



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

---

**Кафедра «Автомобили»**

**Д. В. Вихренко**

# **ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ**

**Минск  
БНТУ  
2013**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Автомобили»

Д. В. Вихренко

## ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Методическое пособие по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение»

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 629.113.02:658.512.22-027.44:004.9(075.8)  
ББК 39.33я7  
В54

Рецензенты:  
канд. техн. наук *С. А. Сидоров*,  
канд. техн. наук *А. В. Шмелёв*

**Вихренко, Д. В.**  
В54 Твёрдотельное моделирование автомобильных конструкций : методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение» / Д. В. Вихренко. – Минск : БНТУ, 2013. – 60 с.  
ISBN 978-985-525-909-2.

В методическом пособии изложены задания по лабораторным работам по дисциплине «Твёрдотельное моделирование автомобильных конструкций» и указания к их выполнению в виде последовательности команд, которые позволяют создать твёрдотельную модель детали автомобиля, собрать узел и выполнить чертеж.

Предназначено для студентов дневной формы обучения специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение».

УДК 629.113.02:658.512.22-027.44:004.9(075.8)  
ББК 39.33я7

ISBN 978-985-525-909-2

© Вихренко Д. В., 2013  
© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| Лабораторная работа № 1<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ ТЕЛ.....  | 5  |
| Лабораторная работа № 2<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА<br>НА ОСНОВЕ ЭСКИЗА.....   | 21 |
| Лабораторная работа № 3<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА НА ОСНОВЕ<br>ПРИМИТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВЫХ<br>ЭЛЕМЕНТОВ ФОРМЫ..... | 30 |
| Лабораторная работа № 4<br>СОЗДАНИЕ СБОРКИ.....   | 42 |
| Лабораторная работа № 5<br>СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА.....  | 51 |
| Заключение.....   | 59 |

## ВВЕДЕНИЕ

Успешность усвоения студентом материала по дисциплине проверяется при выполнении им лабораторных работ. Лабораторные работы составлены таким образом, чтобы охватить основные возможности системы САПР UGS NX5 в области трехмерного твердотельного моделирования, и включают в себя отработку следующих возможностей:

- моделирование листовых тел;
- моделирование твердого тела на основе эскиза;
- моделирование твердого тела на основе примитивов с использованием типовых элементов формы;
- создание сборки;
- создание чертежа.

Для облегчения освоения курса моделирования и предназначено настоящее пособие, в котором даны задания по лабораторным работам и подробно рассмотрен порядок их выполнения. Команды моделирования приведены как в англоязычной, так и в русскоязычной версии программы.

## Лабораторная работа № 1

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ ТЕЛ

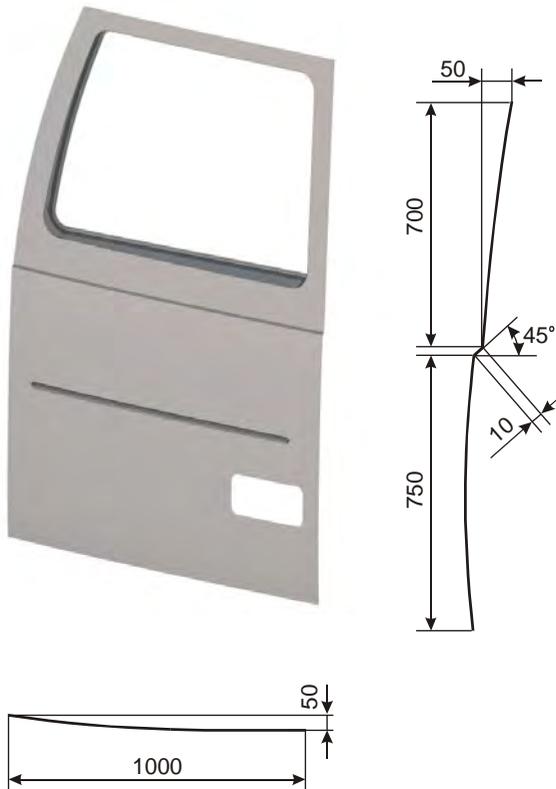
#### Цель работы:

усвоение навыков моделирования листовых тел в системе САПР UGS NX5 на примере моделирования кузовной детали автомобиля.

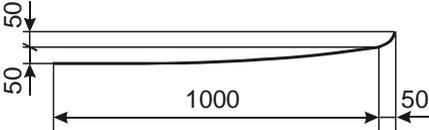
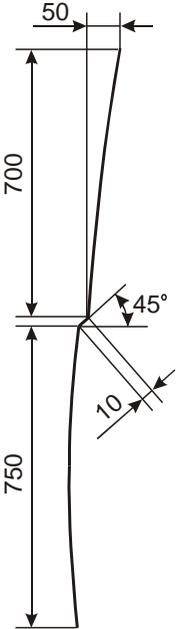
#### Задание

Построить деталь, заданную следующим образом.

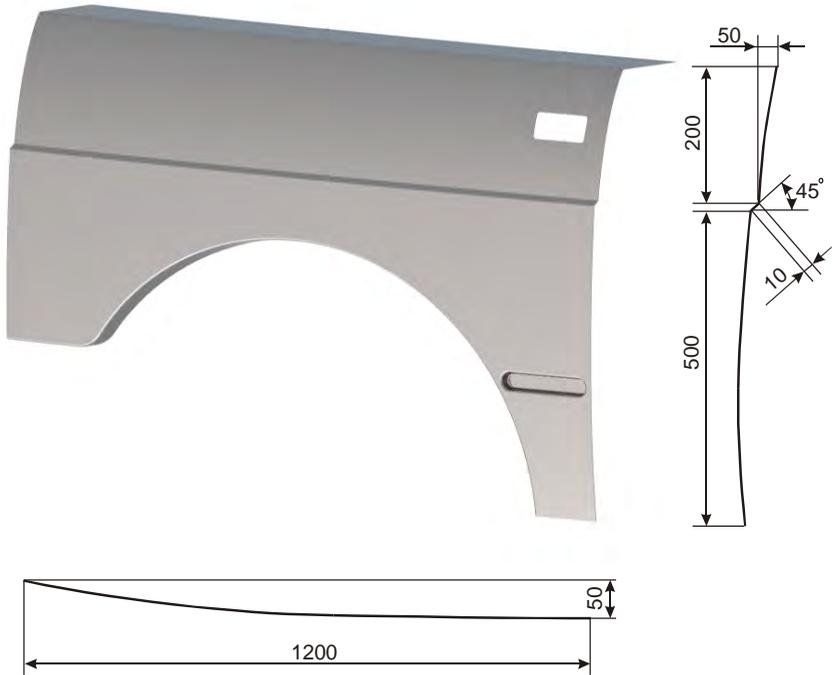
#### Вариант № 1 – Панель двери наружная



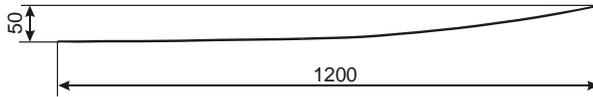
**Вариант № 2 – Панель кабины боковая**



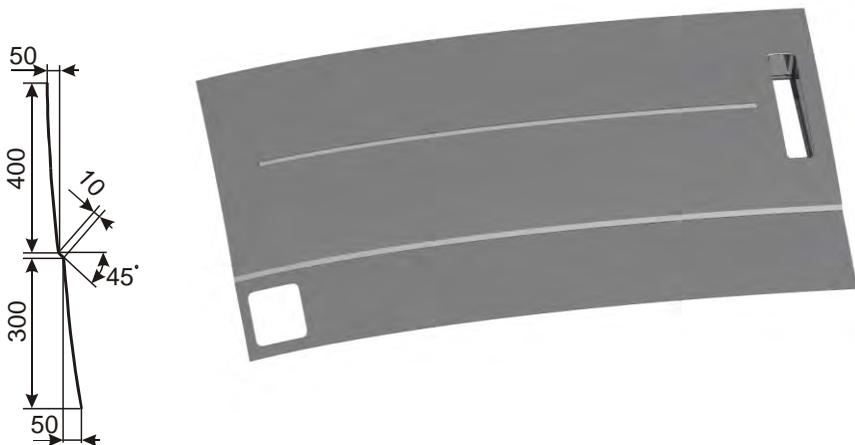
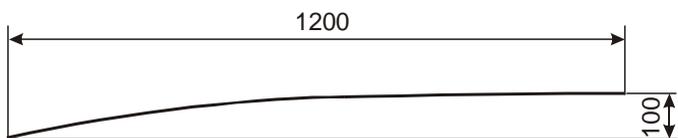
### Вариант № 3 – Крыло переднее



## Вариант № 4 – Крыло заднее



### Вариант № 5 – Капот



## Порядок выполнения

### Подготовительные действия

После загрузки системы NX5 необходимо создать новый файл: File→New [Файл→Новый]. В окне File New [Новый файл] надо выбрать закладку нужного шаблона Templates: для моделирования это закладка Model [Модель]. В списке шаблонов выбирается шаблон Model [Модель] – в этом случае будет создан файл с пользовательской системой координат и загружен модуль Modeling [Моделирование]. В этом же окне указываются единицы измерения Units – Millimeters [Миллиметры].

