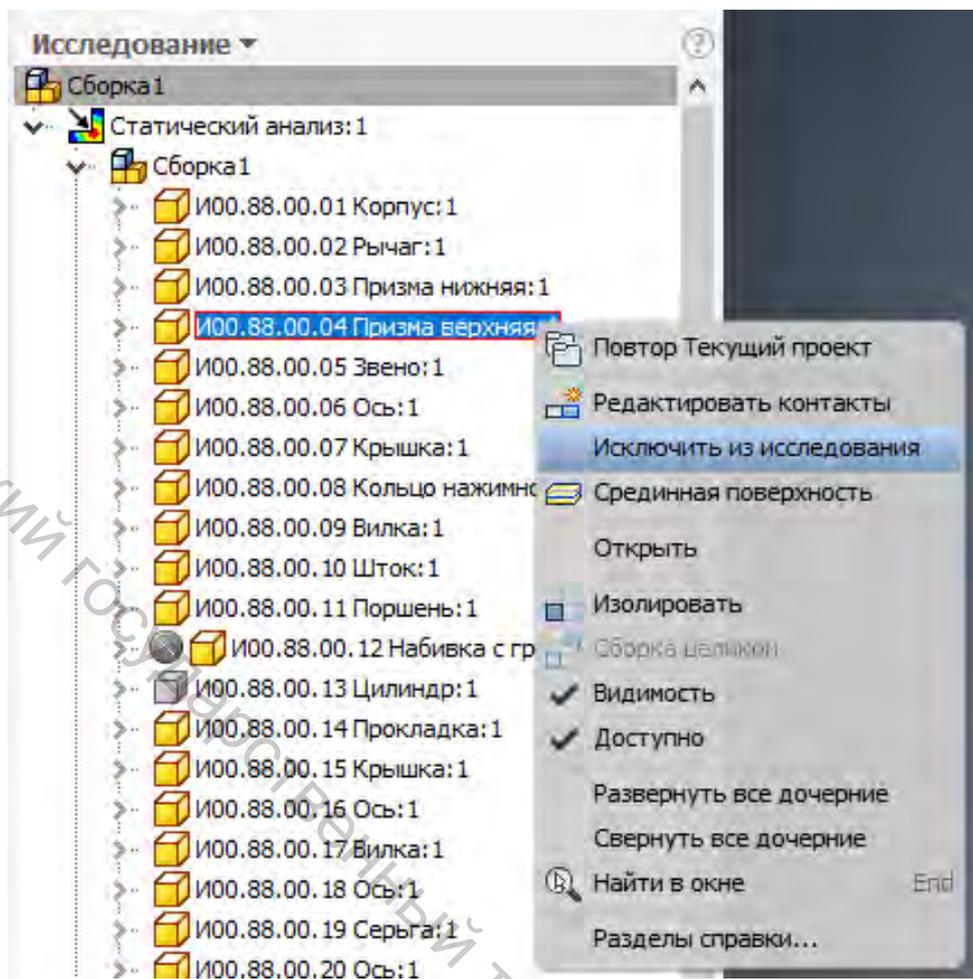


Рисунок 5.24 – Древо исследования

4. Открыть раздел «Назначить материалы», если материалы не были назначены ранее при построении моделей деталей сборки.

5. Зафиксировать основной элемент сборки (в этом случае – корпус) с помощью раздела «Зависимость фиксации».

6. Сформировать автоматические контакты для сборки (рис. 5.25), заранее установив тип контактов по умолчанию. Так как в этом случае превалирует контакт Скольжение/Без разделения, это значительно ускорит процесс подготовки сборки к анализу. Это можно сделать в окне «Редактировать свойства исследования» (рис. 5.26) – «Тип» (рис. 5.27). Выбор контактов также зависит от целей анализа. В конкретно этом случае, если следует проверить только деформации при зажиме прутка, то соединение Штока с Поршнем можно принять как «Связано» (что и было сделано). Но если требуется проверить поведение всей установки целиком, следует учитывать, что Поршень со Штоком соединяется переходной посадкой и закрепляется Гайкой. В таком случае, указываются допуски на этапе построения моделей и применяется контакт «Горячая посадка/Скольжение».

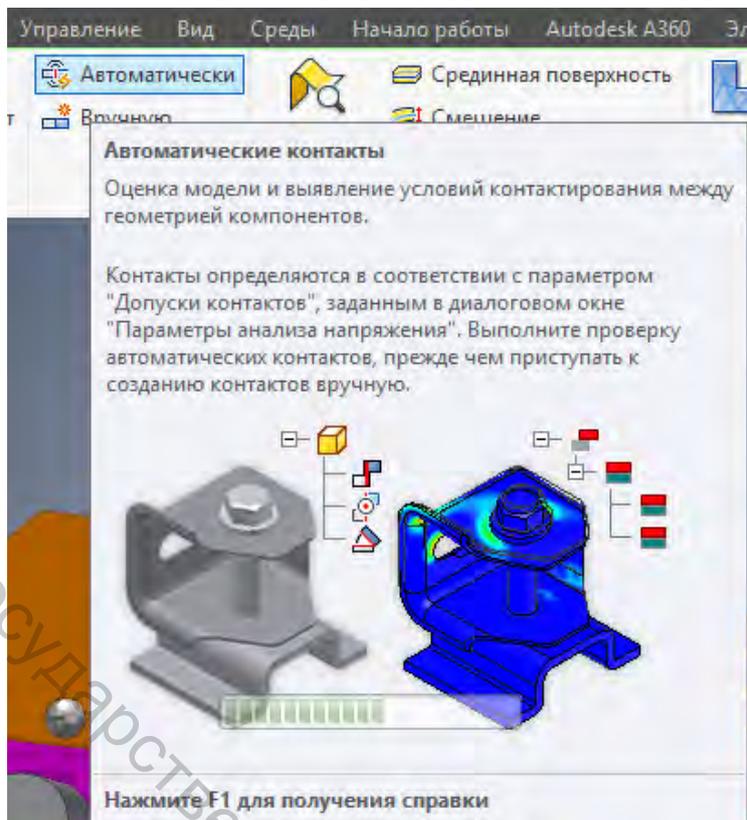


Рисунок 5.25 – Формирование автоматических контактов

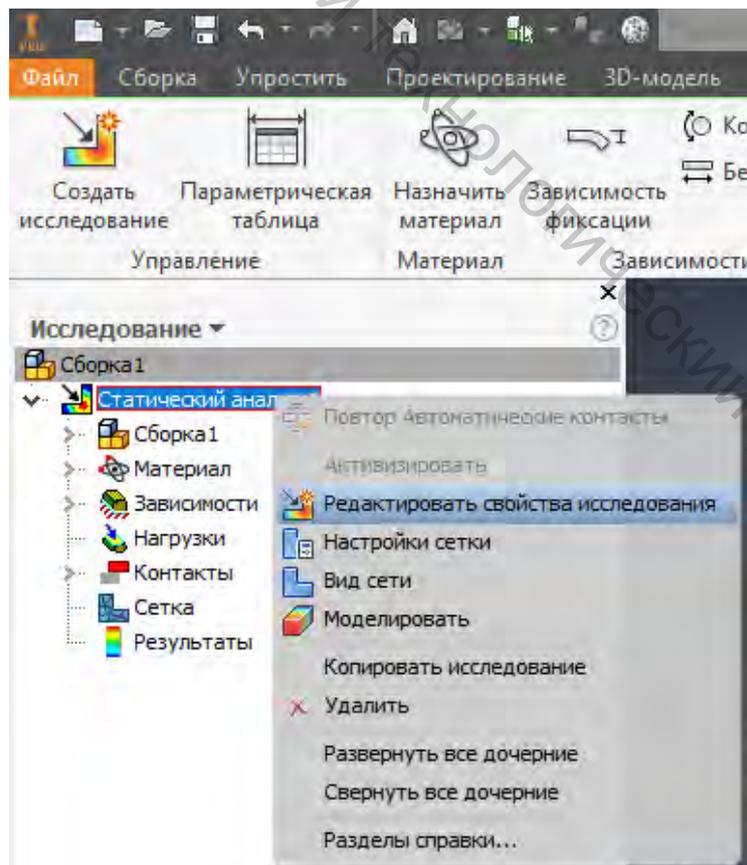


Рисунок 5.26 – Редактирование свойства исследования

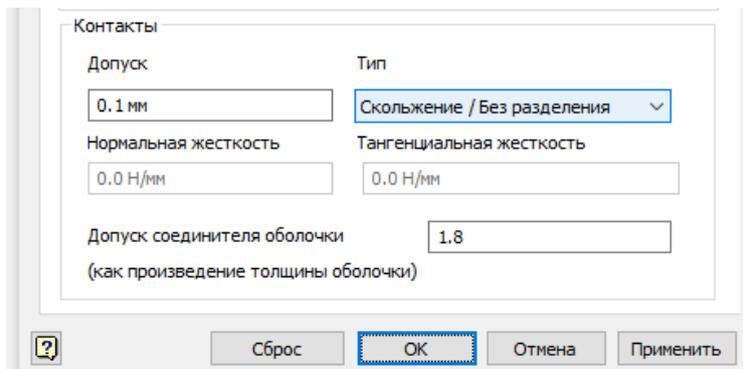


Рисунок 5.27 – Окно «Редактировать свойства исследования». Изменение типа контакта по умолчанию

7. Далее в дереве исследования в разделе «Контакты» – «Скольжение/Без разделения» меняем тип контакта на «Связано» для всех контактов, где не осуществляется никакого движения, либо трения друг о друга. К примеру, места соединения нижней призмы с корпусом, т. к. ранее были исключены все винты (рис. 5.28). Но оставляем контакты прутка с призмами как «Скольжение/Без разделения», т. к. призмы должны скользить при зажатии.

