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

BATROCKANA TOCKET ТЕОРИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО проектирования Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Витебск 2023 УДК 621.7

Составитель :

Стрекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 8 от 28.04.2023.

BC1 CHRBCTBCHHHBM TOTAL проектирования : методические Теория автоматизированного указания по выполнению лабораторных работ / сост. : А. Л. Климентьев. -Витебск : УО «ВГТУ», 2023. – 43 с.

Методические указания являются руководством по выполнению лабораторных работ по учебной дисциплине «Теория автоматизированного проектирования». Изложены содержание, методика и порядок выполнения работ, приведен пример проектирования корпусной детали средствами системы автоматизированного проектирования. Предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

Издание в электронном виде расположено в репозитории библиотеки УО «ВГТУ».

УДК 621.7 © УО «ВГТУ», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
|---|-----|
| РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СРЕДСТВАМИ САПР | 5 |
| 1.1 Общие сведения по разработке электронных моделей деталей | 5 |
| 1.2 Общие сведения по настройке среды проектирования и параметров | |
| приложения | 6 |
| 1.2.1 Настройка рабочего пространства проекта | 6 |
| 1.2.2 Настройка параметров приложения | 9 |
| 1.2.3 Использование шаблонов | 12 |
| 1.3 Порядок разработки 3D-модели детали | 13 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ДЕТАЛИ | 38 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ СБОРКИ | 39 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ СХЕМЫ | |
| СБОРКИ-РАЗБОРКИ | 39 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ВАРИА | HTA |
| ЧЕРТЕЖА СБОРКИ | 400 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ ДЕТАЛИ ПО |) |
| ВАРИАНТАМ | 400 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 422 |
| Ky L | |
| J. | |
| 14p | |
| | ~ |
| | 4 |
| | COX |
| | |

введение

учебной «Теория В рамках дисциплины автоматизированного проектирования» предусмотрено в соответствии с программой выполнение моделей различных объектов ряда работ по разработке электронных проектирования по тематикам, связанным с системами автоматизированного проектирования, системами геометрического моделирования, автоматизацией технической подготовки производства, современными системами автоматизированного проектирования и подготовки производства.

Тематика работ, связанная с разработкой 3D-модели детали, 3D-модели сборки, 3D-модели схемы сборки-разборки, электронного варианта чертежа сборки, представляет собой пример реализации последовательности этапов проектирования изделия с разработкой электронной модели изделия и его компонентов в соответствии с требованиями, предъявляемыми нормативными [1-7], и общепринятыми нормами документами автоматизированного и проектирования геометрического моделирования средствами систем автоматизированного проектирования (САПР).

Тематика работы, связанная с разработкой 3D-модели детали по вариантам, предполагает применение полученных навыков по трехмерному моделированию к разработке электронной трехмерной модели детали в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Общей целью изучения учебной дисциплины является закрепление и развитие специализированной компетенции: СК-1.3 «Знать виды систем автоматизированного проектирования (САПР), элементы системотехники, способы алгоритмизации технологических задач, методы моделирования при конструкторском проектировании, виды обеспечения САПР».

M AR C2 HI CKMM KHMB CKMM KHMB CMTC2 CMTC2

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СРЕДСТВАМИ САПР

1.1 Общие сведения по разработке электронных моделей деталей

Создание электронных трехмерных (3D) моделей объектов (деталей и изделий) является альтернативным традиционному черчению подходом к инженерному проектированию. Геометрическое моделирование таких объектов подразделяют на каркасное, поверхностное и твердотельное моделирование.

В системах автоматизированного проектирования в машиностроении и смежных отраслях в качестве основного вида геометрического моделирования используется твердотельное моделирование. Как отмечают, твердотельное моделирование в отличие от каркасного и поверхностного при проектировании промышленных изделий позволяет однозначно интерпретировать корректность модели, что подтверждается возможностью создания ее физического макета и расчета по модели объемно-массовых характеристик проектируемого изделия [9].

Для представления трехмерной твердотельной модели объекта можно использовать различные способы: декомпозиционный, граничный и конструктивный.

Конструктивное представление объемного тела (CSG, *англ*. Constructive Solid Geometry) заключается в рекурсивном описании тела в виде результата булевых теоретико-множественных операций (объединения, разности, пересечения), примененных к параметрическим примитивам [9].



Рисунок 1 – Представление объемного тела на основе CSG-модели [источник: 9]

1.2 Общие сведения настройке среды проектирования ПО И параметров приложения

В для разработки электронной модели объекта качестве среды проектирования можно использовать Autodesk Inventor, который представляет собой семейство функционального трехмерного продуктов для машиностроительного проектирования и конструирования. Autodesk Inventor является основой технологии цифровых прототипов Autodesk.

Для запуска приложения можно воспользоваться ярлыком на рабочем столе My COCYPIG



или ярлыком в папке «Пуск» (например, по следующему пути Пуск / Все программы / Autodesk / Autodesk Inventor 2012 / Autodesk Inventor 2012 Professional).

В результате откроется окно приложения.



1.2.1 Настройка рабочего пространства проекта

В Autodesk Inventor работа ведется проектами. Проектом является информационное пространство (папка), в котором находится электронные модели и документы, связанные с некоторым объектом проектирования (или обособленные по иным принципам).