После создания нового файла необходимо выполнить следующие настройки моделирования (Настройки→Моделирование [Preferences→Modeling]):

|  |      |
|--|------|
| Линейный допуск [Distance Tolerance]   | 0,01 |
| Угловой допуск [Angle Tolerance]   | 0,1  |
| Изображение сетки изопараметрических кривых на поверхности Grid Lines – U Count, V Count |      |
| [Сетка линий – Кол-во по U, кол-во по V]   | 5    |

### Построение формообразующих кривых – сплайнов

Заданы две конечные точки кривой. Для построения точек используется команда Insert→Datum/Point→Point [Вставить→База/Точка→Точка]. В соответствующих полях указываются координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . При создании неассоциативных точек могут указываться координаты как относительно абсолютной, так и **рабочей системы координат РСК** (WCS). Отображением РСК на экране управляет команда Format→WCS→Display [Формат→РСК→Отображение]. При создании нового файла рабочая система координат совпадает с глобальной и ориентирована таким образом, что на ортогональном виде **сверху** (TOP) ось  $X$  направлена вправо, а ось  $Y$  – вверх. Таким образом, для создания крайних точек образующей кривой в горизонтальной плоскости необходимо указать координаты  $X_C$  и  $Y_C$  в соответствующих полях,  $Z_C = 0$ .

Для создания сплайна используется команда Insert→Curve→Spline [Вставить→Кривые→Сплайн]. Сплайн строится либо че-

рез определяющие точки, либо по вершинам характеристического многоугольника – по полюсам Poles. Так, если выбрать опцию Through Point [**Через точки**] при создании сплайна, то сплайн точно пройдет через все указанные точки. При методе Fit [**Оптимизация**] сплайн пройдет через указанные точки с указанной точностью. Для упрощения последующего редактирования сплайна рекомендуется строить его по полюсам.

Далее необходимо указать порядок сплайна  $n$ . Порядок сплайна определяется количеством заданных точек. В случае, если задается больше точек, чем степень сплайна ( $n + 1$ ), то получается сплайн, состоящий из нескольких сегментов. Такой сплайн сложнее редактировать изменением положения узловых точек, при этом также необходимы дополнительные условия касания. В лабораторной работе рекомендуется использовать тип Single Segment [**Один сегмент**], что означает, что построенный сплайн будет состоять из одного сегмента и его степень будет определяться автоматически по количеству заданных точек.

Для указания точек, задающих сплайн, используется меню Point [**Точка**]. Указывается первая существующая точка – на экране появляется «резиновая» линия от точки до положения курсора, которая перемещается до тех пор, пока не указана следующая точка. Промежуточные точки (рекомендуется взять две) задаются как позиции курсора на экране, а затем указывается последняя существующая точка. Затем необходимо нажать кнопку **ОК** в меню Point [**Точка**], после чего система запрашивает подтверждение на создание сплайна. Если все указано верно, надо нажать кнопку Yes [**Да**] и закрыть окно **Point** [**Точка**].

Построенная кривая не должна иметь точек перегиба. Для анализа кривой надо выбрать ее в графическом окне и выполнить команду Analysis→Curve→Combs [**Анализ→Кривые→Столбики**]. В результате в графическом окне должно появиться распределение кривизны по выбранной линии в виде эпюры (если этого не произошло, надо в окне Analysis→Curve→Combs Options [**Анализ→Кривые→Опции столбиков**] включить опцию Suggest Scale Factor [**Оптимальный масштаб**]). Если эпюра меняет знак вдоль кривой, значит здесь имеется точка перегиба и кривую необходимо отредактировать. Для этого надо выполнить команду Edit→Curve→Parameters [**Изменить→Кривая→Параметры**]. После выбора

кривой появляется меню Edit Spline [**Изменить сплайн**], где необходимо указать способ редактирования.

Возможны следующие способы редактирования сплайна:

- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Edit Point             | Изменить точку               |
| 2. Edit Pole              | Изменить полюс               |
| 3. Change Slope           | Изменить наклон              |
| 4. Change Curvature       | Изменить кривизну            |
| 5. Change Degree          | Изменить степень             |
| 6. Move Multiple Points   | Переместить несколько точек  |
| 7. Change Stiffness       | Изменить жесткость           |
| 8. Fit                    | Оптимизация                  |
| 9. Smooth                 | Выглаживание                 |
| 10. Restore Defining Data | Восстановить исходные данные |
| 11. Undo                  | Отмена                       |

Наиболее простой, понятный и действенный способ – модификация полюсов. При выборе этого метода достаточно ухватить мышью редактируемый полюс и перетянуть его в новое место. Чтобы сплайн не имел перегибов, все полюса должны находиться по одну сторону от кривой.

Для создания сплайна в вертикальной плоскости необходимо повернуть рабочую систему координат таким образом, чтобы плоскость  $XC-YC$  совпадала с плоскостью строящегося вертикального сплайна. Для этого надо выполнить команду  $\text{Format} \rightarrow \text{WCS} \rightarrow \text{Rotate}$  [**Формат**  $\rightarrow$  **РСК**  $\rightarrow$  **Вращать**]. Необходимо указать, относительно какой оси и на какой угол повернуть систему координат (например, на  $90^\circ$  в направлении от оси  $X$  к оси  $Y$ :  $-YC$  Axis:  $XC \rightarrow ZC$  Angle= $90$  [**Ось**  $-YC$ :  $XC \rightarrow ZC$  **Угол=90**]). Для того чтобы плоскость сплайна совпадала с плоскостью экрана, можно соответствующим образом ориентировать вид: после нажатия правой кнопки мыши в появившемся меню выбрать команду Orient View [**Ориентация вида**] и вид, например, Right [**Справа**]. Сам сплайн создается таким же образом, как и ранее построенный горизонтальный. Необходимо только проследить, чтобы конечные точки у обоих сплайнов совпадали, а также проверить сплайн на точки перегиба.

## *Построение поверхности*

Поверхность строится методом Through Curve Mesh [**По сетке кривых**]. Этот метод дает возможность построить поверхность по двум семействам кривых, заданных во взаимно ортогональных направлениях.

Для выполнения этой команды необходимо предварительно скопировать созданные кривые так, чтобы получились две пары сечений будущей поверхности. Надо выполнить команду Edit→Transform [**Изменить→Преобразование**], выбрать одну кривую, указать способ трансформации – Translate [**Перемещение**], который позволяет выполнять параллельный перенос объектов *в заданную точку* (To a Point [**В точку**]) или *на заданное расстояние* (Delta [**Приращ**]). При методе To a Point необходимо указать исходную точку, а затем точку назначения (например, начальная и конечная точки второго сплайна), а при методе Delta необходимо задать приращения по  $XС$ ,  $УС$  и  $ZС$  вдоль координатных осей. Для завершения команды надо указать опцию Copy [**Копировать**]. Далее необходимо повторить операцию копирования и для второго сплайна. Для этого надо либо, не закрывая окно Transform [**Преобразование**], выбрать команду Reselect Object [**Выбрать объекты заново**], выбрать второй сплайн, в команде Transformation Type [**Тип преобразования**] выбрать опцию Translate [**Перемещение**], указать новые параметры переноса, завершить команду опцией Copy [**Копировать**] и закрыть окно кнопкой Cancel [**Отмена**], либо закрыть окно Transform [**Преобразование**] и повторить всю операцию сначала.

После того как получен контур поверхности, можно приступить к выполнению команды **Вставить→Поверхность по сетке кривых→По сетке кривых** [Insert→Mesh Surface→Through Curve Mesh]. Надо указать одну кривую, нажать среднюю кнопку мыши либо кнопку Add New Set [**Добавить новый набор**] в поле Primary Curves [**Кривые первого каркаса**] окна Through Curve Mesh [**По сетке кривых**], указать вторую кривую – параллельную первой (указывать курсором ближе к тому же концу второй кривой, что и первой), два раза нажать среднюю кнопку мыши либо перейти в поле Cross Curves [**Кривые поперечного каркаса**] окна Through Curve Mesh [**По сетке кривых**] для задания поперечных сечений,

указать кривые поперечных сечений. В поле Continuity [**Непрерывность**] для всех сечений должно быть указано G0(Position [**Позиция**]). После нажатия кнопки **ОК** поверхность будет создана.

Полученную поверхность можно проанализировать с помощью команды Analysis→Shape→Face→Radius [**Анализ→Форма→Грань→Радиус**], где система показывает в виде цветных полей изменение радиуса кривизны по поверхности, и команды Analysis→Shape→Face→Reflection [**Отражение**], где можно оценить отражение объектов на поверхности – очень наглядная оценка качества поверхности.

Для возвращения к обычному виду поверхности надо воспользоваться командой Edit→Object Display [**Изменить→Отображаемый объект**]. В окне Edit Object Display [**Изменить отображение объекта**] необходимо отключить опцию Face Analysis [**Анализ граней**].

### *Построение ребра жесткости*

Ребро можно построить командами Insert→Surface→Extension [**Вставить→Поверхность→Расширение**], Insert→Flange Surface→Law Extension [**Вставить→Поверхность фланца→Продолжение по закону**] либо с помощью команды Insert→Surface→Ribbon Builder [**Вставить→Поверхность→Поверхность скоса**], которая позволяет построить поверхности определенной длины под определенным углом к заданной поверхности. Для построения поверхности ребра жесткости надо выбрать ребро поверхности, от которого строится новая поверхность, проконтролировать направление вектора продолжения (должен быть направлен вертикально, для его задания используется опция Offset View [**Вид смещения**]), задать **Расст. смещения** [Offset Distance] и **Угол** [Angle].