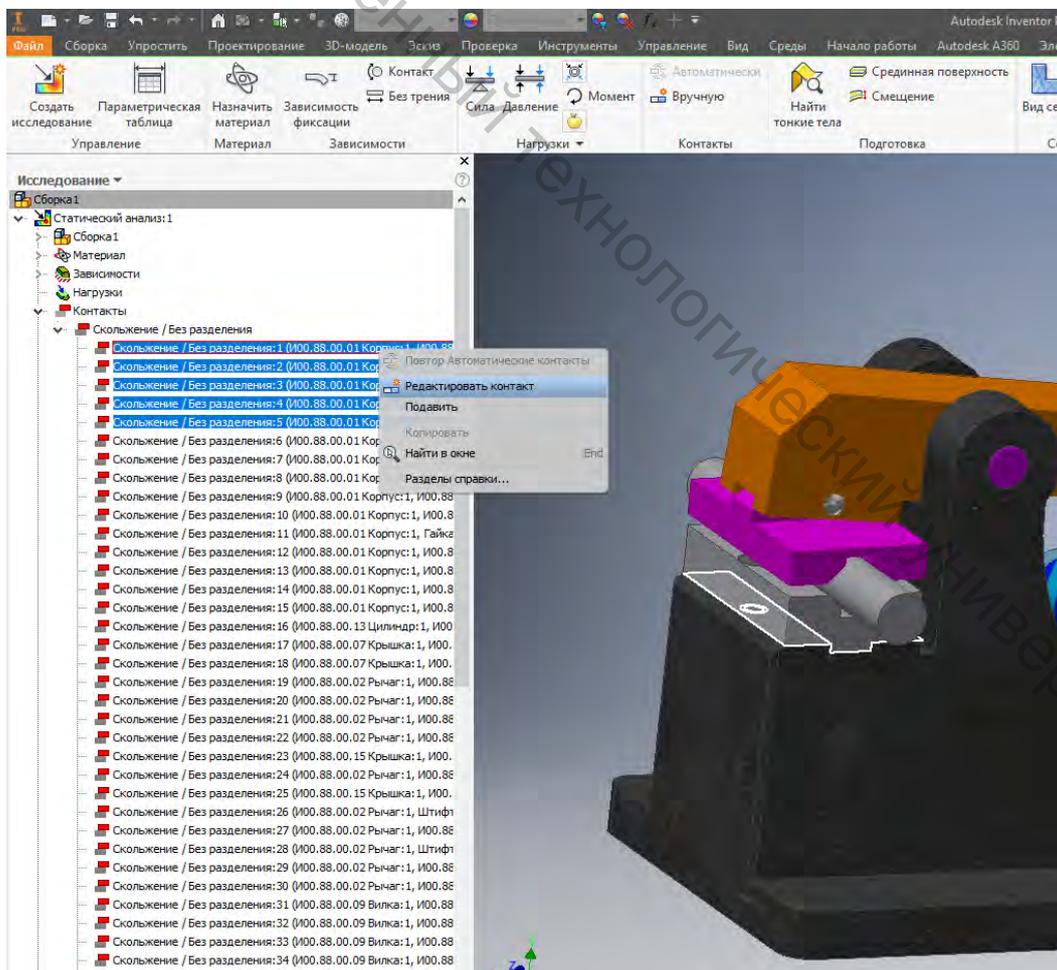


Рисунок 5.28 – Редактирование автоматически определенного контакта

8. Приложить нагрузку к поршню пневмоцилиндра в 0,4 МПа, используя команду «Давление» в разделе «Нагрузки». Прикладываем нагрузку, как показано на рисунке 5.29.

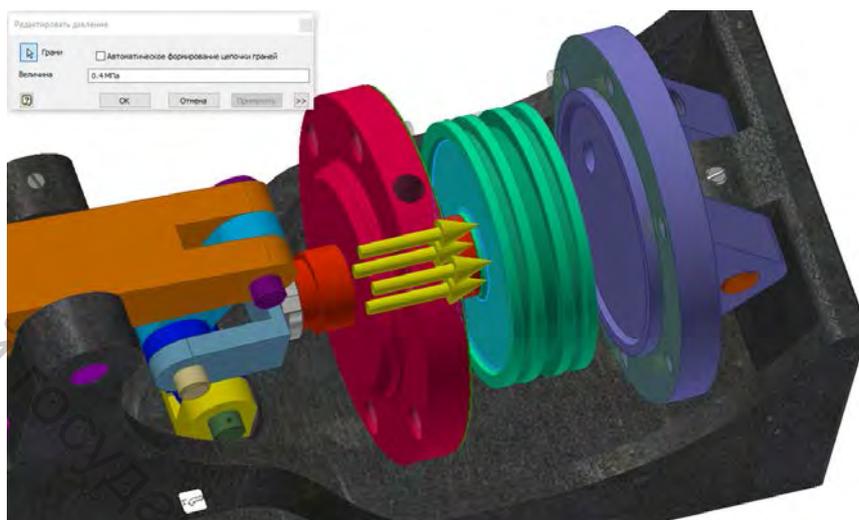


Рисунок 5.29 – Приложение нагрузки к поршню

9. При необходимости можно настроить сетку в разделе «Сеть» – «Настройки сети». Либо применить локальную сетку при помощи команды «Элементы управления локальной сетки». Применяем локальную сеть для зажимаемого прутка для уточнения деформации при зажатии. Также можно нажать «Вид сетки» для расчета сетки заранее, но в этом нет необходимости, т. к. после нажатия «Моделировать», программа автоматически сначала рассчитает сетку.

10. Нажать «Моделировать». Если нет никаких ошибок и отображается надпись: «Готово к запуску исследования» – «Выполнить».

11. Для отображения работы устройства и проверки корректного назначения контактов рекомендуется воспользоваться командой «Анимация» в разделе «Результат».

12. Для более наглядного отображение деформаций сборки под нагрузкой рекомендуется изменить значение отображения максимальной нагрузки в «Панели настройки цвета» в разделе «Отображение». В этом случае на 10 МПа. Так как до изменения сложно определить, где происходят деформации материала, пусть и незначительные. Отображение результата деформаций до изменения показано на рисунке 5.30, после – на рисунке 5.31.

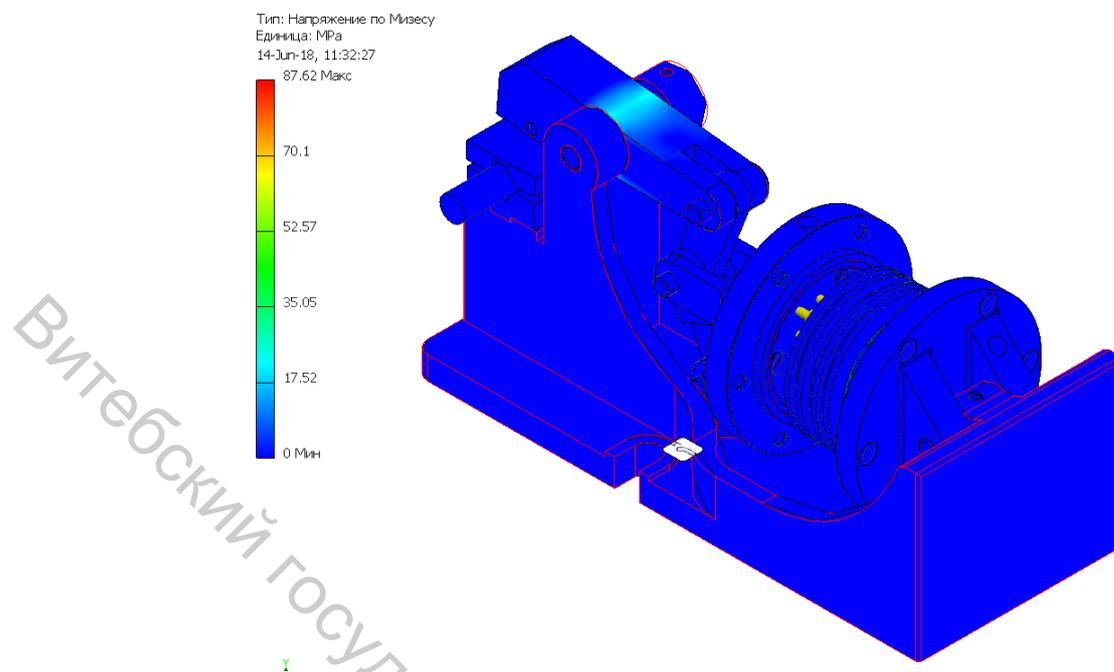


Рисунок 5.30 – Цветовое отображение результата деформаций до изменения значения цвета максимальной нагрузки

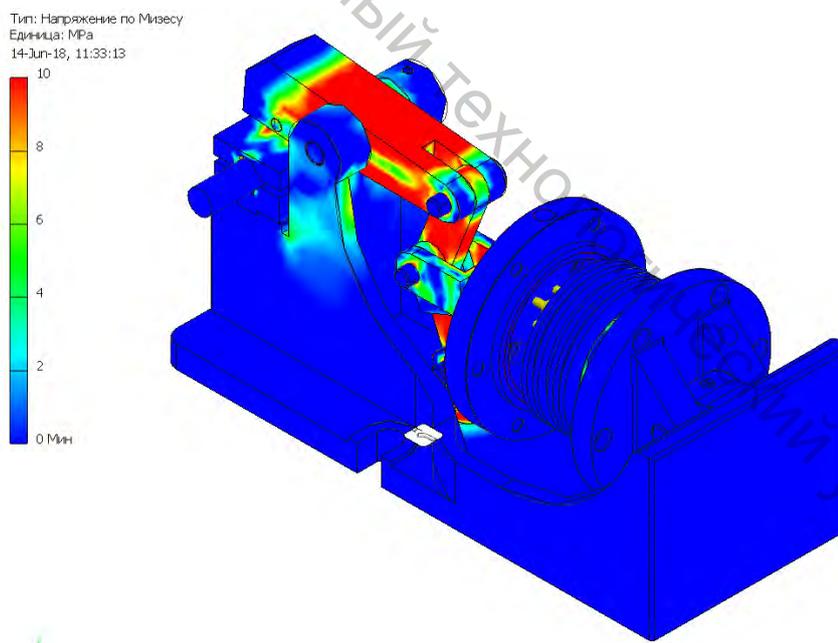


Рисунок 5.31 – Цветовое отображение результата деформаций после изменения значения цвета максимальной нагрузки

13. Для лучшего отображения изменения сборки под действием нагрузки рекомендуется применить «Корректировку» 0,5x в разделе отображение (рис. 5.32).