Для выбора проекта необходимо на ленте инструментов приложения в разделе «*Начало работы*» выбрать команду «*Проекты*».



После чего откроется окно «Проекты». В верхней части окна расположен список доступных проектов (следует отметить, что список доступных проектов формируется с привязкой к локальному рабочему месту). Ниже располагаются окно параметров текущего (выделенного) проекта и кнопки основных команд работы с проектами.



Текущий проект отмечен слева от названия проекта в окне списка проектов.

По умолчанию активным является проект *Default*. Для смены активного проекта достаточно в окне списка проектов двойным кликом мыши на названии нужного проекта переместить отметку активного проекта на нужный проект из списка. В случае отсутствия нужного проекта в списке проектов можно открыть ранее созданный проект, выбрав кнопку [*Обзор*...] и найдя в открывшемся окне проводника нужный файл проекта. Также можно создать новый проект, выбрав кнопку [*Создать*] в окне «Проекты».

Для создания нового проекта используется мастер создания проектов Inventor. На первом этапе работы мастера создания проектов необходимо указать тип проекта, например, «Новый однопользовательский проект».

| | Мастер создания проектов Inventor ГТип создаваеного проекта? О Новый проект хранилища О Новый однопользовательский проект | × |
|-------|--|---|
| | | |
| 47.00 | Далее Ботово Отнена | |

Далее (после нажатия кнопки [Далее]) на втором этапе необходимо в соответствующем поле указать имя проекта (обычно имя проекта связано с объектом проектирования) и выбрать папку проекта (рабочего пространства).

| | Мастер создания проектов Inventor | I |
|--------------|--|---|
| 2 | Файл проекта | |
| \mathbf{Q} | Имя | |
| | Имя проекта | |
| | Палка проекта (рабочего пространства) | |
| | С: {Users {Klimentyev \Documents \Inventor {Имя проекта \ | l |
| | Полный путь | l |
| | C:\Users\Klimentyev\Documents\Inventor\Имя проекта\Имя проекта.ipj | |
| | | |
| | | |
| | 1L | |
| | 7 | l |
| | <u> </u> | l |
| | Q1 | l |
| | TA. | |
| | Р Назад Далее Готово Отмена | |
| | | |

Для выбора папки проекта можно ввести полный путь к папке в соответствующем поле или нажать на кнопку [...] и выбрать в открывшемся окне проводника нужную папку (при этом, при необходимости, в этом окне можно создать новую папку).

| Х Обзор папок |
|---|
| Выберите папку для проекта |
| Рабочий стол В Библиотеки В Библиотеки В Компьютер В System (C:) В _ (C:) В _ (Imentyev (\dune.edu\Terra_Space\HOME) (В _ (C:) В _ (C:) В _ (Cinc) В _ (Cinc) В _ (Imentyev (\dune.edu\Terra_Space\HOME) (В _ (Cinc) В _ |
| |

ВНИМАНИЕ! При работе в локальной сети университета папка проекта должна быть размещена на сетевом диске, подключенном для текущего пользователя в качестве личного сетевого ресурса (сетевой папки).

По умолчанию папка проекта размещается на локальном диске конкретного рабочего места и будет недоступна с другого рабочего места

После выполнения необходимых действий следует завершить работу мастера создания проектов нажатием кнопки [Готово].

| | Мастер создания проектов Inventor | X |
|------------|--|---|
| B47.00 | Файл проекта Имя ТАП Папка проекта (рабочего пространства) Н:\ТАП Полный путь Н:\ТАП\ТАП.ipj | |
| CKM4 TOCYT | Э Назад Далее Готово Отдена | |

После завершения работы мастера создания проектов в списке проектов окна «Проекты» появится созданный проект, при этом он станет активным.

| ИМ | ия проекта 🛛 🗸 | Расположение проекта | |
|----|--|---|---|
| ✓ | Logic 2012 Samples Railing iLogic Sample Advanced Railing iLogic Sample Basic TAIT | C: \USers\Public\Documents\Autodesk\Inventor 2012\Samples\Logic Samples\ C: \USers\Public\Documents\Autodesk\Inventor 2012\Samples\Logic Samples\Railing C: \USers\Public\Documents\Autodesk\Inventor 2012\Samples\Logic Samples\Railing H:\TAT\ | |
| + | Проект Тип = Однопользовательский Васположение = H:[ТАП\ Васокенный файл = Использовать библиотеку стил Рабочее пространство Групповые пути поиска Библиотеки Фасто вспользуемые папки | ей = Только для чтения | |
| + | Параметры | | - |

1.2.2 Настройка параметров приложения

'AB@DCUTCT В Autodesk Inventor (так же, как и в других САПР) для удобства работы пользователя можно в соответствии с индивидуальными предпочтениями настроить параметры приложения и параметры процесса моделирования.

Для настройки параметров приложения необходимо на ленте инструментов приложения в разделе «Инструменты» выбрать команду «Параметры приложения».

| | _ | Au | todesk Inventor Professional 2012 |
|---|------------------------------|------------------------------|---|
| начано работы Инструменты 📼 🔹 | | | AND IN THE OWNER WITH THE REAL PROPERTY. |
| Параметры приложения созення: Связия 🖓 Макросы Приложения созення: 🕂 Надстройки | Редактор Пакетная публикация | 🕒 Копирование проекта iLogic | Streamline Библиотека компонентов поставщика |
| Настройки 👻 | Библиотека компонентов | iLogic | Интернет 🖝 |

В открывшемся окне «Параметры приложения» настраиваемые параметры сгруппированы по вкладкам.