### *Построение поверхности за ребром жесткости*

Для построения поверхности за ребром жесткости используется команда Swept [**Заметаемые поверхности**] для построения тела методом кинематического заметания. Тело получается заметанием образующего сечения, которое двигается заданным образом вдоль направляющей. Задающая кривая называется Section [**Сечение**]. Направляющие кривые называются Guide [**Направляющая**]. В качестве одной кривой используется линия ребра жесткости, в каче-

стве другой необходимо построить сплайн в вертикальной плоскости. Для упрощения задания граничной точки сплайна можно переместить рабочую систему координат в вершину построенного ранее ребра жесткости, откуда будет начинаться новый сплайн. Для этого необходимо выбрать команду **Format**→**WCS**→**Origin** [**Формат**→**РСК**→**Начало**] и указать точку, в которой надо разместить рабочую систему координат. Сплайн строится аналогично предыдущим.

После построения сплайна следует выбрать команду **Insert**→**Sweep**→**Swept** [**Вставить**→**Заметание**→**Заметаемая поверхность**]. Надо выбрать **задающую кривую** **Section** – сплайн, **направляющую кривую** **Guide** – граничную кривую ребра жесткости, в поле **Section Options** [**Опции сечения**] выбрать метод ориентации – **Forced Direction** [**Фиксированное направление**]. Этот метод дает возможность зафиксировать плоскость сечения при его перемещении вдоль направляющей с помощью заданного вектора. Сечение скользит вдоль направляющей, оставаясь все время в плоскостях, перпендикулярных заданному вектору. В поле **Specify Vector** [**Задать вектор**] надо выбрать ось рабочей системы координат, перпендикулярную обоим линиям. Метод масштабирования должен быть **Constant** [**Постоян**] и масштабный фактор **Scale** [**Масштаб**]=1. Для создания поверхности надо нажать кнопку **ОК** в окне **Swept** [**Заметание**].

### *Обрезание поверхности*

Обрезание поверхности выполняется командой **Trimmed Sheet** [**Обрезка поверхности**]. Предварительно необходимо построить контур линий, которыми будет обрезаться поверхность, – оконный проем, наклон кромки двери, колесная ниша, отверстия для вентиляции на капоте. Для этого надо сначала соответствующим образом повернуть и, если необходимо, перенести рабочую систему координат так, чтобы плоскость  $X-Y$  совпала с плоскостью контура. Все контуры, за исключением кромки двери, должны располагаться с внутренней стороны модели, так как далее они будут использоваться для построения поверхностей отбортовок. Контуры могут быть построены как сплайнами, так и базовыми линиями – прямыми, дугами, скруглениями (команда **Insert**→**Curve**→**Basic Curves** [**Вставить**→**Кривые**→**Базовые кривые**]). Контуры не должны иметь острых углов, они должны быть скруглены (рекомендуемый радиус – 50 мм).

После создания контура надо выбрать команду Insert→Trim→Trimmed Sheet [**Вставить→Обрезка→Обрезка поверхности**]. После появления окна Trimmed Sheet [**Обрезанное листовое тело**] необходимо указать обрезаемую поверхность, нажать среднюю кнопку мыши либо перейти в поле Boundary Objects [**Объекты границы**], выбрать линии контура, задать **направление проецирования** Projection Direction – Along Vector [**Вдоль вектора**] и задать вектор, перпендикулярный контуру (например, ZC-Axis). При необходимости следует указать область, которая будет оставлена после обрезания (если опция Region [**Область**] установлена в значение Keep [**Оставить**]), либо изменить указанную опцию на значение Discard [**Убрать**]. Для завершения команды надо нажать кнопку **ОК**.

### *Построение отбортовки*

Для построения отбортовки по проему окна, вентиляционного отверстия или колесной ниши используется команда Ruled [**Линейчатая поверхность**], которая дает возможность построить линейчатую поверхность по двум крайним сечениям. В качестве сечений будут использоваться контур на поверхности и исходный контур линий. Для выполнения команды надо выбрать Insert→Mesh Surface→Ruled [**Вставить→Поверхность по сетке кривых→Линейчатая поверхность**], выбрать линии первого контура, переключиться для задания второго контура – Section String 2 [**Цепочка сечения 2**], выбрать линии второго контура и нажать **ОК** для завершения команды.

### *Скругление граней*

Для скругления граней используется команда Face Blend [**Скругление граней**], которая дает возможность построить плавное скругление между двумя наборами поверхностей с обрезкой и объединением поверхностей после построения скругления. Для выполнения команды надо выбрать Insert→Detail Feature→Face Blend [**Вставить→Конструктивный элемент→Скругление граней**], в появившемся окне Face Blend [**Скругление поверхностей**] в поле Type [**Тип**] выбрать тип скругления – Rolling Ball [**Прокатывание шара**] (скругление образуется таким образом, как это по-

лучилось бы при прокатывании шара, который имеет постоянный контакт с каждым из наборов граней), в поле Blend Cross Section [**Сечение скругления**] задать значение **радиуса** Radius (рекомендуется не менее 2), выбрать первую скругляемую поверхность (изображаемая на экране нормаль должна быть повернута внутрь предполагаемого скругления, иначе необходимо нажать кнопку Reverse Direction [**Сменить направление**]), нажать среднюю кнопку мыши или кнопку следующего шага Select Face Chain 2 [**Выберите цепочку грани 2**] в поле Face Chains [**Цепочки граней**], выбрать вторую скругляемую поверхность (проконтролировать положение нормали), для завершения команды и построения поверхности скругления нажать кнопку **ОК** или Apply [**Применить**]. Эту команду необходимо повторить для всех поверхностей, имеющих общие ребра.

### *Придание толщины*

Для создания объемного тела на основе листового используется команда Thicken [**Утолщение**], которая задает толщину листового тела. При построении объемного тела система строит эквидистанту в направлении нормали к исходной поверхности.

Для размещения объемного тела надо поменять рабочий слой, чтобы на нем было только объемное тело, а все ранее построенные объекты остались на исходном слое. Для этого надо выбрать команду Format→Layer Settings [**Формат→Слой и настройки**], в поле Work [**Рабоч.**] ввести цифру 2 и нажать клавишу ввода Enter. В окне состояния слоев Layer/Status [**Слой/Состояние**] сразу можно заметить, что слой 1 стал выбираемым Selectable, а слой 2 стал рабочим Work.

Для создания объемного тела надо выбрать Insert→Offset/Scale→Thicken [**Вставить→Смещение/Масштаб→Утолщение**], в окне Thicken [**Толщина**] задать значения смещений от исходного листового тела. Так, для построения листового тела толщиной 1 мм по направлению нормали от исходной поверхности надо задать в поле First Offset [**Смещение 1**] 0 мм, Second Offset [**Смещение 2**] – 1 мм, выбрать исходное листовое тело и нажать **ОК** для построения объемного тела и завершения команды.

Если теперь сделать слой 1 невидимым, выбрав команду Format→Layer Settings [**Формат→Слой и настройки**], в окне состояния слоев Layer/Status [**Слой/Состояние**] выделив слой 1 и

нажав клавишу Invisible [**Невидимые**], то на экране останется только объемное тело, построенное в слое 2.

### *Построение фланцев*

Для построения фланцев используется команда General Flange [**Обобщенный фланец**] из меню команд Sheet Metal Feature [**Элементы листового металла**]. В этом меню сгруппированы команды работы с тонкостенными листовыми телами. Команда General Flange [**Обобщенный фланец**] используется для создания листового либо твердотельного фланца вдоль любой кривизны ребра и плоской или неплоской грани.

Для построения фланца в оконном проеме, вентиляционном отверстии надо выбрать команду Insert→Sheet Metal Feature→General Flange [**Вставить→Элементы листового металла→Обобщенный фланец**]. В окне General Flange [**Общий фланец**] необходимо включить опцию Add Tangent Edges [**Добавить касательные ребра**] для автоматического выбора всех касательных ребер, задать значение **внутреннего** Inner или **внешнего** Outer радиуса в поле Radius (по умолчанию внутренний, рекомендуется 5 мм), задать **угол** в поле Angle (по умолчанию 90°), задать величину фланца в поле Length [**Длина**] (рекомендуется 10 мм), затем выделить скругляемое ребро и нажать кнопку **ОК** для построения фланца и завершения команды.

Для построения фланца на кромке крыла в окне General Flange [**Общий фланец**] необходимо выбрать метод Punch Vector [**Вектор штамповки**], задать значение **внутреннего** Inner или **внешнего** Outer радиуса в поле Radius [**Радиус**] (по умолчанию внутренний, рекомендуется 5 мм), задать **угол** в поле Angle (по умолчанию 0°), задать величину фланца в поле Length [**Длина**] (рекомендуется 100 мм), затем выделить скругляемое ребро, перейти к заданию **вектора штамповки** фланца Punch Vector (в поле Vector Method [**Метод вектора**] указать, например, ось рабочей системы координат, перпендикулярную базовой поверхности крыла), нажать кнопку **ОК** для построения фланца и завершения команды.

### *Построение выштамповки под молдинг*

Для построения выштамповки под молдинг используется команда Bead [**Буртик**], которая позволяет создавать выштамповки вдоль центральной линии.

Предварительно необходимо создать центральную линию выштамповки с помощью команды Basic Curves [**Базовые кривые**]. Линия может не лежать на поверхности, с которой делается выштамповка, однако должна иметь возможность проецироваться на эту поверхность. Рекомендуется перед созданием линии сделать рабочим слой 3.