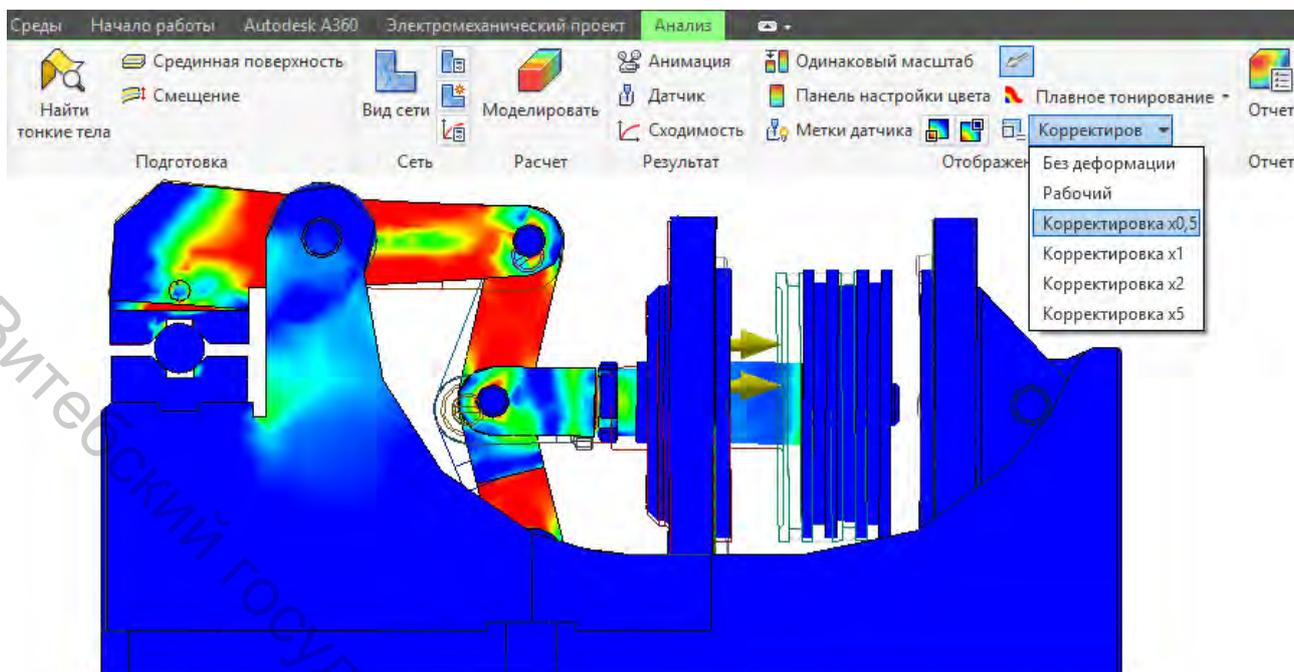


Рисунок 5.32 – Изменение корректировки результатов анализа

14. В дереве исследования в разделе «Результаты» нам доступны 5 типов результатов:

а) напряжение по Мизесу – возможно прямое сравнение с пределом текучести материала для прогнозирования дефекта пластичных материалов;

б) 1-ое основное напряжение – растягивающее напряжение;

в) 3-е основное напряжение – сжимающее напряжение (обычно отрицательное значение);

г) смещение – величина смещения в системе координат элементов сборки, либо величина деформации отдельной детали. Также можно посмотреть величину смещения по любой из трех осей;

д) коэффициент запаса прочности – величина, показывающая способность конструкции выдерживать прилагаемые к ней нагрузки выше расчётных. Наличие запаса прочности обеспечивает дополнительную надёжность конструкции, чтобы избежать катастрофы в случае возможных ошибок проектирования, изготовления или эксплуатации.

Пример на кондукторе для зенкерования отверстий

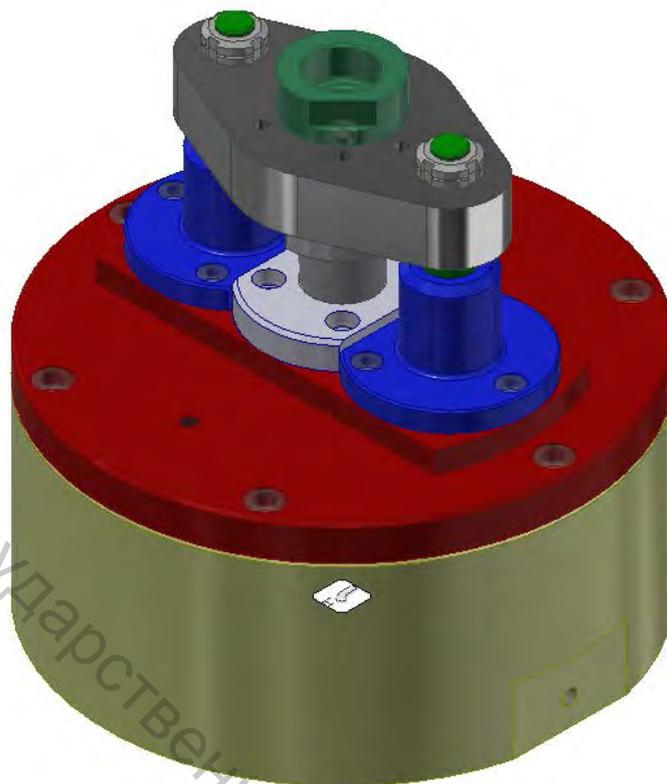


Рисунок 5.33 – Кондуктор для зенкерования отверстий

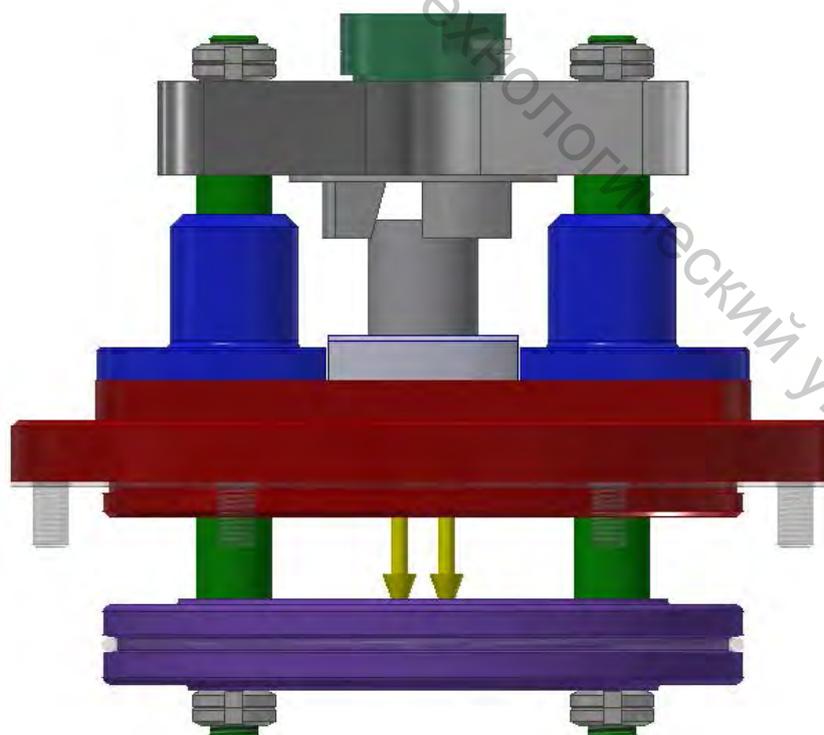


Рисунок 5.34 – Кондуктор для зенкерования отверстий.
Вид со скрытым цилиндром

1. С 1-го по 6-ой пункты из подраздела 5.5 валидны и для этого исследования.

2. Далее в дереве исследования в разделе «Контакты» – «Скольжение/Без разделения» меняем тип контакта на «Связано» для всех контактов, где не осуществляется никакого движения, либо трения друг о друга. К примеру, места соединения штифтов и гаек, гаек друг с другом, зажима с поперечиной. Также применяем контакт «Связано» между ребром зажимаемой втулки и зажимом (рис. 5.35). Для этого следует задать контакт вручную.

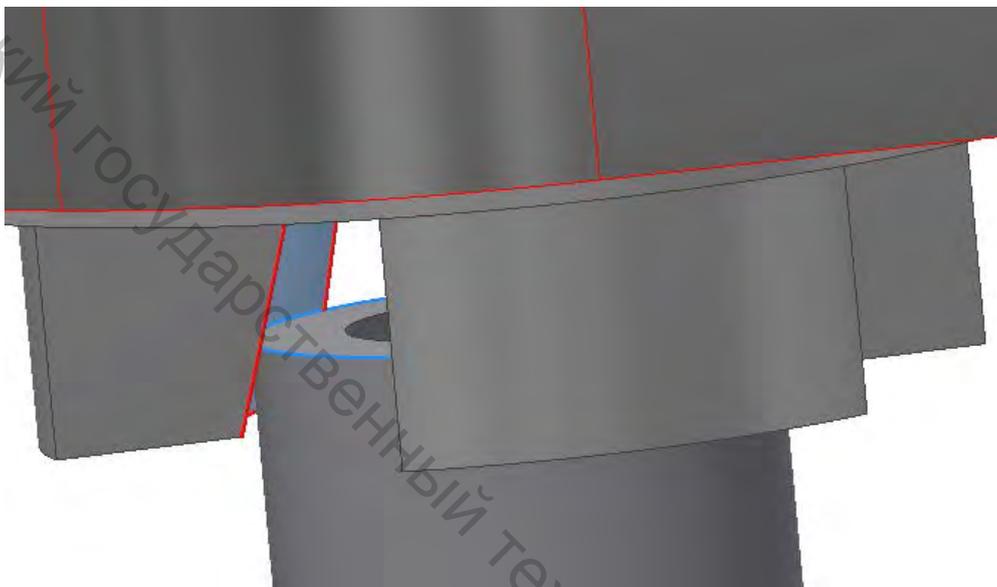


Рисунок 5.35 – Контакт между ребром зажимаемой втулки и зажимом

3. Приложить нагрузку к поршню пневмоцилиндра в 0,4 МПа, используя команду «Давление» в разделе «Нагрузки». Прикладываем нагрузку, как показано на рисунке 5.36.