Для первоначальной настройки параметров Autodesk Inventor можно рекомендовать на вкладке «Эскиз» выставить флажки (CheckBox) в соответствии с примером.

| Общие Сохранение | Файлы | Цвета | Экран | Оборудование Запросы | ы Сборка |
|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|---|------------|
| иблиотека компонентов | Чертеж | Эскиз | Деталь | Параметрический элемент | Примечания |
| D эскиз —— | | | | | |
| Приоритет наложения зав | исимостей — | | Отображат | ь на экране | |
| • Параллельно-перпенд | икулярно | | 🔽 Линии с | етки | |
| С Горизонтально-вертин | кально | | 🗹 Дополн | ительные линии сетки | |
| | | | 🔽 Оси | | |
| Избыточные размеры | | | 🔲 Знак си | стемы координат | |
| Применить справочны | й размер | | 👝 Отобра | жать зависимости совмещения г | ри |
| Выводить пред упрежи | ления | | создани | Magurah aharuputu ya | |
| | X | | 1 | масштао осозначения для зависимостей и стереней своб | 0.0.51 |
| | | , | | | |
| Метод сглаживания | | 0/. | Экранный и | ндикатор | |
| Стандартный | | 4 | 🛛 🗹 Включи | ть экранный индикатор | |
| C AutoCAD | | | Пар | аметры | |
| О Минимальная энергия | - натяжение | по | ÍQ. | | |
| умолчанию | | | | | |
| | | | | X | |
| 0 | | 100 | | | |
| Привязка к узлам сетки | | | | | |
| | | u al a | | | |
| | | | | 41 | |
| | ер при созда | пии кривои | | · Yo | |
| Автопроецирование рео | ер при созда | нии и редак | тировании эс | KU30B | s. |
| Ортогональный вид на з — | скизе | | | 9 | k, |
| Автопроекция исходной | точки детал | и на новый : | эскиз | | 4,0 |
| Выравнивание точек | | | | | 9 |
| D эскиз | | | | | |
| Автосопряжение с созда | анием 3D отре | езков | | | |
| | | | | | 1 |

На вкладке «Деталь» в разделе «Автоматическое создание эскиза» рекомендуется установить переключатель (RadioButton) перевести в положение «Не создавать».

| | Параметры приложения |
|----------|---|
| | Общие Сохранение Файлы Цвета Экран Оборудование Запросы Сборка Библиотека компонентов Чертеж Эскиз Деталь Параметрический элемент Примечания |
| | Автонатическое создание эскиза © Не создавать © В плоскости X-Y © В плоскости X-Z © В плоскости X-Z |
| | Скрывать промежуточные рабочие элементы Автопоглощение рабочих элементов и элементов поверхности |
| \wedge | Отобразить подробную информацию после имени узла элемента в обозревателе |
| 4 | ЗD ручки ↓ Включить 3D ручки |
| | 🔽 Отображать ручки при выборе |
| -0- | Размерные зависиности С не отменять • • не разрывать |
| Ch | © Отменять, если нет формулы С Разрывать всегда С Отменять всегда С Запрос |
| 74 | C Sanpoc |
| 1 | Редактировать базовое твердое тело с помощью |
| C | плуептог Fusion (реконендуется) С Предыдущей вероии среды редактирования твердых тел |
| | 430C |
| | Импорт Экспорт Закрыть Отмена Применить |

Также, при необходимости, можно настроить используемую цветовую схему для приложения.



ПОЛЕЗНО! Для получения рисунков с целью дальнейшего использования в документах и последующей печати этих документов целесообразнее использовать цветовую схему «Презентация» и в поле «Фоновые компоненты» перевести переключатель в положение «1 цвет», как представлено выше в примере.

1.2.3 Использование шаблонов

Для создания нового файла в Atuodesk Inventor необходимо на ленте инструментов приложения в разделе «Начало работы» выбрать команду «Создать».



B470 При создании нового файла можно использовать один из нескольких рабочем предустановленных шаблонов, на месте выбор которого осуществляется на вкладке «По умолчанию» в окне «Новый файл».

зависимости от конфигурации приложения на рабочем месте количество и состав установленных шаблонов может меняться. Также следует отметить, что на вкладках окна «Новый файл» установленные шаблоны сгруппированы на шаблоны по умолчанию, шаблоны дюймовые (Британские), метрические и шаблоны дополнительных инструментов шаблоны проектирования (в примере Mold Design).

Основным шаблоном для создания трехмерных моделей деталей является шаблон «Обычный.ipt».



Шаблон для создания электронной модели детали.

Обычныі



Шаблон для создания электронной схемы сборки-разборки (разнесенной схемы, «взрыв-схемы») Обычный

💶 Шаблон для создания электронного чертежа (в нативном формате Autodesk Inventor).

ЛистМат

Шаблон для создания электронного чертежа (в формате Autodesk AutoCAD). Обычный

Шаблон для создания электронной модели детали из листового материала (металла).

1.3 Порядок разработки 3D-модели детали

Рассмотрим порядок разработки 3D-модели детали на примере детали «Корпус», рисунок 2.