Для построения выштамповки надо выбрать команду Insert→Sheet Metal Feature→Bead [**Вставить→Элементы листового металла→Буртик**]. В окне Bead [**Ребро жесткости**] надо указать тип выштамповки – U-образная, треугольная или цилиндрическая – и задать необходимые параметры – ширину, глубину, радиусы скругления, угол наклона и т. д., нажать на кнопку Options [**Опции**] и включить опции Attach Bead [**Присоединить ребро жесткости**] и Hollow Bead [**Тонкостенное ребро жесткости**] для того, чтобы был удален материал из внутренней полости выштамповки, а также установить опцию End Cap [**Законцовка**] в значение Both [**Обе**] для того, чтобы выштамповка имела скругления с обоих концов. Затем надо выбрать внутреннюю поверхность панели, на которой строится выштамповка (со стороны выдавливания материала), нажать среднюю кнопку мыши, выбрать центральную линию выштамповки Centerline [**Осевая линия**], нажать среднюю кнопку мыши, в поле Centerline Projection Definition [**Вектор проецирования осевой линии**] указать вектор проецирования линии на поверхность, например, ось Z рабочей системы координат, нажать на кнопку **ОК** для завершения команды.

### *Построение отверстия*

Для построения отверстий в меню Sheet Metal Feature [**Элементы листового металла**] имеется команда Cutout [**Вырезка**], которая позволяет выполнять отверстия любой формы, заданные замкнутым контуром, в поверхностях любого типа, а также производить обрезку поверхностей (листовых тел) незамкнутым контуром.

Предварительно необходимо создать замкнутый контур линий. Наиболее простой способ – выполнив команду Insert→Curve→Rectangle [**Вставить→Кривые→Прямоугольник**], построить прямоугольник, а затем командой Fillet [**Скругление**] в меню Basic Curves [**Базовые кривые**] скруглить углы. Как и в предыдущей команде, линии могут не лежать на поверхности расположения отверстия.

Для построения отверстия надо выбрать команду Cutout [**Вырезка**], выбрать ту поверхность тела, которая ближе к контуру, нажать среднюю кнопку мыши, выбрать контур Outline [**Внешний контур**], при необходимости определить вектор **проецирования** Project (по умолчанию – перпендикулярно контуру Normal to Curves [**Нормально к кривым**]), обратить внимание на вектор, указывающий вырезаемый регион, – он должен быть направлен **вовнутрь** контура (если наружу, надо нажать клавишу Flip Discard Region [**Сменить удаляемую область**]), нажать кнопку **ОК** для завершения команды.

Если теперь сделать слой 2 рабочим, а слои 1 и 3 **невидимыми** Invisible, на экране останется только твердотельная модель листовой детали.

## Лабораторная работа № 2

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА НА ОСНОВЕ ЭСКИЗА

#### Цель работы:

усвоение навыков моделирования твердого тела на основе эскиза в системе САПР UGS NX5 на примере моделирования зубчатого колеса.

#### Задание

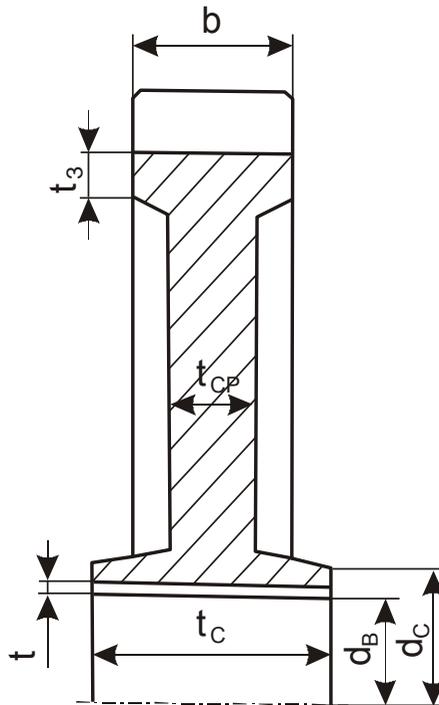
Построить зубчатое колесо со следующими параметрами.

| Вариант                                 | 1       | 2       | 3       | 4       | 5      |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|
| Число зубьев                            | 16      | 40      | 15      | 25      | 20     |
| Диаметр вершин                          | 90      | 210     | 102     | 162     | 110    |
| Диаметр впадин                          | 67,5    | 187,5   | 75,0    | 135,0   | 87,5   |
| Диаметр базовой окружности              | 75,175  | 187,938 | 84,572  | 140,954 | 93,969 |
| Угол толщины зуба по базовой окружности | 12,954° | 6,204°  | 13,704° | 8,904°  | 8,778° |
| Ширина зуба $b$                         | 30      | 30      | 40      | 40      | 20     |
| Диаметр вала $d_B$                      | 40      | 40      | 40      | 40      | 30     |
| Диаметр ступицы $d_c$                   | 55      | 60      | 55      | 60      | 45     |
| Ширина ступицы $t_c$                    | 45      | 45      | 60      | 60      | 30     |
| Глубина шпоночного паза $h$             | 3       | 3       | 3       | 3       | 2      |
| Ширина шпоночного паза                  | 5       | 5       | 5       | 5       | 4      |
| Толщина зубчатого венца $t_3$           | –       | 8       | –       | 10      | 7      |
| Толщина колеса $t_{CP}$                 | –       | 15      | –       | 20      | 10     |
| Угол уклона поковки                     | 10      | 10      | 10      | 10      | 10     |
| Размер фаски зуба                       | 1×45°   | 1×45°   | 1×45°   | 1×45°   | 1×45°  |
| Радиус скругления корня зуба            | 2       | 2       | 2       | 2       | 2      |

Вариант № 1, 3



Вариант № 2, 4, 5



## Порядок выполнения

### *Подготовительные действия*

Создание нового файла и настройки моделирования выполняются таким же образом, как и в лабораторной работе № 1.

Дополнительно можно сделать некоторые настройки эскиза (Preferences→Sketch [**Настройки**→**Эскиз**]), в частности количество изображаемых цифр размера после запятой – Decimal Places [**Число знаков**] = 1. Здесь же можно изменить высоту изображаемых цифр в поле Text Height [**Высота текста**].

### *Создание эскиза*

Перед созданием эскиза надо сделать рабочим слой Layer 2 для того, чтобы в дальнейшем на слое 1 были только объемные объекты. Для создания эскиза надо выполнить команду Insert→Sketch [**Вставить**→**Эскиз**]. В окне Create Sketch [**Создание эскиза**] можно указать **опцию плоскости** – **Существующая плоскость** [Plane Option – Existing Plane] – и выбрать на экране координатную плоскость, совпадающую с плоскостью XC-ZC, либо воспользоваться опцией Create Plane, в этом случае в поле Specify Plane надо указать XC-ZC Plane.

После активации эскиза его оси будут направлены в плоскости экрана:  $X$  – вправо,  $Y$  – вверх. При этом оси глобальной системы должны быть направлены так:  $X$  – вправо,  $Z$  – вверх. Ось шестерни будет располагаться вдоль оси  $Y$  эскиза (глобальной оси  $Z$ ), тело шестерни будет моделироваться в виде  $\frac{1}{4}$  ее сечения в первом квадранте эскиза.

### *Создание контура сечения*

Контур задается линиями по командам меню Insert [**Вставить**]. Команды подобны таковым в основном меню NX5, но есть и уникальные команды, например Profile [**Профиль**], с помощью которой строится замкнутый контур, представляющий собой  $\frac{1}{4}$  сечения шестерни. Контур задается приблизительно, точная форма будет получена наложением размерных и геометрических ограничений.

## *Задание размерных и геометрических ограничений*

Для задания ограничений необходимо активировать кнопку Constraints [**Ограничения**] в палитре инструментов. При активации Constraints в точках линий эскиза изображаются стрелки, показывающие степени свободы точек и линий эскиза. По мере наложения ограничений эти стрелки должны исчезать, и в конце концов должен получиться полностью закрепленный эскиз. Можно выделить геометрические ограничения и размерные. Размерные ограничения Dimensional [**Размеры**] представляют собой задание размеров, связывающих между собой объекты эскиза. Геометрические ограничения Constraints [**Ограничения**] представляют собой задание геометрических связей между объектами. Так, можно наложить связи **параллельности** Parallel между парными линиями (система автоматически устанавливает такую связь, если угол между линиями не превышает  $3^\circ$ ), **горизонтальности** Horizontal (аналогично) и т. д.; необходимо наложить условие **коллинеарности** Collinear на линию раздела сечения и ось *XC*. Для этого надо активировать геометрические **ограничения** Constraints, выбрать ось *XC*, линию эскиза и указать в окне задания ограничений **коллинеарности** Collinear.

Для наложения размерных ограничений надо активировать их кнопкой Dimensions [**Размеры**]. Если использовать интуитивную привязку, при выборе одной линии система предлагает длину этой линии, при выборе двух – расстояние либо угол между ними. После указания на экране местоположения размерных линий необходимо скорректировать значение размера в открывающемся окне и нажать клавишу ввода Enter.

Если на эскиз наложены все необходимые ограничения, на экране не должно остаться стрелок степеней свободы, все линии контура приобретут коричневый цвет. Если какие-то размеры или ограничения лишние, они показываются желтым цветом.