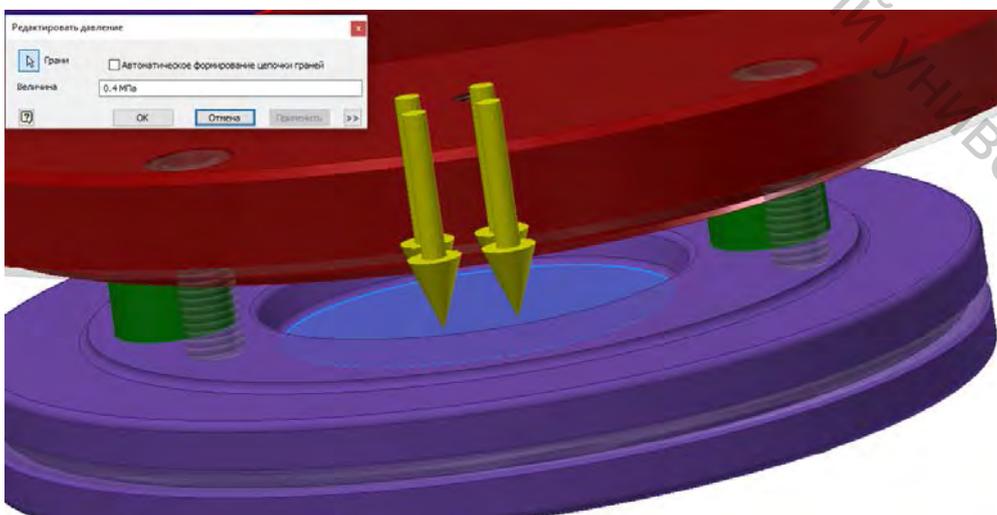


Рисунок 5.36 – Приложение нагрузки к поршню пневмоцилиндра

4. При необходимости можно настроить сетку в разделе «Сеть» – «Настройки сети». Либо применить локальную сетку при помощи команды «Элементы управления локальной сетки». Применяем локальную сеть для зажимаемого прутка для уточнения деформации при зажатии. Также можно нажать «Вид сетки» для расчета сетки заранее, но в этом нет необходимости, т.к. после нажатия «Моделировать», программа автоматически сначала рассчитает сетку.

5. Нажать «Моделировать», если нет никаких ошибок и отображается надпись: «Готово к запуску исследования» – «Выполнить».

6. Для отображения работы устройства и проверки корректного назначения контактов рекомендуется воспользоваться командой «Анимация» в разделе «Результат».

7. Для более наглядного отображение деформаций сборки под нагрузкой рекомендуется изменить значение отображения максимальной нагрузки в «Панели настройки цвета» в разделе «Отображение». В этом случае на 5 Мпа, т.к. до изменения сложно определить, где происходят деформации материала, пусть и незначительные.

8. Для лучшего отображения изменения сборки под действием нагрузки рекомендуется применить «Корректировку» 0,5x в разделе отображение (рис. 5.37).

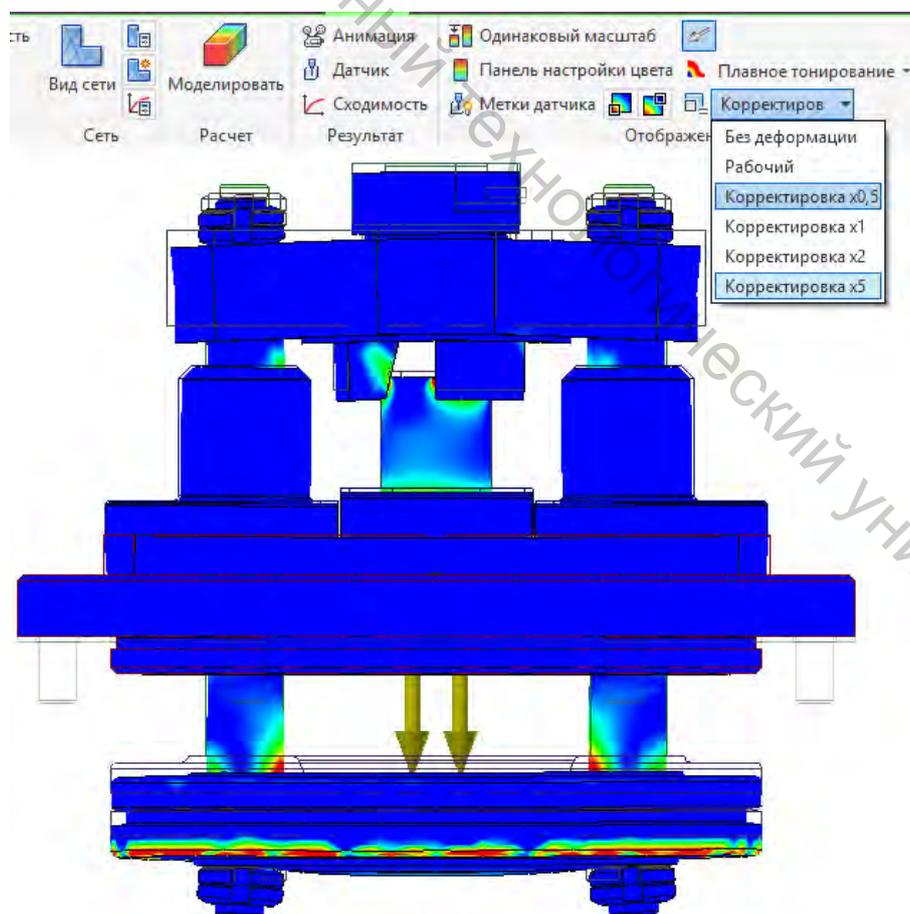


Рисунок 5.37 – Применение корректировки отображения результата анализа

9. Благодаря тому, что был задан вручную контакт «Связано» для втулки и зажима, нагрузка распределилась корректно. Для лучшего отображения, была выключена видимость некоторых элементов возле зажимаемой втулки. Как видно на рисунке 5.38, нагрузка распределяется равномерно и правильно.

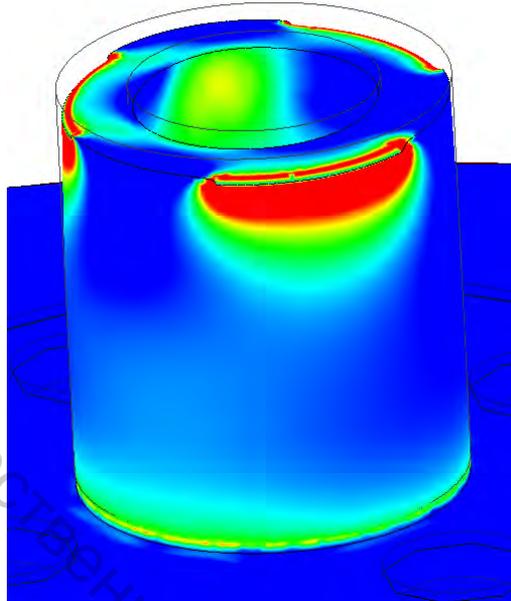


Рисунок 5.38 – Втулка под нагрузкой. Напряжение по Мизесу

Пример на головке пневматического патрона для зажима кольца по наружной поверхности

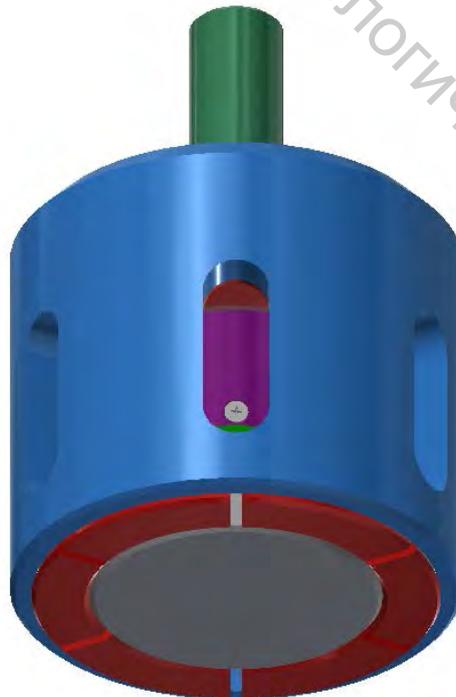


Рисунок 5.39 – Головка пневматического патрона для зажима кольца по наружной поверхности



Рисунок 5.40 – Головка пневматического патрона для зажима кольца по наружной поверхности. Вид с выключенной видимостью некоторых элементов

1. Пункты с 1-го по 6-ой из подраздела 5.5 валидны и для этого исследования.

2. Далее в дереве исследования в разделе «Контакты» – «Скольжение/ Без разделения» меняем тип контакта на «Связано» во для всех контактов, где не осуществляется никакого движения, либо трения друг о друга. К примеру, места соединения цанги и винта.

3. В данном приспособлении присутствует пружина. Но т. к. поверхности, между которыми она располагается, не контактируют, контакт не определяется автоматически. Следует назначить контакт вручную. Так как эти поверхности закрыты и визуального доступа к ним нет, следует отключить видимость Цанги и сделать Упор прозрачным. Далее выбрать назначение контакта вручную и, нажав ПКМ в месте нужной поверхности, выбрать требуемую грань (рис. 5.41). В момент выбора граней, они подсвечиваются. После выбора двух необходимых граней указывается тангенциальная и нормальная жесткости пружины.

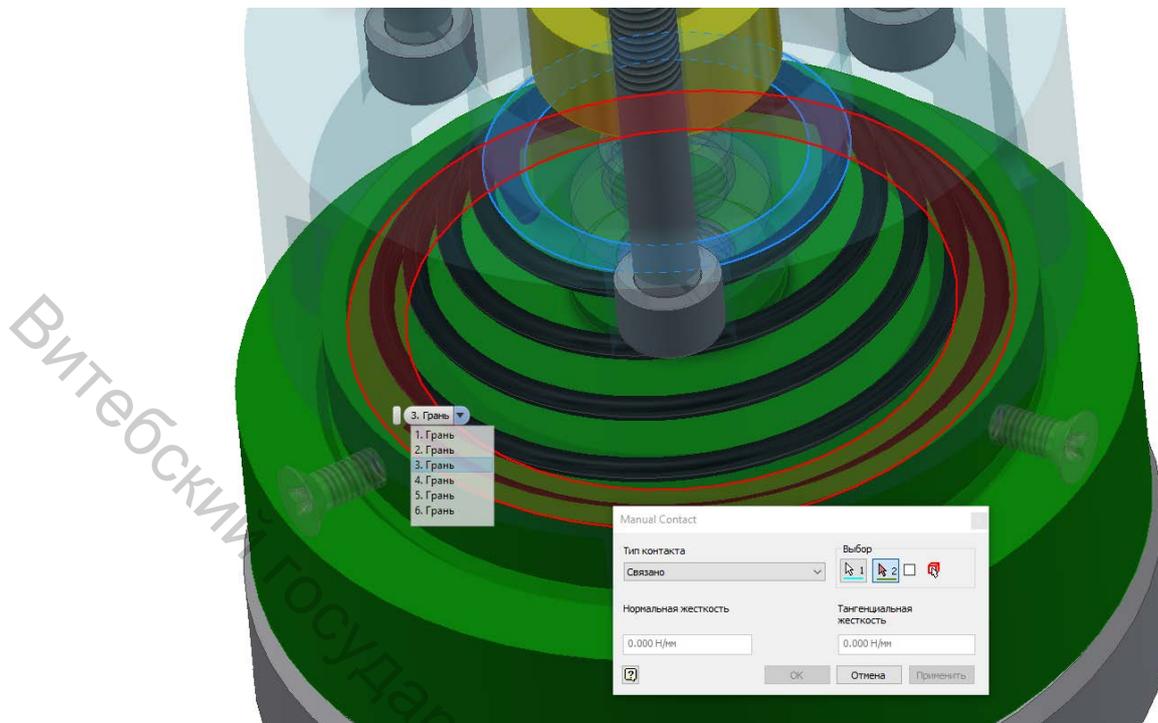


Рисунок 5.41 – Выбор необходимой грани

4. Прикладываем нагрузку к штоку (рис. 5.42). Используем «Давление» в 0,4 МПа, т. к. используется пневмоцилиндр. Чтобы направить давление в обратную сторону, нужно использовать отрицательное значение.