Рисунок 2 – Корпус

На первом этапе в выбранной базовой плоскости системы координат модели необходимо создать двухмерный эскиз. Для рассматриваемого примера эскиз создается в базовой вертикальной плоскости XZ, в соответствии с размерами, представленными в примере. По завершению редактирования эскиза необходимо подтвердить завершение, выбрав команду «Завершить эскиз» на ленте инструментов редактирования эскиза.



Далее на основании полученного эскиза с помощью команды «Выдавливание», выбрав замкнутый контур первой ступени цилиндрического участка корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере. В качестве ограничения команды выдавливания рационально выбрать «Расстояние» и указать его величину (30 мм). По завершению редактирования необходимо подтвердить завершение команды нажатием на кнопку [OK].



На основе первого эскиза можно сформировать более одной части модели, для этого перед дальнейшими действиями необходимо обеспечить доступность данного эскиза для других операций. Для чего можно выбрать опцию «Общий доступ к эскизу» в контекстном меню (доступном по клику правой клавишей мыши на эскизе в дереве модели), либо выставить видимость для эскиза в контекстном меню. Далее с помощью команды «Выдавливание», выбрав замкнутый контур второй ступени цилиндрического участка корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере. В качестве ограничения команды выдавливания рационально выбрать «Расстояние» и указать его величину (130 мм).



На следующем этапе целесообразно перейти к построению основания детали. Для чего предварительно необходимо добавить рабочую плоскость, параллельную базовой горизонтальной плоскости *XY* и отстоящей от нее на расстояние –105 мм, аналогично представленному на примере.





Далее на основании полученного эскиза с помощью команды «Выдавливание», выбрав замкнутый контур основания корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере. В качестве ограничения команды выдавливания рационально выбрать «Расстояние» и указать его величину (18 мм).



На следующем этапе целесообразно перейти к построению перемычки между основанием и цилиндрической частью детали. Для чего на верхней

поверхности полученного основания необходимо сформировать двухмерный эскиз в соответствии с параметрами, представленными в примере.



основании полученного Далее на эскиза с помощью команды «Выдавливание», выбрав замкнутый контур перемычки корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в качестве ограничения команды примере. При ЭТОМ В выдавливания рационально выбрать «До следующего», что позволяет обеспечить корректность модели при изменении значений ранее использованных параметров.



На следующем этапе целесообразно перейти к построению ребра жесткости детали. Для чего предварительно необходимо добавить рабочую

плоскость, параллельную заднему торцу модели и отстоящей от него на расстояние –70 мм, аналогично представленному на примере.



В полученной рабочей плоскости необходимо создать двухмерный эскиз в соответствии с параметрами, представленными в примере.



Далее на основании полученного эскиза с помощью команды «Ребро» жесткости», выбрав эскиз контура ребра жесткости корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере. При этом переключатель режима построения ребра жесткости переключить на вариант симметрично относительно эскиза (значение толщины ребра жесткости – 12 мм).



На следующем этапе можно приступить к построению бобышки на цилиндрической части корпуса. Для чего предварительно необходимо добавить рабочую плоскость, параллельную базовой вертикальной плоскости *YZ* и являющуюся касательной к цилиндрической поверхности, аналогично представленному на примере.



В полученной рабочей плоскости необходимо создать двухмерный эскиз в соответствии с параметрами, представленными в примере.



основании Далее полученного эскиза с помощью команды на «Выдавливание», выбрав замкнутый контур бобышки цилиндрической части корпуса, сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере. При этом в качестве ограничения команды выдавливания рационально выбрать следующего», «До позволяет что обеспечить корректность модели изменении при значений ранее использованных параметров.



Для получения второго ребра жесткости и бобышки, расположенного симметрично относительно вертикальной плоскости корпуса, следует воспользоваться командой «Зеркальное отражение». При этом необходимо выбрать обозначенные элементы в дереве модели или указать их в пространстве проектирования, а также выбрать в качестве плоскости отражения базовую вертикальную плоскость YZ и сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.



Перед выполнением следующего этапа разработки модели целесообразно сформировать скругление по вертикальным ребрам основания корпуса. Для

чего необходимо выбрать команду «*Сопряжение*», выбрать упомянутые ребра основания, указать значение радиуса скругления (15 мм) и сформировать данную часть модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.



На данном этапе формирование основного наружного контура модели можно считать завершенным. В соответствии со сложившейся практикой автоматизированного проектирования на следующем этапе разработки модели следует формировать внутренний контур модели.

Для формирования ступенчатого отверстия в цилиндрической части корпуса необходимо создать двухмерный эскиз в базовой вертикальной плоскости *YZ*, в соответствии с параметрами, представленными в примере.



Далее основании полученного на эскиза помощью команды С «Вращение», выбрав замкнутый контур ступенчатого отверстия цилиндрической части корпуса, сформировать данную часть модели в параметрами, представленными соответствии с В примере. При ЭТОМ необходимо переключить операцию в режим вычитания и в качестве ограничения команды вращения выбрать «Полный круг».



Формирование остальных отверстий можно осуществлять в произвольном порядке.

Для формирования гладкого цилиндрического отверстия в бобышке цилиндрической части корпуса необходимо воспользоваться командой «*Отверстие*» в соответствии с параметрами, представленными на примере. Рационально использовать режим размещений отверстия «*Концентрично*», при этом в качестве плоскости необходимо выбрать плоскую торцевую поверхность бобышки, а в качестве концентрического объекта выбрать цилиндрическую её поверхность. Значение диаметра отверстия – 12 мм, ограничение – насквозь.