## *Зеркальное отображение эскиза*

Так как создана  $\frac{1}{4}$  сечения шестерни, ее нужно симметрично отобразить, чтобы получить  $\frac{1}{2}$  сечения, которую можно будет затем перевернуть для образования твердого тела. Для этого надо выбрать команду Insert→Mirror Curve [**Вставить→Зеркальная кривая**], указать **ось симметрии** Mirror Centerline, затем выбрать **кривую**

для зеркала Curve to Mirror, завершить команду кнопкой **ОК**. Эскиз полностью построен, для выхода из режима эскизирования надо нажать кнопку Finish Sketch [**Закончить эскиз**].

### *Получение твердого тела методом вращения*

Сначала надо установить рабочим слой Layer 1. Затем надо выполнить команду Insert→Design Feature→Revolve [**Вставить→Элементы проектирования→Тело вращения**]. На запрос системы надо указать линии контура, выбрать ось вращения Axis – одну из координатных осей, в качестве параметров вращения указать **начальный угол** Start Angle = 0, **конечный угол** End Angle = 360, нажать кнопку **ОК** для выполнения команды.

### *Получение шпоночного паза*

Шпоночные пазы выполняются специальной командой Slot [**Паз**]. Особенность ее применения состоит в том, что паз можно разместить только на плоской грани. Для выполнения паза на цилиндрической поверхности необходимо использовать вспомогательную **координатную плоскость** Datum Plane. Так как в модели уже имеется плоскость эскиза, то можно использовать ее. Для моделирования паза надо выбрать команду Insert→Design Feature→Slot [**Вставить→Элементы проектирования→Паз**], указать тип паза – Rectangular [**Прямоугольный**] – и включить опцию Thru Slot [**Сквозной паз**], нажать **ОК**, выбрать плоскость, подтвердить направление вырезки паза Accept Default Side [**Принять сторону по умолчанию**] либо изменить на противоположное Flip Default Side [**Сменить сторону по умолчанию**], в качестве **горизонтального направления** Horizontal Reference указать ось вращения эскиза, затем указать одну торцевую грань шестерни, через которую проходит паз, вторую, задать **ширину** паза Width и **глубину** его проникновения Depth (глубина измеряется от плоскости), нажать **ОК**. Так как паз сквозной, можно его не позиционировать, в окне **позиционирования** Positioning нажать **ОК** и закрыть окно Slot [**Паз**].

Недостатком такого метода построения паза является сложность редактирования модели, если возникнет такая необходимость. Так,

при значительном увеличении диаметра отверстия в системе возникнет ошибка из-за полного выхода паза за пределы шестерни. Чтобы этого не происходило, следует построить плоскость, касательную к посадочной поверхности шестерни, затем плоскость, параллельную ей на некотором расстоянии, и уже от нее строить паз.

### *Построение профиля зуба*

Перед построением профиля зуба надо сделать рабочим слой Layer 3, а слои 1 и 2 можно сделать **невидимыми** Invisible.

Профиль зуба описывается уравнением эвольвенты на диаметрах выше базового. В системе NX5 имеется возможность построить кривую по уравнениям. Для начала надо задать эти уравнения в координатах  $X-Y$ . Для этого надо вызвать редактор выражений командой Tools→Expression [**Инструменты**→**Выражение**]. Здесь необходимо задать параметры и собственно уравнения.

Наименование параметра записывается в поле Name [**Имя**], его значение либо выражение – в поле Formula [**Формула**]. Тип параметра должен быть Number [**Кол-во**], размерность Constant [**Постоян**]. После задания параметра надо нажать клавишу ввода Enter или  Accept Edit [**Принять изменение**].

Принимая параметр  $t=1$ , начальный угол  $a=0.0001$ , конечный угол  $b=45$ , изменение угла по параметру  $s=(1-t)*a+t*b$ , в качестве радиуса  $r$  – радиус базовой окружности, можно записать уравнения эвольвенты в координатах  $X-Y$ :

$$xt=r*\cos(s)+r*\text{rad}(s)*\sin(s).$$

$$yt=r*\sin(s)-r*\text{rad}(s)*\cos(s).$$

После задания законов можно приступить к построению линии.

Надо выбрать команду Insert→Curve→Law Curve [**Вставить**→**Кривые**→**Кривая по закону**]. В появившемся окне надо указать закон изменения координаты  $X$  – By Equation [**По выражению**], указать параметр  $t$ , указать функцию  $xt$ , указать закон изменения координаты  $Y$  – By Equation [**По выражению**], указать параметр  $t$ , указать функцию  $yt$ , указать закон изменения координаты  $Z$  – Constant [**Постоянное**], указать значение 0, задать базовую точку – выбрать метод Point Constructor [**Конструктор точек**], задать координаты 0 0 0, **ОК**, **ОК**. Профиль зуба выше диаметра базовой окружности построен. В качестве профиля зуба ниже базовой

окружности можно принять прямую линию к центру шестерни. Для ее построения надо выбрать команду Insert→Curve→Basic Curve→

Line [**Вставить→Кривые→Базовые кривые→Прямая**], включить привязку End Point [**Конечная точка**], в качестве первой точки указать конечную точку построенной кривой профиля, в качестве второй – выбрать функцию Point Constructor [**Конструктор точек**], задать координаты 0 0 0, **ОК**, Cancel. Так как известна толщина зуба по базовой окружности и ее угловая мера, можно получить профиль с другой стороны зуба зеркальным отображением относительно линии половины зуба. Ее можно получить поворотом линии профиля ниже базовой окружности на половину угла толщины зуба командой Edit→Transform→Rotate about a Point [**Изменить→Преобразование→Вращать вокруг точки**], в качестве точки поворота указать точку 0 0 0 либо с экрана конец прямой, указать половину угла толщины зуба, для завершения команды нажать Copy [**Копировать**], Cancel [**Отмена**]. Эта линия будет определять линию симметрии для двух линий профиля. Для отображения надо выбрать команду Edit→Transform→Mirror Through a Line [**Изменить→Преобразование→Зеркало через линию**], указать опцию Existing Line [**Существующая прямая**] для выбора оси симметрии, выбрать ее, для завершения команды нажать Copy [**Копировать**], Cancel [**Отмена**].

Далее надо построить ограничивающие зуб окружности – окружность впадин и окружность вершин. Окружности строятся по команде Insert→Curve→Basic Curve→Circle [**Вставить→Кривые→Базовые кривые→Окружность**]; параметры (координаты центра и диаметр) можно ввести из горизонтального меню задания **параметров трассировки** Tracking Bar.

Теперь можно удалить ненужную ось симметрии (Edit→Delete [**Изменить→Удалить**]) и обрезать линии профиля и окружности по контуру зуба командой Edit→Curve→Trim Corner [**Изменить→Кривая→Обрезка углов**], указывая угол со стороны обрезаемых концов линий так, чтобы обе обрезаемые линии попали в ловушку курсора.

## *Создание твердотельной модели зуба*

Перед созданием твердотельной модели зуба надо сделать рабочим слоем Layer 1.

Для создания твердотельной модели зуба используется команда Insert→Design Feature→Extrude [**Вставить→Элементы проектирования→Вытягивание**]. Надо выбрать линии контура зуба. После выбора контура система предлагает вектор вытягивания. Если не устраивает, надо перевернуть его – Reverse Direction [**Сменить направление**] – либо задать вектор вручную. Расстояние протяжки контура можно задать либо числовыми значениями (в полях Start [**Начало**] и End [**Конец**] установлено значение Value) в полях Distance [**Расстояние**], либо между гранями. Для этого в полях Start [**Начало**] и End [**Конец**] надо установить значение Until Extended [**До расширенного**] и выбрать соответствующие грани. При таком способе построения ширина зуба окажется параметрически связана с шириной венца шестерни, т. е. при изменении ширины венца автоматически изменится ширина зуба. В поле Boolean [**Булевы**] надо выбрать операцию Unite [**Объединение**] для объединения зуба с телом шестерни.

После завершения операции можно сделать слои 2 и 3 невидимыми.

## *Создание массива зубьев*

Для заполнения зубчатого венца зубьями используется команда Insert→Associative Copy→Instance feature [**Вставить→Ассоциативная копия→Элемент массива**]. Сначала надо указать тип массива – Circular Array [**Круговой массив**], в появившемся окне либо с экрана указать объект для размножения – полученный командой **вытягивания** Extrude зуб, в окне **массива** Instance указать параметры массива – **количество** зубьев Number и **угол** между ними Angle, **ОК**. Затем надо задать ось вращения. Для этого нажать кнопку Datum Axis [**Коорд. ось**] и указать с экрана ось вращения. Если все сделано правильно, система изобразит массив контурными линиями и запросит подтверждение – надо нажать Yes [**Да**].

## *Создание фасок и скруглений на зубьях*

Для скругления корней зубьев используется команда Insert→Detail Feature→Edge Blend [**Вставить→Конструктивный элемент→Скругление ребра**]. В окне Edge Blend [**Скругление ребра**] надо указать значение **радиуса** в поле Radius, в поле Settings [**Настройки**] включить опцию Blend All Instances [**Скруглить все элементы массива**] и выбрать ребра у корней любого зуба. После выполнения команды ребра всех зубьев будут скруглены. Аналогично выполняется команда Insert→Detail Feature→Chamfer [**Вставить→Конструктивный элемент→Фаска**]: задается метод Symmetric [**Симметрично**] в поле Cross Section [**Сечение**] для получения равносторонней фаски, выбираются грани зуба, задается значение фаски Distance [**Расстояние**] и, наконец, в поле Settings [**Настройки**] указывается опция Chamfer All Instances [**Фаска по массиву**].