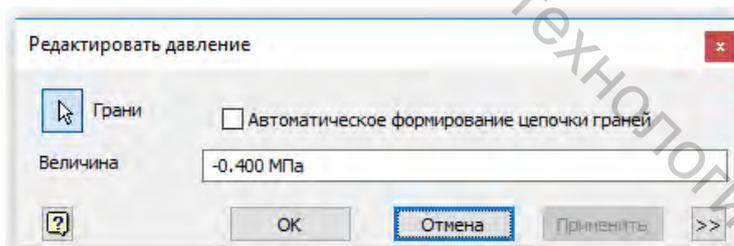


Рисунок 5.42 – Приложение нагрузки к штоку

5. При необходимости можно настроить сетку в разделе «Сеть» – «Настройки сети». Либо применить локальную сетку при помощи команды «Элементы управления локальной сетки».

6. Нажать «Моделировать». Если нет никаких ошибок и отображается надпись: «Готово к запуску исследования» – «Выполнить».

7. Для отображения работы устройства и проверки корректного назначения контактов рекомендуется воспользоваться командой «Анимация» в разделе «Результат».

8. Деформации при таком типе зажима минимальны. Напряжение по Мизесу не превышает 1 МПа. Изменяем значение отображения максимальной нагрузки в «Панели настройки цвета» в разделе «Отображение» на 0,2 МПа (рис. 5.43).

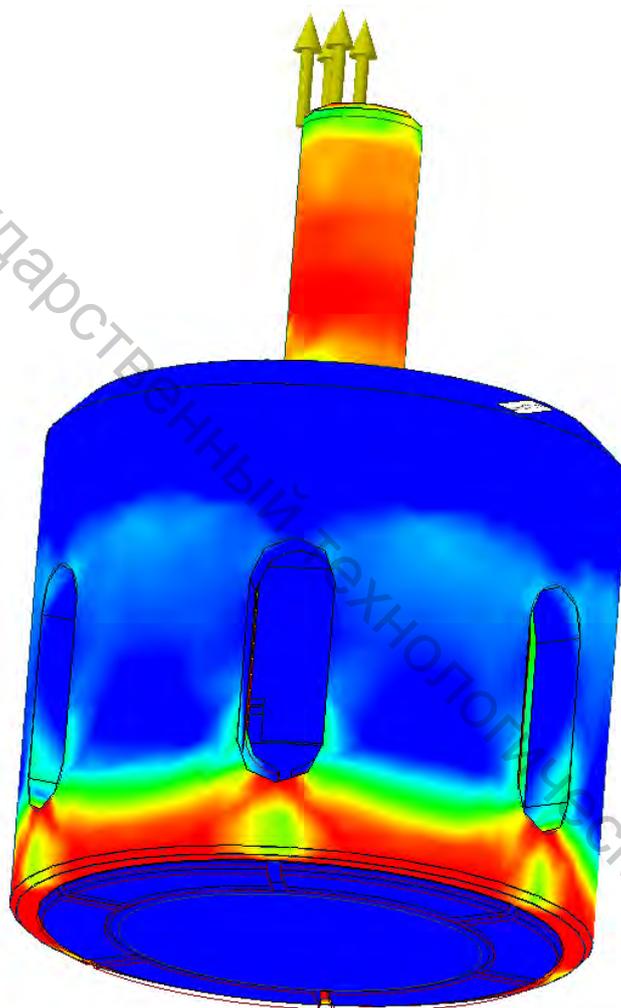


Рисунок 5.43 – Отображение результата «Напряжение по Мизесу»

9. Для лучшего отображения изменения сборки под действием нагрузки рекомендуется применить «Корректировку» 2x в разделе отображение.

10. Так как деформации минимальны, их отображение недостаточно наглядно. Следует переключиться на результат «Смещение» (рис. 5.44), где видно, как именно кольцо деформируется под нагрузкой.

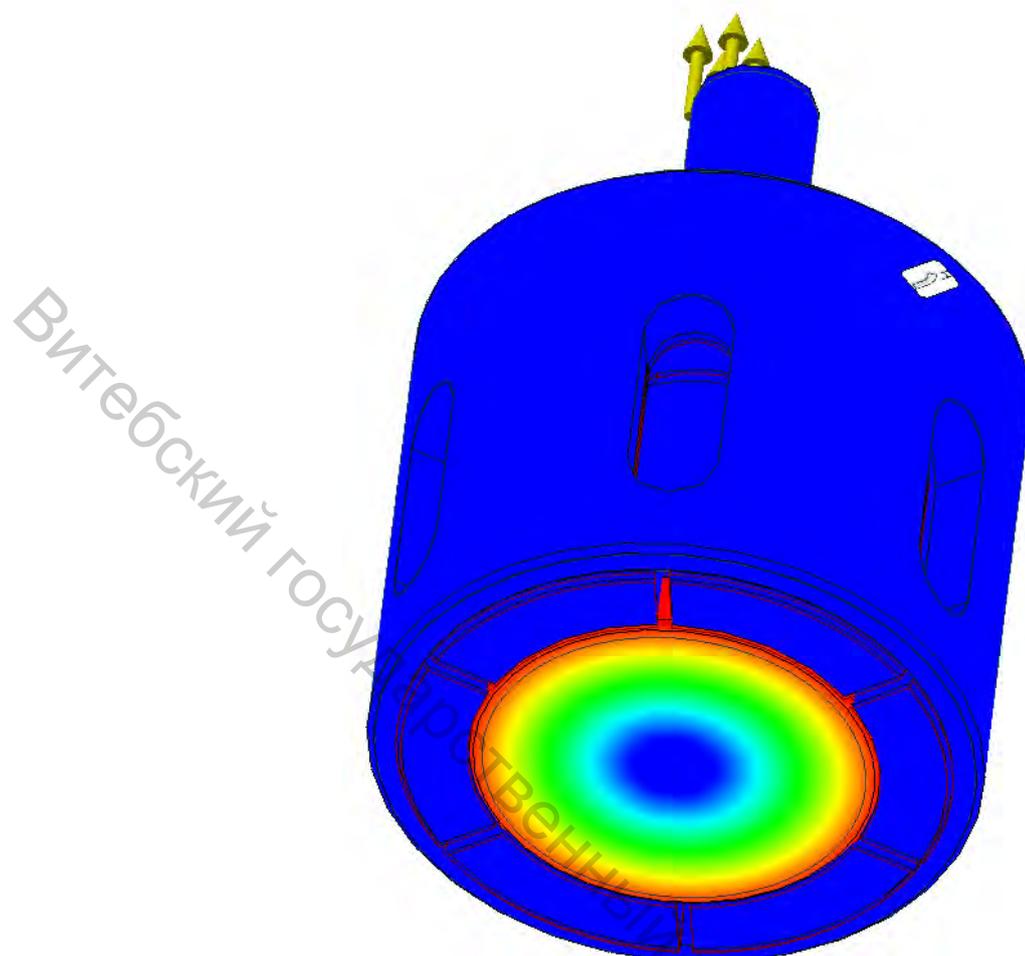


Рисунок 5.44 – Результат «Смещение»

Вывод

В данном разделе подробно рассмотрены все возможные в среде Autodesk Inventor виды контактов. Приведены наглядные примеры их применения и сути взаимодействия контактирующих элементов для каждого вида контактов. Создано руководство пользования анализом напряжений в среде Autodesk Inventor. А также проведены исследования реальных приспособлений в данной среде.

6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR НА ПРИМЕРЕ ВАЛА

Autodesk Inventor обладает рядом специализированных инструментов, которые позволяют проектировать общие машиностроительные компоненты.

Мастер проектирования является важным компонентом функционального проектирования. Он обеспечивает инженерный расчет и поддержку решений для идентификации стандартных компонентов или создания геометрии на основе стандартов. Команды Мастера проектирования упрощают процесс проектирования. Они автоматизируют выбор и создание геометрии, улучшают первоначальное качество проекта за счет проверки на соответствие требованиям к проектированию, а также повышают стандартизацию за счет выбора одинаковых компонентов для выполнения одинаковых задач.

Проектирование формы вала, добавление и вычисление нагрузок и опор, а также других расчетных параметров выполняется в генераторе компонентов вала.

В рамках практической работы, предлагается: создать вал и выполнить проверку прочности в Autodesk Inventor. Вал состоит из отдельных секций (цилиндра, конуса и многоугольника), включая конструктивные элементы (фаски, сопряжения, шейки и т. д.).

Методика проектирования вала

Создание однопользовательского проекта

1. Выберите  > «Управление» > «Проекты».
2. Для запуска мастера создания проектов выберите «Создать» в диалоговом окне «Проекты».
3. Выберите «Новый однопользовательский проект» и нажмите кнопку «Далее».
4. Введите имя и укажите папку для проекта в поле «Папка проекта (рабочего пространства)».

Убедитесь, что это новая папка, в которой нет никаких данных. По умолчанию Мастер создания проектов Inventor создает новую папку для файла проекта (IPJ), однако можно выбрать другую папку. Нажмите кнопку «Далее».