В полученной рабочей плоскости необходимо создать двухмерный эскиз для определения положения центра резьбового отверстия в соответствии с параметрами, представленными в примере. Следует отметить, что в данном эскизе нет необходимости формировать какие-либо размерные зависимости, достаточно использовать проецируемую геометрию и привязать отрезки к серединам соответствующих спроецированных отрезков.



Далее на основании полученного эскиза с помощью команды «*Отверстие*», указав в качестве центра отверстия точку пересечения отрезков эскиза, сформировать резьбовое отверстие в данной части модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.

Рационально использовать режим размещений отверстия «По эскизу», при этом в качестве центра отверстия указать точку пересечения указанных выше отрезков, переключатель установить в формирование резьбовых отверстий и выбрать из открывшейся части окна параметры резьбы в соответствии с примером (резьба метрическая, М12, правая, полная глубина). Ограничение для формирования отверстия необходимо установить в варианте «До выбранного» и указать в качестве ограничения соответствующий участок поверхности ступенчатого отверстия в цилиндрической части корпуса.

| | Отверстие : Отверстие Резыбовое × |
|----|---|
| | Ано отверстия С С Павыбранного С С С С С С С С С С С С С С С С С С |
| | Image: Second state sta |
| 14 | 12 M12x1.75 С правая Класс Диаметр С Левая 6H Внутренний С Левая |

Для формирования крепежных глухих резьбовых отверстий на торцевой поверхности цилиндрической части корпуса можно воспользоваться первоначальным эскизом, использовавшимся для операций выдавливания.



Аналогично предыдущему этапу на основании эскиза с помощью команды «*Отверстие*», указав в качестве центра отверстия точку пересечения отрезков эскиза, сформировать резьбовое отверстие в данной части модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.

Рационально использовать режим размещений отверстия «По эскизу», при этом в качестве центра отверстия указать точку пересечения указанных выше отрезков, переключатель установить в формирование резьбовых отверстий и выбрать из открывшейся части окна параметры резьбы в соответствии с примером (резьба метрическая, М6, правая, глубина отверстия 8 мм, длина резьбовой части 6 мм). Ограничение для формирования отверстия при этом необходимо установить в варианте «*Paccmoяние*».

| T | | Отверстие : ОтверстиеРезьб.Крепеж | |
|-------|------|------------------------------------|---------------|
| (Part | | Размещение | |
| | | В Центры С ТГ | 8 MM |
| | Rout | Твердые тела | 6 MM |
| | | | |
| | 2 Yr | С С Ганичени Ограничени Расстояние | e • • • • |
| | | | |
| | | [?] ГРезьба ОК ОК | Отмена |
| | | Тип резьбы ISO метрическая | 🗖 Вся глубина |
| | | | |

На основе полученного глухого резьбового отверстия с помощью команды «*Круговой массив*» можно получить остальные отверстия, сформировав при этом из них единый массив, что позволяет на последующих этапах осуществлять автоматическую обработку всех отверстий. При этом необходимо в открывшемся окне выбрать элементы массива для чего выбрать полученное отверстие либо в дереве модели, либо, указав в пространстве проектирования, сформировать массив резьбовых отверстий в данной части модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.

Рационально в качестве оси вращения выбрать один из цилиндрических участков модели, например, первый участок ступенчатого отверстия, в качестве параметров размещения указать количество (4 отверстия) и область для размещения (360°, полный оборот).



Для формирования гладкого ступенчатого цилиндрического отверстия в основании корпуса необходимо воспользоваться командой «Отверстие» в соответствии с параметрами, представленными на примере. Рационально использовать режим размещений отверстия «Концентрично», при этом в качестве плоскости необходимо выбрать верхнюю плоскую поверхность основания, а в качестве концентрического объекта выбрать скругление вертикального ребра.

Вид отверстия – с цековкой; диаметр отверстия – 11 мм, диаметр цековки – 18 мм, глубина цековки – 10 мм; ограничение – насквозь.



На основе полученного отверстия с цековкой командой «Прямоугольный *массив*» можно получить остальные отверстия, сформировав при этом из них елиный массив. что позволяет на последующих этапах осуществлять обработку отверстий. автоматическую всех При ЭТОМ необходимо в открывшемся окне выбрать элементы массива для чего выбрать полученное отверстие либо в дереве модели, либо, указав в пространстве проектирования, сформировать массив отверстий в данной части модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.

Рационально в качестве направления 1 прямоугольного массива выбрать одно из горизонтальных ребер основания, при этом в качестве параметров размещения указать количество (2 отверстия) и интервал между ними (78 мм). Аналогично для направления 2, при этом количество отверстий – 2, интервал между ними – 75 мм.

В случае если при выборе направления массива автоматически отверстия формируются вне объема основания можно выставить флаг реверса направления, тем самым изменить направление формирования массива на противоположное.