## Лабораторная работа № 3

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА НА ОСНОВЕ ПРИМИТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФОРМЫ

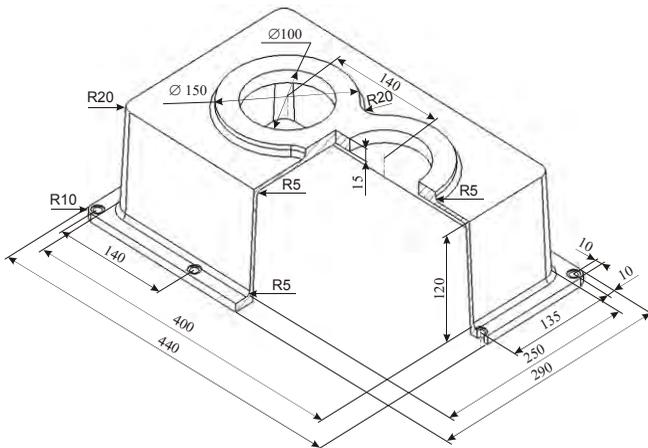
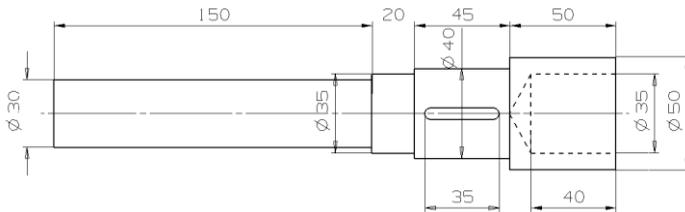
#### Цель работы:

усвоение навыков моделирования твердого тела на основе примитивов с использованием типовых элементов формы в системе САПР UGS NX5 на примере моделирования вала и картерной детали.

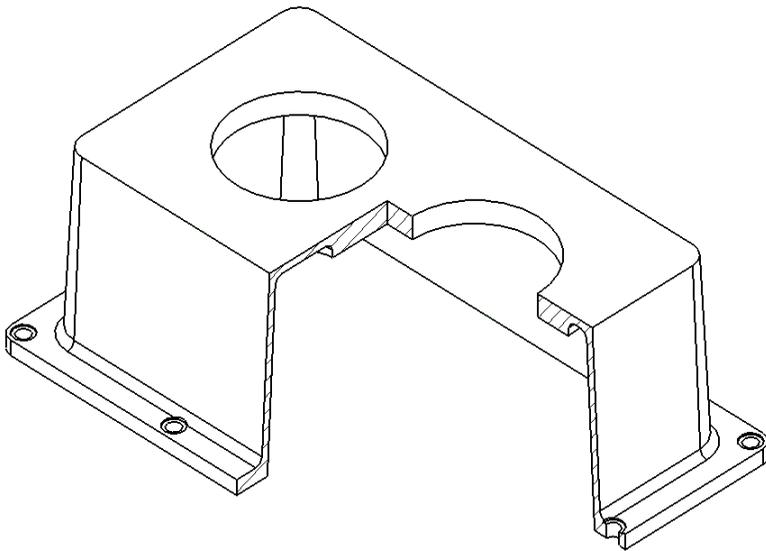
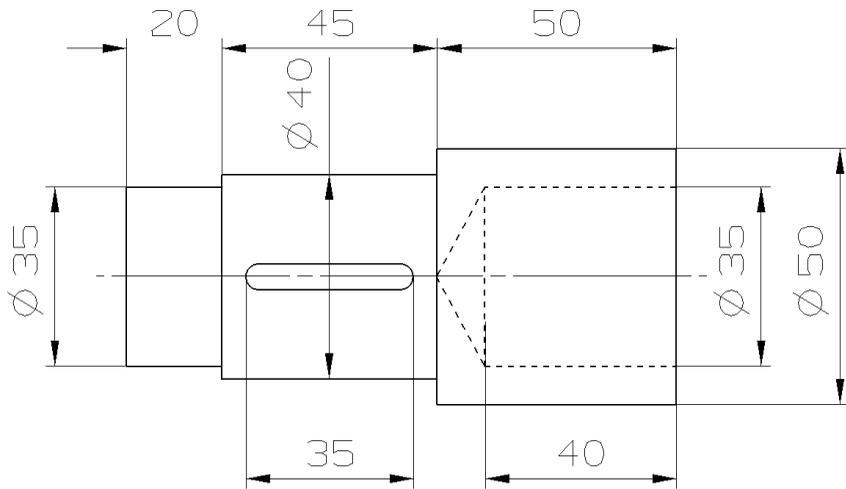
#### Задание

Построить вал, болт и картерную деталь.

#### Вариант № 1 – Первичный вал и картер делителя

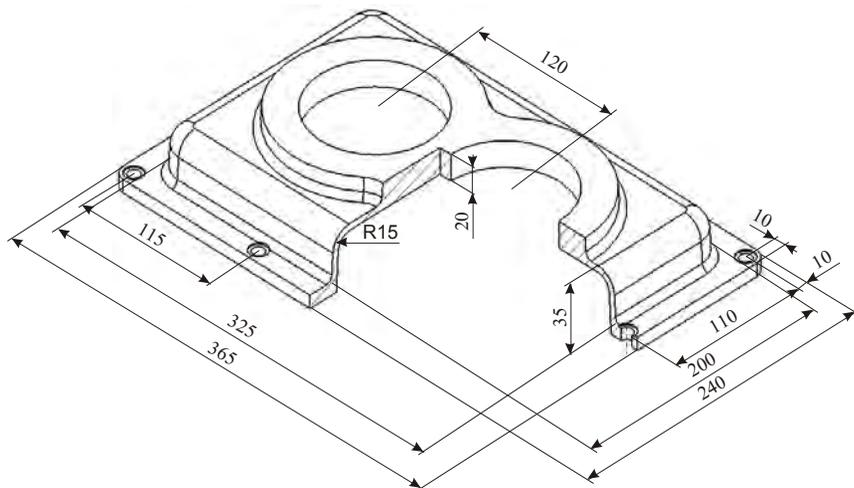
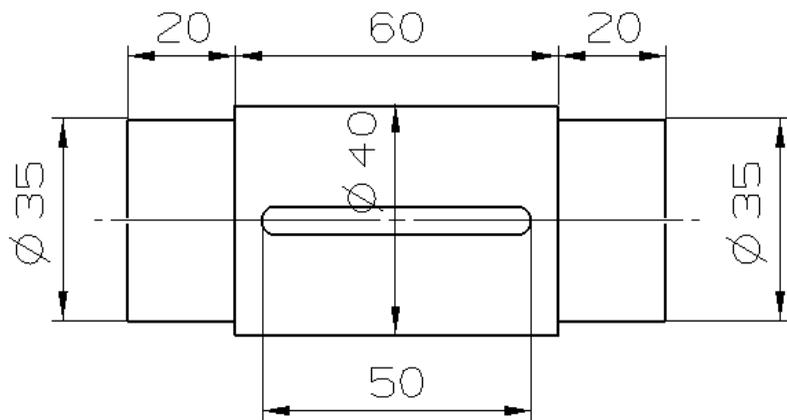


## Вариант № 2 – Вторичный вал и картер делителя



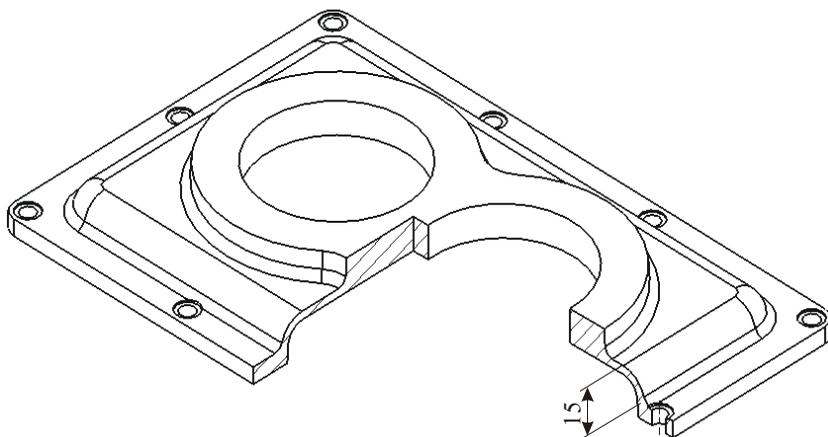
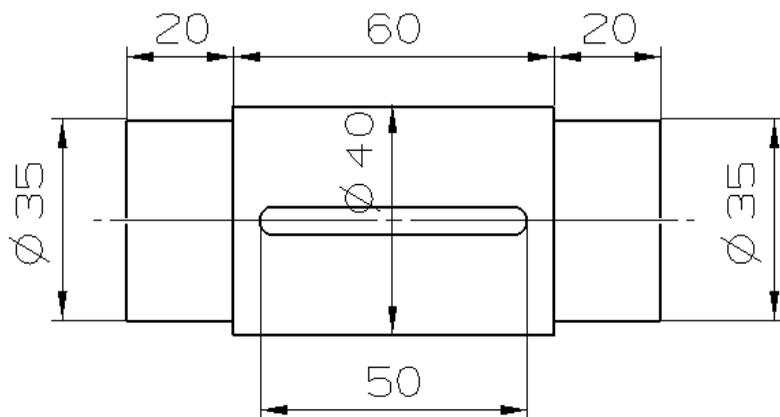
Неуказанные размеры см. в варианте № 1.