5. Выберите существующие библиотеки, добавьте их в проект и нажмите «Готово».

Создание файла сборки

1.  На панели инструментов быстрого доступа нажмите кнопку **Создать**.
2. На вкладке **Метрические** дважды щелкните файл **Standard (mm).iam**.

3.  На панели инструментов быстрого доступа нажмите кнопку **Сохранить** и сохраните файл сборки.

Проектирование вала

1. Для запуска генератора выберите на ленте вкладку «Проектирование» > панель «Привод» > «Вал» .

На вкладке **Проект** по умолчанию откроется генератор компонентов вала.

2. Щелкните в графическом окне для размещения вала. Теперь можно приступить к настройке вала.

Добавление элементов вала

При первом запуске генератора валов в нем по умолчанию содержится несколько сечений. Проектирование вала осуществляется путем изменения, удаления и добавления его сечений.

Сечения вала можно выбирать в области 2D-просмотра диалогового окна, в графическом окне или дереве.

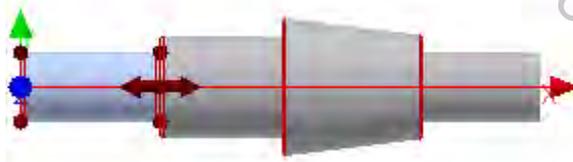
1. В области **Сечения** выберите в раскрывающемся списке пункт **Сечения**.

2. Выберите на дереве сечение **цилиндр 50 x 100**.

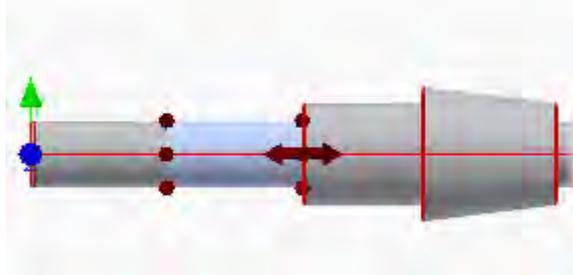


Примечание Одновременно можно выбрать только одно сечение.

Обратите внимание, что это сечение выделяется и в 2D-просмотре, и в графическом окне.



3. Нажмите на панели инструментов кнопку  **Вставить цилиндр**. Справа от выбранного элемента будет добавлено простое сечение вала.



Первое сечение цилиндра будет обозначено в дереве красным. В генераторе валов будет обнаружено сопряжение двух смежных сечений одинаковой ширины, которое не поддерживается. После изменения ширины одного из сечений вала сечение снова приобретет цвет по умолчанию.

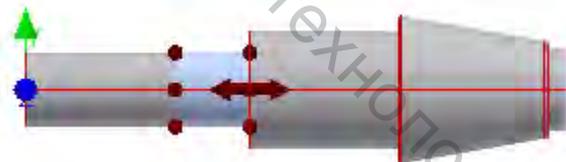
Определение параметров вала

Изменить параметры **размера** сечения вала можно с использованием одного из следующих методов редактирования.

1. В окне Autodesk Inventor дважды щелкните сечение вала.
2. В области **2D-просмотр** на вкладке **Проект** дважды щелкните сечение вала или щелкните правой кнопкой мыши и выберите в контекстном меню «Сечения» ► «Правка».
3. В структуре дерева на вкладке **Проект** нажмите кнопку  или дважды щелкните сечение или элемент.

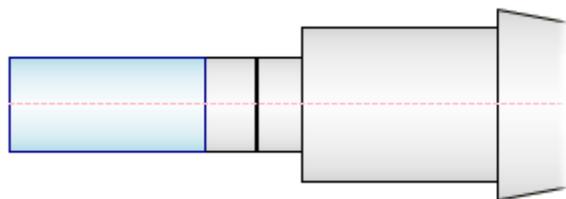
В данном случае используется первый метод.

1. Дважды щелкните предварительное изображение сечения вала в окне Autodesk Inventor.
2. В диалоговом окне «Цилиндр» оставьте без изменений значение **50 мм** в поле **Диаметр**, но измените значение в поле **Длина сечения** на **50 мм**.
3. Нажмите кнопку «ОК».

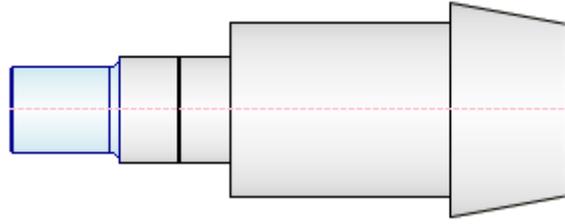


Изменение размеров первого сечения вала

1. Выберите **первое** сечение вала слева.
2. Для открытия диалогового окна «Цилиндр» дважды щелкните сечение в области **2D-просмотр** на вкладке **Проект**.



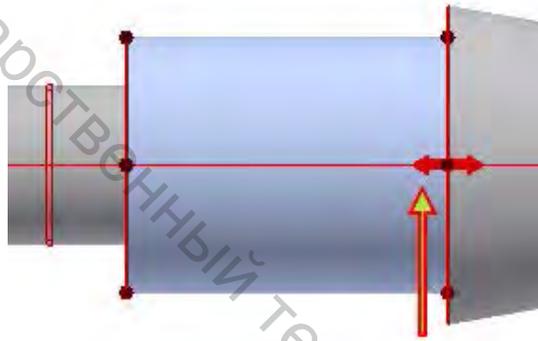
3. В диалоговом окне «Цилиндр» измените значение поля **Основной диаметр** на 40 мм, а значение поля **Длина сечения** – на 50 мм.
4. Нажмите кнопку «ОК».



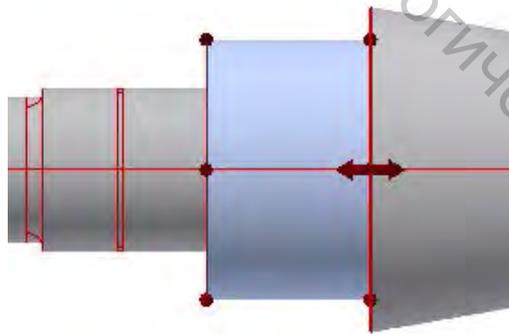
Изменение размеров третьего сечения вала

1. В окне Autodesk Inventor выберите третий элемент вала слева.
2. На этом шаге для изменения параметров сечения используется команда **3D-ручки**. Для данного сечения вала доступны две 3D-ручки. Обе они используются для изменения размеров.

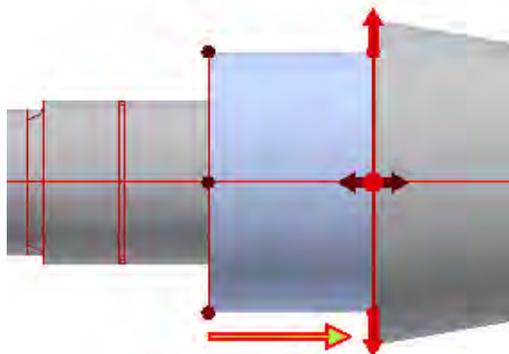
Дважды щелкните 3D-ручку **длины**, как показано на рисунке.



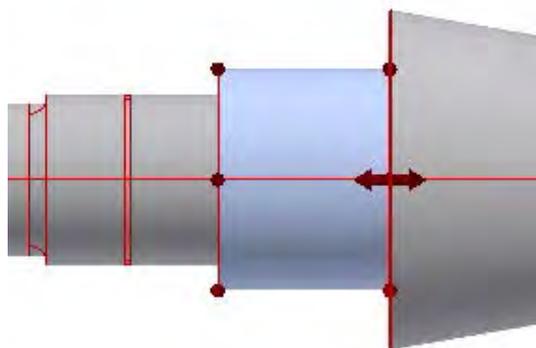
3. В диалоговом окне «Редактировать» введите новое значение **длины** 50 мм и нажмите кнопку Длина сечения изменяется.



4. Дважды щелкните 3D-ручку **диаметра**, как показано на рисунке.



5. В диалоговом окне «Редактировать» введите новое значение **длины** 65 мм и нажмите кнопку . Диаметр сечения изменяется.



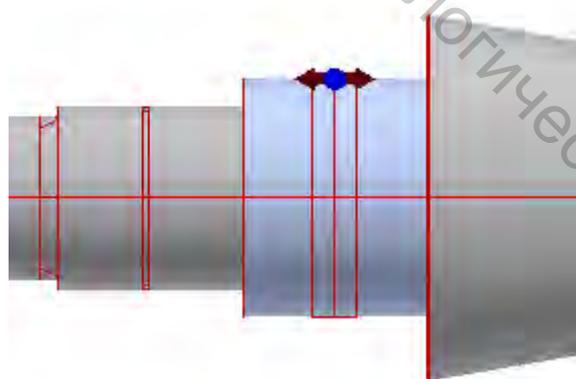
6. Теперь к выбранному сечению вала следует добавить сквозное отверстие.

В дереве становится активным третье сечение вала. Щелкните стрелку рядом с кнопкой для открытия списка доступных элементов для сечения вала, а затем выберите **Добавить сквозное отверстие**.

Отверстие по умолчанию добавляется в выбранное сечение. Для редактирования отверстия выберите его в структуре дерева и нажмите кнопку .

7. В диалоговом окне «Сквозное отверстие» задайте в поле **Диаметр отверстия** значение 12 мм. Убедитесь в том, что изменено значение параметра **Диаметр отверстия**, а не параметра **Основной диаметр**.

8. Нажмите кнопку «ОК».

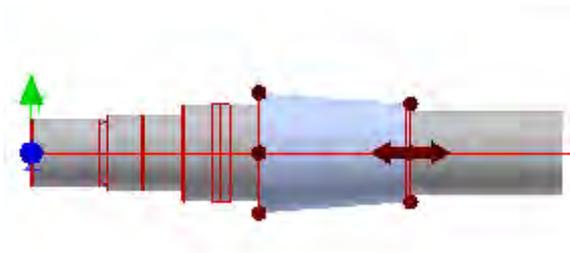


Изменение размеров сечения конуса

1. В окне Autodesk Inventor дважды щелкните сечение конуса. Откроется диалоговое окно «Конус».

2. Измените значение в поле **Первый диаметр** на 80 мм.