Для формирования гладкого цилиндрического отверстия под штифт в основании корпуса необходимо воспользоваться командой «Отверстие» в соответствии с параметрами, представленными на примере. Рационально использовать режим размещений отверстия «Линейные размеры», при этом в качестве грани необходимо выбрать верхнюю плоскую поверхность основания, выбрать в качестве ребра 1 одно из горизонтальных ребер основания и во

всплывающем окне указать расстояние от этого ребра до центра отверстия (13 мм), выбрать в качестве ребра 2 другое из горизонтальных ребер основания и во всплывающем окне указать расстояние от этого ребра до центра отверстия (40 мм).

Вид отверстия – с зенковкой; диаметр отверстия – 7 мм, диаметр зенковки – 13 мм, угол зенковки – 90°; ограничение – насквозь.

| 00 | Отверстие: ОтверстиеШтифт |
|-----|--|
| CKE | Разнещение С Лин. размеры Грань Гвердые тела С 2 Ано отверстия С С С Пая град С С С Страничение Насквозь С С С Стиена |
| | |

Аналогично ранее описанной процедуре для отверстий с цековкой на основании полученного отверстия с зенковкой командой «Прямоугольный *массив*» можно получить остальные отверстия, сформировав при этом из них что позволяет на последующих этапах осуществлять единый массив, этом необходимо автоматическую обработку всех отверстий. При открывшемся окне выбрать элементы массива для чего выбрать полученное отверстие либо в дереве модели, либо, указав в пространстве проектирования, сформировать массив отверстий в данной части модели в соответствии с параметрами, представленными в примере.

Рационально в качестве направления 1 прямоугольного массива выбрать одно из горизонтальных ребер основания, при этом в качестве параметров размещения указать количество (2 отверстия) и интервал между ними (80 мм).

BUT COCKIMIA TO CKIMA соответствии со сложившейся практикой автоматизированного проектирования на заключительном этапе разработки модели осуществляется доработка геометрической формы модели, в частности, в рассматриваемом примере на этом этапе следует сформировать необходимые скругления и фаски ребер модели.

Ø

0

1 12 000 2 6p

08 MM

Интервал

2

Элементы Тверлое те

•

•

•

OK

ΓX

Þ

Þ

Отмена >>

Для формирования скруглений ребер модели корпуса необходимо воспользоваться командой «Сопряжение» в соответствии с параметрами, представленными на примере. Рационально скругления формировать поэтапно отдельными операциями, не перегружая каждую операцию излишне сложными ребрами или избыточным их числом.

Рисунок 3 – Трехмерная модель детали «Корпус» и CSG-дерево модели

В процессе моделирования в электронной модели формируется список параметров модели, которые отражают собой как собственно размерные зависимости, так и прочие зависимости, условия и параметры, формирующиеся в процессе моделирования.

Для доступа к таблице параметров модели необходимо на ленте инструментов приложения в разделе «Управление» выбрать команду «Параметры».

| DEHOENT | € Обн | овить массовые: Лараметры | Редактор ст | ллей | Обновить Очистить | Пр | оизводн | р ый комі |
|-------------------------------------|---------|---------------------------|-------------|------------|--|-----|----------|--------------|
| | Обновит | ъ Параметры т | Стил | и и ста | ндарты | | | |
| Параметры | | | | | | | | |
| Имя параметра | Единиц | Формула | Номин, знач | Дon. | Значение в г | Клю | | римеч |
| | | | | | | | | |
| Параметры мо | де | 56 MM | 56.000000 | \bigcirc | 56.000000 | П | п | |
| | MM | 50 MM | 66,000000 | × | 66.000000 | Ē | | |
| d3 | MM | 30 MM | 30,000000 | ŏ | 30,000000 | Ē | Ē | |
| d4 | град | 0.0 град | 0.000000 | ŏ | 0.000000 | Ē | F | |
| d5 | MM | 130 MM | 130,000000 | ŏ | 130,000000 | Ē | Ē | |
| AS de | град | 0,0 град | 0,000000 | ŏ | 0,000000 | Ē | Ē | |
| d9 | MM | -105 MM | -105,000000 | ŏ | -105,000000 | Ē | Ē | |
| d28 | MM | 105 MM | 105,000000 | ŏ | 105,000000 | Ē | Ē | |
| d29 | MM | 108 MM | 108,000000 | ŏ | 108,000000 | Π | Ē | |
| d30 | мм | 18 MM | 18,000000 | ō | 18,000000 | | | |
| - d31 | град | 0,0 град | 0,000000 | ō | 0,000000 | | | |
| d32 | MM | 16 MM | 16,000000 | Ō | 16,000000 | Π | Γ | |
| d34 | град | 0,0 град | 0,000000 | Ō | 0,000000 | Π | Γ | |
| d35 | ММ | -70 мм | -70,000000 | Ō | -70,000000 | Π | | |
| d36 | MM | 7 мм | 7,000000 | 0 | 7,000000 | Π | | |
| d38 | ММ | 12 MM | 12,000000 | 0 | 12,000000 | | | |
| 4 ²⁴ d39 | град | Оград | 0,000000 | \circ | 0,000000 | | | |
| d40 | град | Оград | 0,000000 | \circ | 0,000000 | | | |
| - d41 | MM | 1 MM | 1,000000 | 0 | 1,000000 | | | |
| d42 | MM | 1 мм | 1,000000 | \bigcirc | 1,000000 | | | |
| - d43 | MM | 17,5 мм | 17,500000 | O | 17,500000 | | | |
| d44 | MM | 110 MM | 110,000000 | 0 | 110,000000 | | | |
| d45 | MM | 37,5 мм | 37,500000 | 0 | 37,500000 | | | |
| - d47 | град | 0,0 град | 0,000000 | \circ | 0,000000 | | | |
| d48 | MM | 15 мм | 15,000000 | \circ | 15,000000 | | | |
| d51 | MM | 35 мм | 35,000000 | \circ | 35,000000 | Ο. | | |
| μ ²⁴ μ ²⁴ d52 | MM | 40 мм | 40,000000 | \circ | 40,000000 | | | |
| d53 | MM | 20 мм | 20,000000 | \circ | 20,000000 | | | |
| - d58 | MM | 12 мм | 12,000000 | 0 | 12,000000 | | | _ |
| Last and | | | d5: | 3 испол | ьзуется Эскиз | 11 | 11 | |