### Вариант № 3 – Ведущий вал и картер раздаточной коробки



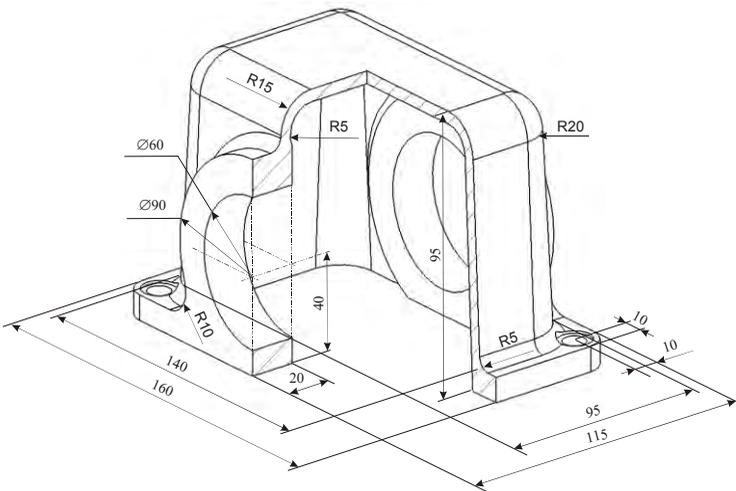
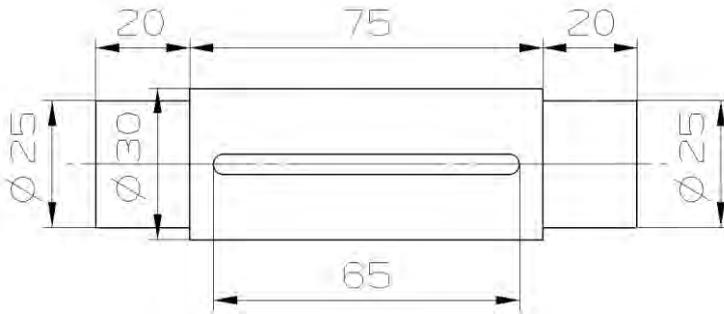
Неуказанные размеры см. в варианте № 1.

**Вариант № 4 – Ведомый вал и крышка картера  
раздаточной коробки**



Неуказанные размеры см. в варианте № 3.

## Вариант № 5 – Вал и картер коробки отбора мощности



Неуказанные размеры для всех вариантов:

- толщина стенки 5 мм
- угол уклона стенок картера и приливов под опоры 3°
- толщина фланца 10 мм
- диаметр крепежных отверстий 10 мм
- диаметр цековки крепежных отверстий 15 мм
- глубина цековки крепежных отверстий 1 мм
- болт М8–6g×30, высота головки 5 мм, длина резьбы 22 мм

## Порядок выполнения

### Подготовительные действия

Создание нового файла и настройки моделирования выполняются таким же образом, как и в лабораторной работе № 1.

### Моделирование вала

Моделирование вала начинается с части вала максимального диаметра. Для этого используется команда Insert→Design Feature→Cylinder [**Вставить→Элементы проектирования→Цилиндр**]. В окне Cylinder [**Цилиндр**] надо задать метод построения – по диаметру и высоте Axis, Diameter, Height [**Ось, Диаметр, Высота**]. В поле задания **оси** Axis надо указать направляющий вектор. Для того чтобы он был направлен вдоль оси X, можно использовать иконку XC Axis [**Ось XC**]. В качестве базовой точки для цилиндра система по умолчанию предлагает начало координат. Далее надо указать значение **диаметра** Diameter и **высоты** цилиндра Height.

Части вала меньшего диаметра достраиваются к основному цилиндру как бобышки командой Insert→Design Feature→Boss [**Вставить→Элементы проектирования→Бобышка**]. Сначала надо указать грань размещения бобышки, задать ее параметры – **диаметр** Diameter и **высоту** Height – и, наконец, запозиционировать ее относительно базового цилиндра. Здесь можно применить метод Point onto Point [**Точка в точку**] – указать образующую окружность базового цилиндра и выбрать опцию Arc Center [**Центр дуги**].

Если вал имеет отверстие, надо выполнить команду Insert→Design Feature→Hole [**Вставить→Элементы проектирования→Отверстие**]. В зависимости от установленной на компьютере версии NX5 команда может быть либо с использованием функционала старых версий NX, либо новой версии. В случае новой версии задается центральная точка отверстия: надо привязаться к центру торцевой грани, указать **форму** отверстия Form – Simple [**Простое**], задать параметры – **диаметр** Diameter, **глубину** Depth, **угол при вершине** Tip Angle=120°, в поле Boolean [**Булевы**] указать операцию **вычитания** Subtract отверстия из вала. В случае интерфейса старых версий NX надо выбрать тип отверстия – Simple [**Простое**], указать грань размещения, задать параметры – **диаметр** Diameter, **глубину** Depth, **угол при вершине** Tip Angle=120°.

Для построения шпоночного паза на цилиндрической поверхности необходимо использовать вспомогательную **координатную плоскость** Datum Plane. Для этого следует выполнить команду Insert→Datum/Point→Datum Plane [**Вставить→База/Точка→Коорд. плоскость**], установить **контекстный** метод задания плоскости Inferred и указать цилиндрическую поверхность.

Для построения шпоночного паза надо выбрать команду Insert→Design Feature→Slot [**Вставить→Элементы проектирования→Паз**], указать тип паза – Rectangular [**Прямоугольный**] (опция Thru Slot [**Сквозной паз**] должна быть выключена), выбрать плоскость, подтвердить направление вырезки паза Accept Default Side [**Принять сторону по умолчанию**] либо изменить на противоположное Flip Default Side [**Сменить сторону по умолчанию**], в качестве горизонтального направления указать цилиндрическую поверхность, задать **ширину** паза Width, **глубину** его проникновения Depth и **длину** паза Length и, наконец, запозиционировать его вдоль вала (например, относительно кромки цилиндрической поверхности). Здесь надо указать метод Horizontal [**Горизонтально**], указать образующую окружность цилиндра и выбрать опцию Arc Center [**Центр дуги**], затем указать среднюю линию паза, ввести соответствующее значение размера, для завершения выполнения команды нажать кнопку **ОК**.

Для того чтобы плоскости не загромождали вид, их надо перенести на слой Layer 2 командой Format→Move to Layer [**Формат→Переместить на слой**].

После окончания моделирования вала можно закрывать рабочий файл.

### *Моделирование болта*

Сначала необходимо создать новый файл и выполнить настройки точности моделирования.

Построение болта начинается с цилиндрической части командой Insert→Design Feature→Cylinder [**Вставить→Элементы проектирования→Цилиндр**]. Направление и базовую точку оси цилиндра можно принять такими, как предлагает система. Далее надо указать значения **диаметра** Diameter = 8 и **высоты** цилиндра Height = 30.

Для создания головки болта надо сначала построить шестиугольник с помощью функций эскиза Sketch. Плоскостью размещения эскиза надо выбрать нижний торец цилиндра. В эскизе создается многоугольник из шести линий и вписанная в него окружность диаметром 13 мм, на линии накладываются ограничения касательности к окружности и равенства длин, а также угол между линиями 120°. Для того чтобы окружность не участвовала в дальнейшем построении, ее надо преобразовать в ссылочную: Tools→Constraints→Convert To/From Reference [Инструменты→Ограничения→Преобразовать в/из ссылку].

Затем командой Insert→Design Feature→Extrude [Вставить→Элементы проектирования→Вытягивание] шестиугольник вытягивается в объемное тело (вектор вытягивания должен быть направлен противоположно цилиндру) на расстояние End Distance = 5. В поле Boolean [Булевые] надо указать операцию объединения Unite головки с цилиндрической частью.

Эскиз необходимо перенести на слой Layer 2.

Для создания фаски надо выполнить команду Insert→Detail Feature→Chamfer [Вставить→Конструктивный элемент→Фаска]. Выбирается ребро цилиндра, указывается тип фаски – Symmetric [Симметричная] и задается значение фаски Distance [Расстояние] = 1.25.

Резбовая часть болта создается командой Insert→Design Feature→Thread [Вставить→Элементы проектирования→Резьба]. В поле Thread Type выбирается тип резьбы – точная Detailed, выбирается цилиндрическая часть болта, с помощью опции Select Start [Выберите начало] задается начальная грань цилиндра для резьбы (если система показывает вектор направления резьбы в неправильном направлении, надо нажать кнопку Reverse Thread Axis [Реверс оси резьбы]), затем задаются параметры резьбы – в частности длина резьбы Length = 22, для завершения команды нажимается кнопка ОК.

### *Моделирование картерной детали*

Сначала необходимо создать новый файл и выполнить настройки точности моделирования.

Построение картера начинается с фланца, определяющего габариты детали в плане. Командой Insert→Design Feature→Block

[**Вставить**→**Элементы проектирования**→**Блок**] задается тип Origin, Edge Lengths [**Начало, длины ребер**], указываются длина Length (XC), ширина Width (YC), высота Height (ZC), в качестве точки привязки можно указать начало координат – 0 0 0.