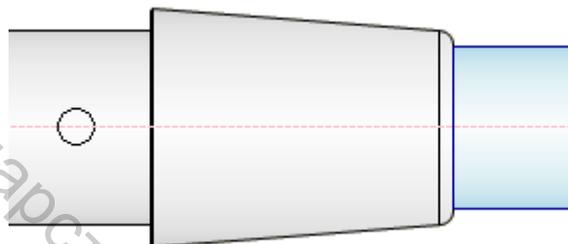
3. Нажмите кнопку «ОК».



Изменение размеров следующего сечения

При выполнении следующего шага для редактирования параметров сечения используется область **2D-просмотр** на вкладке **Проект**.

1. В области **2D-просмотр** выберите цилиндр, как показано на рисунке.



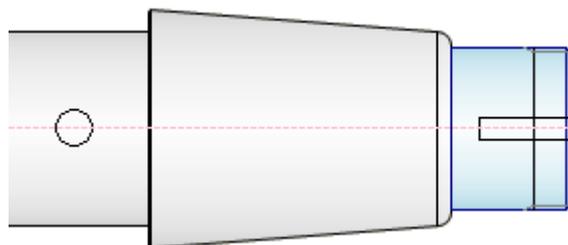
2. Щелкните правой кнопкой мыши для отображения контекстного и выберите **Сечения** > **Редактировать**. Откроется диалоговое окно «Цилиндр».

3. Измените значение поля **Длина сечения** на 40 мм и нажмите кнопку «ОК».

4. Теперь добавьте канавку контргайки правого ребра сечения к выбранному сечению вала. В дереве становится активным соответствующее сечение вала. Щелкните стрелку рядом с кнопкой  для открытия списка доступных элементов правого ребра, а затем выберите в списке пункт **Канавка контргайки**.

В выбранное сечение добавляется канавка контргайки по умолчанию, и открывается диалоговое окно «Канавка контргайки».

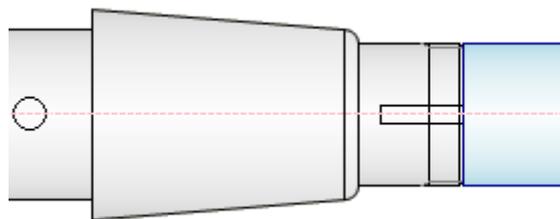
5. Измените значение поля **Длина резьбы** на 13 мм и нажмите кнопку «ОК».



Добавление и редактирование последнего сечения вала

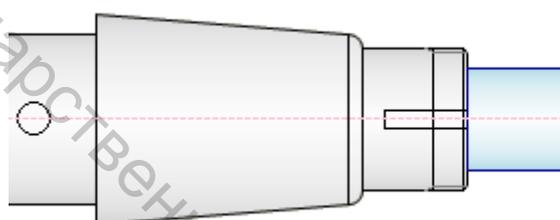
Для завершения создания формы вала необходимо добавить еще одно сечение.

1. Нажмите на панели инструментов кнопку  **Вставить цилиндр**. Цилиндрическое сечение вала будет добавлено справа от выбранного сечения.



2. Для отображения диалогового окна «Цилиндр» нажмите в структуре дерева кнопку .

3. Измените значение поля **Основной диаметр** на 40 мм и нажмите кнопку «**ОК**».



4. Добавьте стопорное кольцо к выбранному сечению вала. Щелкните стрелку рядом с кнопкой  для открытия списка доступных элементов для сечения вала, а затем выберите в списке пункт **Добавить стопорное кольцо**.

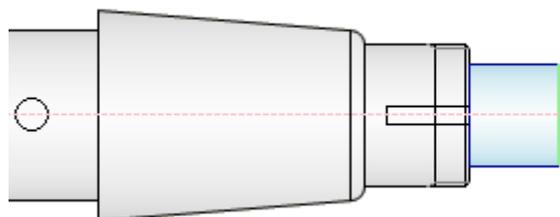
К выбранному сечению будет добавлено стопорное кольцо по умолчанию.

5. Нажмите кнопку , чтобы отобразить диалоговое окно «Канавка стопорного кольца» для редактирования параметров.

6. Для вставки стопорного кольца с правой стороны сечения цилиндра выберите в раскрывающемся меню пункт **Измерить от второго ребра**.

7. Воспользуйтесь вторым раскрывающимся списком, чтобы выбрать **DIN 471** в Библиотеке компонентов.

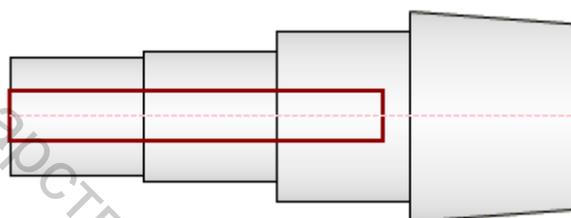
8. Установите в поле **Расстояние** значение 2 мм и нажмите кнопку «**ОК**».



Вставка цилиндрического отверстия

Можно также вставить цилиндрическое и коническое отверстия. В этом учебном пособии будет рассмотрена процедура вставки цилиндрического отверстия.

1. В области **Сечения** в раскрывающемся меню выберите **Отверстие слева**.
2. На панели инструментов нажмите кнопку  **Вставить цилиндрическое отверстие**.
3. Нажмите  для отображения диалогового окна редактирования.
4. Измените значение поля **Длина сечения** на 140 мм и нажмите кнопку **ОК**.



Вкладка «Расчет»

Выберите вкладку **Расчет**, которая содержит следующее:

- Предварительное изображение вала в двухмерном режиме на основе конфигурации, заданной на вкладке «Модель».
- Графические индикаторы нагрузок и опор.
- Панель инструментов для ввода нагрузок и опор.
- Области для определения материала вала и дополнительных свойств расчета.

Примечание. По умолчанию включен режим **2D-просмотр**. Для скрытия просмотра в двухмерном режиме выберите в поле **2D-просмотр** диалогового окна «Параметры» параметр **Всегда скрывать** и нажмите кнопку «ОК».

Определение опор

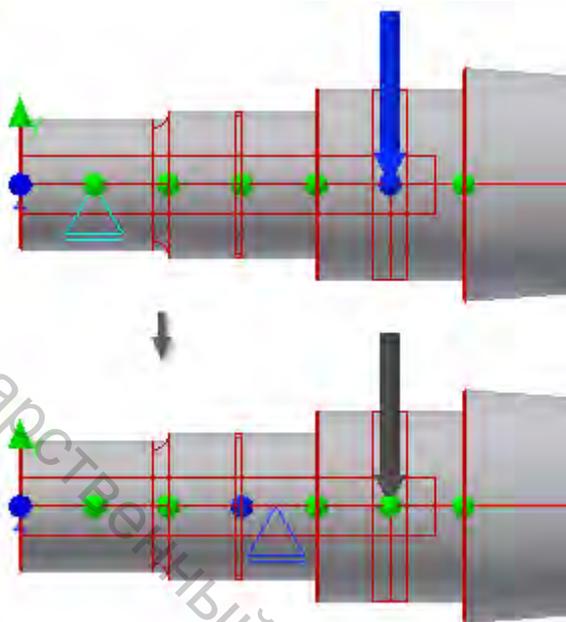
При переходе на вкладку **Расчет** обратите внимание на изменение режимов «2D-просмотр» и «3D-просмотр». Отображаются не только графические представления нагрузок и опор, но и маркеры положения зеленого и синего цвета.

Для каждого сечения в программе отображаются три маркера положения: по одному на каждом конце сечения и один в его центре. Маркер положения синего цвета свидетельствует о том, что нагрузки и опоры расположены в месте расположения этого маркера.

Примечание. Опоры представлены треугольниками. Нагрузки отображаются стрелками.

1. В раскрывающемся меню области **Нагрузки и опоры** выберите пункт **Опоры**.

2. Нажмите и удерживайте клавишу Alt. В окне Autodesk Inventor перетащите опору на второе сечение вала слева, как показано на рисунке.



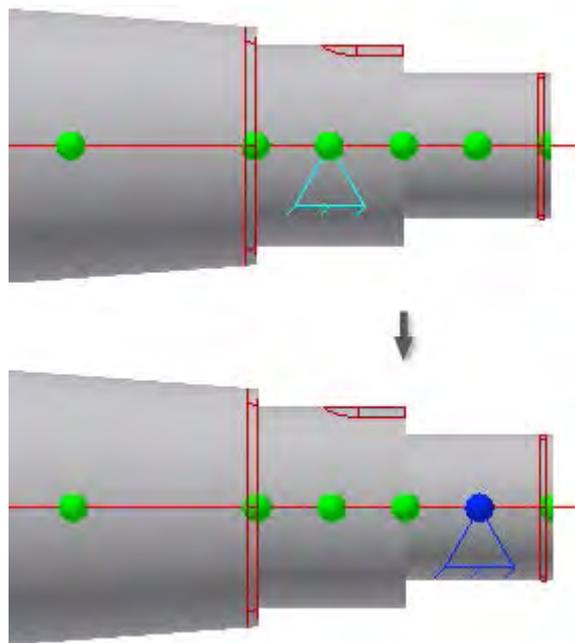
Ближайший синий маркер указывает на то, что в его направлении расположена опора.

Примечание. Если маркер расположен между двумя сечениями, одна его половина может быть синей, а другая – зеленой.

3. Дважды щелкните опору для открытия диалогового окна «Опора в свободном состоянии» и измените значение поля **Расстояние от середины сечения** на 1,5 мм, что является расстоянием от активного маркера положения до опоры.

4. Нажмите кнопку «ОК».

5. Удерживая нажатой клавишу Autodesk Inventor, перетащите в окне ProdName индикатор второй опоры к сечению вала, расположенному на правом конце вала, как показано на рисунке.



Определение нагрузок и выполнение расчета

1. В раскрывающемся меню области **Нагрузки и опоры** выберите пункт **Нагрузки**.

Радиальная сила вставляется по умолчанию, но ее требуется изменить на крутящий момент.

2. В структуре дерева выберите **Радиальная сила** и щелкните стрелку, расположенную рядом со значком.

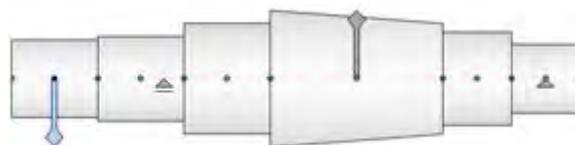


3. В появившемся списке выберите **Крутящий момент**. Откроется диалоговое окно «Крутящий момент». Введите в поле **Крутящий момент** значение 200 Н м и нажмите кнопку «ОК».