Для электронной модели детали/изделия в соответствии с требованиями нормативных документов также необходимо сформировать ряд атрибутов модели, которые могут быть использованы при выполнении дальнейших процедур конструирования, автоматического формирования записей в электронной документации и пр.

В частности, в свойствах электронной модели на вкладке «Физические» необходимо выбрать из перечня доступных необходимый материал модели. После этого будут автоматически определены значения ряда параметров модели.

| | Общие Документ Проект Статус Івердые тела Деталь | Прочие Сохранение Физичен | ские |
|------------------|--|---------------------------|--|
| | Материал | | Буфер обмена |
| | Плотность | Требуемая точность | ון ע |
| | 7,850 r/cm^3 | Низкое | a |
| BUT COCKIMA TOCK | Масса 4,467 кг (Относит Пдощадь 95839,872 мм^2 (С | Центр тяже | ти тноол Этноо Этноо Ти В |
| | | Закрыть Отмена | При <u>м</u> енить |

Помимо перечисленного, современные САПР позволяют сформировать реалистичное отображение детали/изделия. При этом стандартная текстура модели, привязанная к материалу модели, может быть изменена на отличную от исходной текстуру из перечня предустановленных текстур.

Для изменения текстуры модели по всему её объему необходимо на ленте инструментов приложения в разделе «*Bud*» выбрать из перечня доступных необходимую текстуру модели.

| т Модель Проверка Инструменты Управление В | вид Среды Начало работы Надстройки 🛛 | a - |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| 🕘 Центр тяжести | 🖳 Тени • 🗊 Ортогональный | Парезать надель |
| Анализ | 🚱 Отражения • 😔 Нулевая плоскость 🔊 | 🖽 Сечение в рдну четверть 🔹 |
| тыкта 🔊 Значки автосовмещения | Два источника 🔹 🕘 Трассировна у | Сталь (оксидир 🔹 |
| Видимость | Представление модели 👻 | 1 |

Также можно для изменения текстуры отдельно взятой поверхности (участка поверхности) модели в контекстном меню (доступном по клику правой клавишей мыши на выбранной поверхности) в появляющемся окне «Свойства грани» выбрать из перечня доступных необходимую текстуру данной поверхности.

Build Contract of the Contract ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 Разработка 3D-модели детали

войства гр

Цвет грани

Целью работы является разработка электронной трехмерной модели средствами современной системы автоматизированного детали проектирования.

Разработка 3D-модели детали осуществляется по эскизу детали (например, детали «Корпус») средствами одной из современных САПР, например, Autodesk Inventor. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые нормативными документами к электронным моделям деталей, и общепринятые нормы автоматизированного проектирования и геометрического моделирования средствами САПР.

Результаты проектирования представляются в электронном виде путем размещения в соответствующем задании курса учебной дисциплины В виртуальной образовательной ВГТУ среде [https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844]. Ответ должен включать 3D-модель детали в нативном формате САПР (например, для Autodesk Inventor — *.ipt) и экспортированное изображение модели в растровом формате (например, *.jpeg).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 Разработка 3D-модели сборки

Целью работы является разработка электронной трехмерной модели сборки узла или компонента изделия с использованием ранее полученной модели детали средствами современной системы автоматизированного проектирования.

Разработка 3D-модели сборки осуществляется с использованием ранее полученной 3D-модели детали (Корпус) средствами одной из современных систем автоматизированного проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые нормативными документами к электронным моделям деталей, и общепринятые нормы автоматизированного проектирования и геометрического моделирования средствами САПР.

Результаты проектирования представляются в электронном виде путем размещения в соответствующем задании курса учебной дисциплины в виртуальной образовательной среде ВГТУ [https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844]. Ответ должен включать 3D-модель сборки в нативном формате САПР (например, для Autodesk Inventor — *.iam) и экспортированное изображение модели в растровом формате (например, *.jpeg).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 Разработка 3D-модели схемы сборки-разборки

Целью работы является разработка электронной трехмерной модели схемы сборки-разборки узла или компонента изделия с использованием ранее полученной модели сборки средствами современной системы автоматизированного проектирования.

Разработка 3D-модели схемы сборки-разборки осуществляется с использованием ранее полученной 3D-модели сборки средствами одной из современных систем автоматизированного проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые нормативными документами к электронным моделям деталей, и общепринятые нормы автоматизированного проектирования и геометрического моделирования средствами САПР.