4. Для добавления второго крутящего момента нажмите на панели инструментов кнопку  **Крутящий момент**. В диалоговом окне «Крутящий момент» убедитесь в том, что в поле **Крутящий момент** указано значение – **200 Нм**, и нажмите кнопку «ОК».

Примечание. Сумма всех крутящих моментов должна быть равна **0**.

5. Положение крутящих моментов можно изменить. В диалоговом окне предварительного просмотра перетащите стрелки крутящих моментов к сечениям вала, как показано на рисунке.



6. Вызовите команду **Расчет**. Для просмотра результатов расчета нагрузок, опор и других значений разверните область **Результаты** в правой части вкладки **Расчет**.

7. Для просмотра диаграмм отдельных нагрузок на вал выберите вкладку **Графики**.

Совет. Щелкните значок  **Результат** для отображения отчета в формате HTML.

Вставка вала

Далее необходимо вставить готовый вал в сборку.

1. В диалоговом окне генератора компонентов вала нажмите кнопку **ОК**.
2. Щелкните в графическом окне для размещения вала.

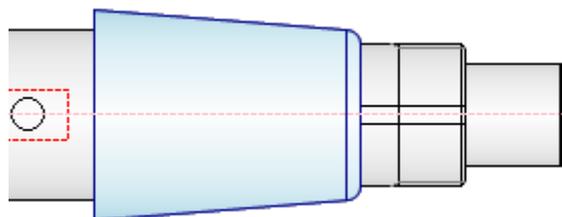


Редактирование вала

Вал можно редактировать после вставки.

1. Выберите вал в браузере или графическом окне, щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду  **Редактировать с помощью мастера проектирования**.

2. Убедитесь в том, что вкладка **Проект**, и выберите сечение конуса, как показано на рисунке.



3. Для отображения диалогового окна «Конус» дважды щелкните выбранное сечение конуса в области **2D-просмотр**.

4. Задайте в поле **Первый диаметр** значение 100 мм, а в поле **Длина сечения** – значение 90 мм. Для закрытия диалогового окна «Конус» нажмите кнопку **ОК**.

5. В диалоговом окне генератора компонентов вала нажмите кнопку **ОК**. К валу будут применены внесенные изменения.



Выводы. Таким образом, на примере использования «Генератора компонентов вала» были рассмотрены следующие вопросы:

1. Запуск «Генератора вала».
2. Настройка вала.
3. Задание нагрузки и опор.
4. Указание значений нагрузки.
5. Вставка вала.
6. Редактирование вала.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту, как правило, должна включать:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- оглавление;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4.

Расчетно-пояснительная записка и графический материал оформляются в соответствии с требованиями действующей редакции

ГОСТа 7.32-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и данными методическими указаниями.

Графическая часть курсового проекта по решению кафедры может быть представлена в электронном виде.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи проектирования.

Основная часть расчетно-пояснительной записки должна соответствовать разделу 2 данных методических указаний по курсовому проектированию.

При выборе материала детали изделия, технологии производства и оборудования следует учитывать, что аддитивное производство является стремительно развивающейся отраслью. Поэтому печатные материалы зачастую являются неактуальными на время выполнения курсового проекта.

Поэтому при выполнении курсового проекта рекомендуется делать выбор с помощью интернет-ресурсов производителей материалов и технологического оборудования [19–24].

Положительным является умение обучающегося самостоятельно находить информацию о передовых производителях материалов, технологий и оборудования, а также умение сравнивать преимущества и недостатки их продукции.

Названия разделов не должны дублировать название темы курсового проекта, а заголовки быть лаконичными и соответствовать содержанию работы.

В заключении кратко излагаются итоги проектирования в соответствии с целью и конкретными задачами, обозначенными во введении, формулируются основные результаты и выводы.

Список использованных источников содержит библиографическое описание источников, использованных для проектирования. На все источники в тексте расчетно-пояснительной записки должны быть даны ссылки. Не допускается включать в список источники, ссылки на которые в расчетно-пояснительной записке отсутствуют.

В приложение могут включаться материалы иллюстративного, вспомогательного характера, необходимые проектные документы, листинги программных продуктов и материалы, размещение которых в основной части нецелесообразно. Также в приложении размещаются копии проектных документов с ведомостью документов, если их разработка предусмотрена заданием на проектирование.

Выполненный в полном объеме и допущенный к защите курсовой проект (курсовая работа) предоставляется на защиту в папке-скоросшивателе или в переплетенном виде.

8 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится в соответствии с положением № 62 от 30.08.2018 г. «О порядке организации курсового проектирования и защиты курсовых проектов (курсовых работ)».

Защита курсового проекта проводится с целью проверки знаний и навыков обучающегося по дисциплине, умения определять цель и ставить задачи, логично излагать материал, обосновывать предложенные решения, вести дискуссию и отвечать на заданные вопросы.

Если обучающийся, защищающий свой проект, демонстрирует высокие профессиональные знания, отметка может быть повышена, но не более чем на один балл, т. к. оценивается не только защита, но и содержание работы.

Незнание обучающимся материала, которое может быть выявлено при защите курсового проекта, дает основание снизить отметку вплоть до неудовлетворительной, если становится очевидной несамостоятельность выполнения работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации . Общие положения – Взамен ГОСТ 2.001-93 ; введ. 01.06.2014. – Москва : Стандартиформ, 2014 – 8 с.
2. ГОСТ 2.101-2016. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды изделий (с Поправкой). – Взамен ГОСТ 2.101-68 ; введ. 01.03.2017. – Москва : Стандартиформ, 2018 (переиздание). – 18 с.
3. ГОСТ Р 57910-2017. Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции. – Введ. 07.11.2017. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 4 с.
4. ГОСТ Р 57556-2017. Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний. – Введ. 01.12.2017. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 39 с.
5. ГОСТ Р 57558-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения. – Введ. 01.07.2017. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 42 с.
6. ГОСТ Р 57589-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы - часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. – Введ. 12.01.2017. – Москва : Стандартиформ, 2017 (переиздание). – 8 с.
7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т. 1 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение : Машиностроение-1, 2006. – 928 с.
8. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т. 2 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение : Машиностроение-1, 2006. – 960 с.
9. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т. 3 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение : Машиностроение-1, 2006. – 928 с.
10. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении : пособие для инженеров / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш ; Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ». – Москва : ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 217 с.
11. Интегрированные системы проектирования и управления в машиностроении. Структура и состав : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств» / Т. Я. Лазарева [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 235 с.
12. Клименков, С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования

по машиностроительным спец. / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание ; Москва : Инфра-М, 2013. – 268 с.

13. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – Москва : Высшая школа, 2004. – 519 с.

14. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / О. С. Комаров [и др.] ; под общ. ред. О. С. Комарова. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : Новое знание, 2009. – 671 с.

15. Материаловедение. Практикум : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. С. Кушнер [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 207 с.

16. Нилова, В. И. Инженерная графика с элементами конструирования (ИГ с ЭК). Проблемно-алгоритмические технологии обучения : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы». Ч. 1 : Имитационная игра «Работа с чертежами в процессе изготовления изделий» по теме «Виды изделий и конструкторских документов» / В. И. Нилова, О. В. Терновская, В. А. Нилов ; под общ. ред. В. И. Ниловой. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 219 с.

17. Патентная защита инженерных решений : методические указания к лабораторной работе для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / УО «ВГТУ» ; сост. Н. В. Путеев, А. Л. Климентьев. – Витебск, 2014. – 16 с.

18. Пейсахов, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебное пособие / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. – Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2003. – 407 с.

19. Most used 3D printing technologies worldwide 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/560304/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies>. – Дата доступа: 16.02.2023.

20. 3D Printing Trends In 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cadcam.org/blog/3d-printing-trends-in-2022/>. – Дата доступа: 16.02.2023.

21. HP Metal Jet S100 3D Printing Solution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/products/metal-jet.html/>. – Дата доступа: 16.02.2023.

22. Manufacturing for Our Future [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://directory.imts.com/8_0/explore/products.cfm?sortfield=dateinserted_t&sortdirection=desc&classification=2,3/. – Дата доступа: 16.02.2023.

23. Metal powder solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hoganas.com/en/>. – Дата доступа: 22.02.2023.

Приложение А

ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
технологический университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Конструирование и расчет изделий»
на тему « _____ »

Выполнил:

студент факультета ИТР

группы ТТ _____

подпись

Ф.И.О.

Проверил:

Руководитель _____

Ф.И.О.

ученая степень, ученое звание, должность

Ф.И.О.

отметка о допуске к защите

« _____ » _____ 20 _____ г. _____

дата

подпись руководителя

Витебск, 20

Приложение В

ФОРМА ГРАФИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

«Технология
машиностроения»

подпись

Ф.И.О.

« ____ » _____ 20 ____ г.

ГРАФИК

выполнения курсового проекта

Факультет ИТР. Группа ТТ

Кафедра «Технология машиностроения»

Дисциплина «Конструирование и расчет изделий»

<i>№№ п/п</i>	<i>Содержание этапа курсового проекта</i>	<i>Сроки выполнения</i>
1	Выбор задания курсового проекта	05.09.2023-14.09.2023
2	Разработка плана курсового проекта	15.09.2023-25.09.2023
3	Изучение информационных источников по теме	26.09.2023-10.10.2023
4	Написание первого раздела курсового проекта	11.10.2023-01.11.2023
5	Написание второго раздела курсового проекта	02.11.2023-20.11.2023
6	Написание третьего раздела курсового проекта	21.11.2023-10.12.2023
7	Написание заключения и оформление курсового проекта	11.12.2023-16.12.2023
8	Предоставление на проверку курсового проекта руководителю	17.12.2023-21.12.2023
9	Защита курсового проекта	22.12.2023-26.12.2023

Руководитель _____

подпись

Учебное издание

Конструирование и расчет изделий

Методические указания по выполнению курсового проекта

Составители:

Путеев Николай Владимирович
Окунев Роман Владимирович
Латушкин Дмитрий Григорьевич

Редактор *А.В. Пухальская*
Корректор *А.В. Пухальская*
Компьютерная верстка *Д.Г. Латушкин*

Подписано к печати 27.03.2023. Усл. печ. листов 3,4.
Уч.-изд. листов 4,4. Заказ № 94.

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