Результаты проектирования представляются в электронном виде путем размещения в соответствующем задании курса учебной дисциплины в виртуальной образовательной среде ВГТУ [https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844]. Ответ должен включать 3D-модель схемы сборки-разборки в нативном формате САПР (например, для Autodesk Inventor — *.ipt) и экспортированное изображение модели в растровом формате (например, *.jpeg).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 Разработка электронного варианта чертежа сборки

Целью работы является разработка электронного чертежа сборки узла или компонента изделия с использованием ранее полученных моделей сборки и схемы сборки-разборки средствами современной системы автоматизированного проектирования.

Разработка электронного варианта чертежа сборки осуществляется с использованием ранее полученной 3D-модели сборки и схемы сборки-разборки средствами одной современных систем автоматизированного ИЗ проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые нормативными документами К электронным моделям деталей, и общепринятые нормы автоматизированного проектирования и геометрического моделирования средствами САПР.

На чертеже сборки должны быть размещены три базовых вида сборки, также выполнены необходимые разрезы, проставлены размеры, а также размещено изображение схемы сборки-разборки с проставленными в автоматическом режиме позициями и спецификация.

Результаты проектирования представляются в электронном виде путем размещения в соответствующем задании курса учебной дисциплины в виртуальной образовательной среде ВГТУ [https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844]. Ответ должен включать электронный вариант чертежа сборки в нативном формате САПР (например, для Autodesk Inventor — *.idw) и экспортированное изображение в растровом формате (например, *.jpeg).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 Разработка 3D-модели детали по вариантам

Целью работы является разработка электронной трехмерной модели детали в соответствии с индивидуальным вариантом задания средствами современной системы автоматизированного проектирования.

Разработка 3D-модели детали осуществляется по эскизу детали (в соответствии с индивидуальными вариантами заданий) средствами одной из современных систем автоматизированного проектирования (САПР), например, Autodesk Inventor. При этом необходимо учитывать требования, предъявляемые нормативными документами к электронным моделям деталей, и общепринятые нормы автоматизированного проектирования и геометрического моделирования средствами САПР.

Результаты проектирования представляются в электронном виде путем размещения в соответствующем задании курса учебной дисциплины в виртуальной образовательной среде ВГТУ [https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844]. Ответ должен включать 3D-модель

детали в нативном формате САПР (например, для Autodesk Inventor — *.ipt) и экспортированное изображение модели в растровом формате (например, *.jpeg).

Eureccanin coshedocree HIBIN'R EXHOLOGIARE CANIN SHIRE OCARES

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения : ГОСТ 2.052-2021. — 2022. — Введ. 2022–03–01. — Москва : Российский институт стандартизации, 2022. — 17 с.

2. Единая система конструкторской документации. Электронная спецификация. Общие положения : ГОСТ 2.055-2014. — 2014. — Введ. 2018–08–01. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 17 с.

3. Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали. Общие положения : ГОСТ 2.056-2014. — 2014. — Введ. 2018–08-01. — Москва : Стандартинформ, 2018. — 15 с.

4. Единая система конструкторской документации. Электронная модель сборочной единицы. Общие положения : ГОСТ 2.057-2014. — 2014. — Введ. 2016–07–01. — Москва : Стандартинформ, 2019. — 14 с.

5. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения : ГОСТ 2.051-2013. — 2014. — Введ. 2016–04–01. — Москва : Стандартинформ, 2014. — 13 с.

6. Единая система конструкторской документации. Общие положения : ГОСТ 2.001-2013. — 2013. — Введ. 2014–06–01. — Москва : Стандартинформ, 2018. — 9 с.

7. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов : ГОСТ 2.102-2013. — 2013. — Введ. 2014–06–01. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 21 с.

8. Методические рекомендации по организации работы с научнотехнической документацией в электронном виде в организациях Республики Беларусь. — Государственное учреждение «Белорусский научноисследовательский центр электронной документации»; Департамент по архивам и делопроизводству Министерства юстиции Республики Беларусь. — Минск, 2015. — 31 с.

9. Isicad. Ваше окно в мир САПР [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <u>http://isicad.ru/ru/</u>. — Дата доступа: 01.03.2023 г.

10. Теория автоматизированного проектирования / Виртуальная образовательная среда ВГТУ [Электронный ресурс]. — Режим доступа : https://sdo.vstu.by/course/view.php?id=1844.

Учебное издание

BAT COCKING ТЕОРИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методические указания по выполнению лабораторных работ Strapc.

Составитель:

Климентьев Андрей Леонидович PER HEIR PERFO

Редактор А.В. Пухальская Корректор А.В. Пухальская Компьютерная верстка А.Л. Климентьев

Подписано к печати <u>15.05.2023.</u> Формат <u>60х90 ¹/₁₆.</u> Усл. печ. листов <u>2,7.</u> Уч.-изд. листов <u>3,4.</u> Тираж <u>2</u> экз. Заказ № <u>139.</u>

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.

ТЕОРИЯ АБІС. ПРОЕКТИРОВАНИЯ Методические указания по выполнению лабораторных работ

CLAIBDC

Климентьев Андрей Леонидович JTL HHIBIG TOTAL

Редактор А.В. Пухальская Корректор А.В. Пухальская Компьютерная верстка А.Л. Климентьев

Подписано к печати <u>15.05.2023.</u> Усл. печ. листов <u>2,7</u> Уч.-изд. листов 3,4. Заказ № 140.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» çı. OCUTR 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.