Собственно картер строится командой Insert→Design Feature→Pad [**Вставить**→**Элементы проектирования**→**Выступ**]. Здесь надо указать тип выступа – Rectangular [**Прямоугольный**], указать грань размещения, указать горизонтальное направление, вдоль которого будет измеряться длина – одно из ребер существующего параллелепипеда, затем задать параметры выступа – длину Length, ширину Width, высоту Height, радиус углов Corner Radius, угол наклона стенок Taper Angle – и, наконец, запозиционировать его, например, относительно одного из углов существующего параллелепипеда. Для этого можно воспользоваться методом Perpendicular [**Перпендикулярный**]: выбрать ребро фланца, к которому задается размер, затем ребро выступа, задать размер, аналогично запозиционировать его по второму ребру, для завершения выполнения команды нажать кнопку **ОК**.

При необходимости можно скруглить ребра сверху картера командой Insert→Detail Feature→Edge Blend [**Вставить**→**Конструктивный элемент**→**Скругление ребра**]. Здесь в поле Radius надо указать значение радиуса и скругляемые ребра.

Так как картер – это тонкостенная деталь, необходимо произвести операцию удаления объема из полученного тела командой Insert→Offset/Scale→Shell [**Вставить**→**Смещение/Масштаб**→**Оболочка**]. Здесь надо указать грань, через которую проводится выемка объема – нижняя грань фланца, в поле Thickness [**Толщина**] указать толщину 5, в поле Alternate Thickness [**Альтернативная толщина**] указать 10 и выбрать верхнюю грань фланца, для завершения выполнения команды нажать кнопку **ОК**. В результате получится тело со стенками толщиной 5 мм, за исключением той грани, где указана толщина 10.

Теперь можно приступить к моделированию опор под вал – они представляют собой подшипниковые гнезда с приливами.

Для вариантов № 1–4:

Приливы под гнезда подшипников строятся как бобышки командой Insert→Design Feature→Boss [**Вставить**→**Элементы проектирования**→**Бобышка**]. После задания всех параметров для пози-

ционирования можно воспользоваться методом Perpendicular [**Перпендикулярный**] либо выбрать Horizontal [**Горизонтальный**], задать горизонтальное направление: выбрать какое-либо ребро, затем выбрать ребро, от которого задается горизонтальный размер, ввести значение размера от ребра до центра бобышки; затем выбрать Vertical [**Вертикальный**], задать ребро и размер, для завершения команды нажать кнопку **ОК**. При позиционировании второй бобышки можно привязаться к первой: когда указывается круговое ребро, надо выбрать опцию Arc Center [**Центр дуги**]. Затем можно сразу построить радиус скругления ребер перехода от бобышки к бобышке командой Insert→Detail Feature→Edge Blend [**Вставить→Конструктивный элемент→Скругление ребра**], указав оба ребра.

Для варианта № 5:

Прилив под гнездо подшипника строится как цилиндр командой Insert→Design Feature→Cylinder [**Вставить→Элементы проектирования→Цилиндр**]. После задания всех параметров в поле Boolean [**Булевы**] надо указать операцию **объединения** Unite цилиндра с картером. Так как цилиндр выступает за пределы фланца, его необходимо обрезать командой Insert→Trim→Trim Body [**Вставить→Обрезка→Обрезка тела**]: надо указать тело, затем в качестве плоскости обрезания выбрать координатную плоскость, лежащую в плоскости фланца XС-УС. После этого система изображает вектор обрезания. Если он не направлен в нужную сторону, надо нажать кнопку Reverse Direction [**Сменить направление**]. Затем можно сразу построить радиус скругления ребер перехода от цилиндра к фланцу командой Insert→Detail Feature→Edge Blend [**Вставить→Конструктивный элемент→Скругление ребра**], указав оба ребра. Прилив на второй стороне картера строится как зеркальный массив. Перед этим надо создать координатную плоскость (относительно которой будет происходить отображение) командой Insert→Datum/Point→Datum Plane [**Вставить→База/Точка→Коорд. плоскость**] посередине картера. Для этого в режиме интуитивного построения Inferred можно указать точку на середине ребра фланца либо задать три точки на серединах ребер, например, фланца. После создания плоскости надо выполнить команду Insert→Associative Copy→Mirror Feature [**Вставить→Ассоциа-**

**тивная копия**→**Зеркальный элемент**]. В качестве элемента для копирования в окне навигатора файла Part Navigator либо с экрана надо указать необходимые элементы – CYLINDER, TRIM\_BODY и EDGE\_BLEND [**Цилиндр, обрезка тела, скругление ребра**]. В качестве плоскости для отображения следует указать построенную координатную плоскость. Для завершения команды надо нажать кнопку **ОК**.

После создания приливов необходимо выполнить отверстия под подшипники. Для этого используется команда Insert→Form Feature→Hole [**Вставить**→**Элементы проектирования**→**Отверстие**]. В зависимости от установленной на компьютере версии NX5 команда может быть либо с использованием функционала старых версий NX, либо новой версии. В случае новой версии задается центральная точка отверстия: надо привязаться к центру торцевой грани бобышки, указать форму отверстия – Simple [**Простое**], задать параметры – **диаметр** Diameter, **предел глубины** Depth – **через тело** Through Body, в поле Boolean [**Булевы**] надо указать операцию **вычитания** Subtract отверстия из детали. В случае интерфейса старых версий NX надо выбрать тип отверстия – Simple [**Простое**], указать грань размещения, затем указать вторую грань, через которую проходит отверстие, задать **диаметр** Diameter, для позиционирования используется метод Point onto Point [**Точка в точку**].

Теперь моделируются отверстия для крепления картера этой же командой, только форма отверстия – Counterbore [**Цековка**], соответственно необходимые параметры – **диаметр цековки** C-Bore Diameter=15, **глубина цековки** C-Bore Depth=1, **диаметр** основного отверстия Hole Diameter=10. Для позиционирования можно применить метод «по вертикали и горизонтали». При использовании интерфейса новой версии (NX5) при позиционировании точки вставки можно воспользоваться возможностями эскиза. Для этого в окне Hole [**Отверстие**] в поле Position [**Положение**] активируется опция Sketch Section [**Эскиз сечения**], система переходит в режим эскизирования, где надо создать точку предполагаемого расположения отверстия и размерными ограничениями задать точное ее положение относительно ребер.

После создания одного отверстия надо сделать массив отверстий командой Insert→Associative Copy→Instance Feature [**Вставить**→**Ассоциативная копия**→**Элемент массива**], тип массива – Rectangular [**Прямоугольный**], выбрать отверстие с цековкой, за-

дать количество объектов вдоль оси X (включая исходный) Number Along XC, расстояние между объектами XC Offset [**Смещение вдоль оси X**], количество объектов вдоль оси Y (включая исходный) Number Along YC, расстояние между объектами YC Offset [**Смещение вдоль оси Y**]. После задания параметров система запрашивает подтверждение – Yes [**Да**]. В случае, если возникает ошибка построения «Tool body completely outside target body», необходимо изменить метод создания с General [**Общий**] на Simple [**Простой**] или Identical [**Одинаковый**]. При появлении в модели лишних элементов построения их необходимо подавить в дереве **навигатора детали** Part Navigator.

Наконец, можно скруглить оставшиеся ребра командой Insert→Detail Feature→Edge Blend [**Вставить→Конструктивный элемент→Скругление ребра**]. При скруглении ребра перехода от картера к фланцу надо изменить Overflow Resolutions [**Разрешения перекрытия**], нажав на соответствующую клавишу: надо выключить опцию Roll on Edges [**Обкатка по ребрам**] и включить Maintain Blend and Move Sharp Edges [**Сохранить скругление и переместить острые ребра**]. Острое ребро останется у отверстия, на которое скругление «наползает» во время построения.

## Лабораторная работа № 4

### СОЗДАНИЕ СБОРКИ

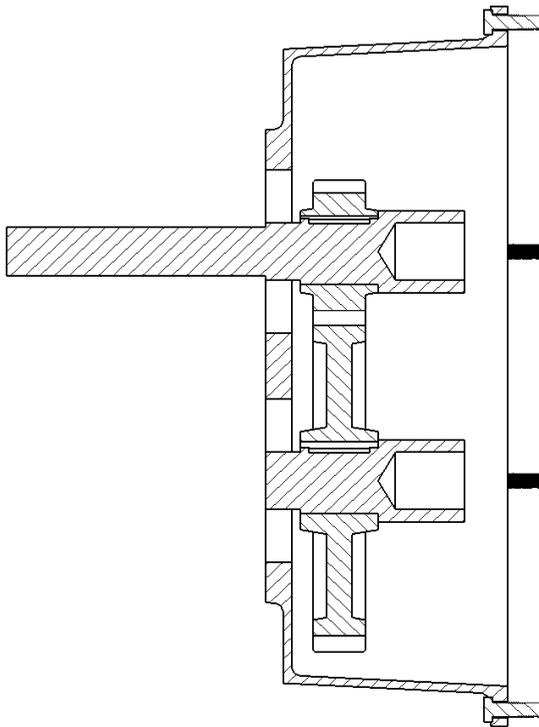
#### Цель работы:

усвоение навыков создания виртуальной сборки трехмерных электронных моделей деталей в системе САПР UGS NX5 на примере картерной детали автомобиля.

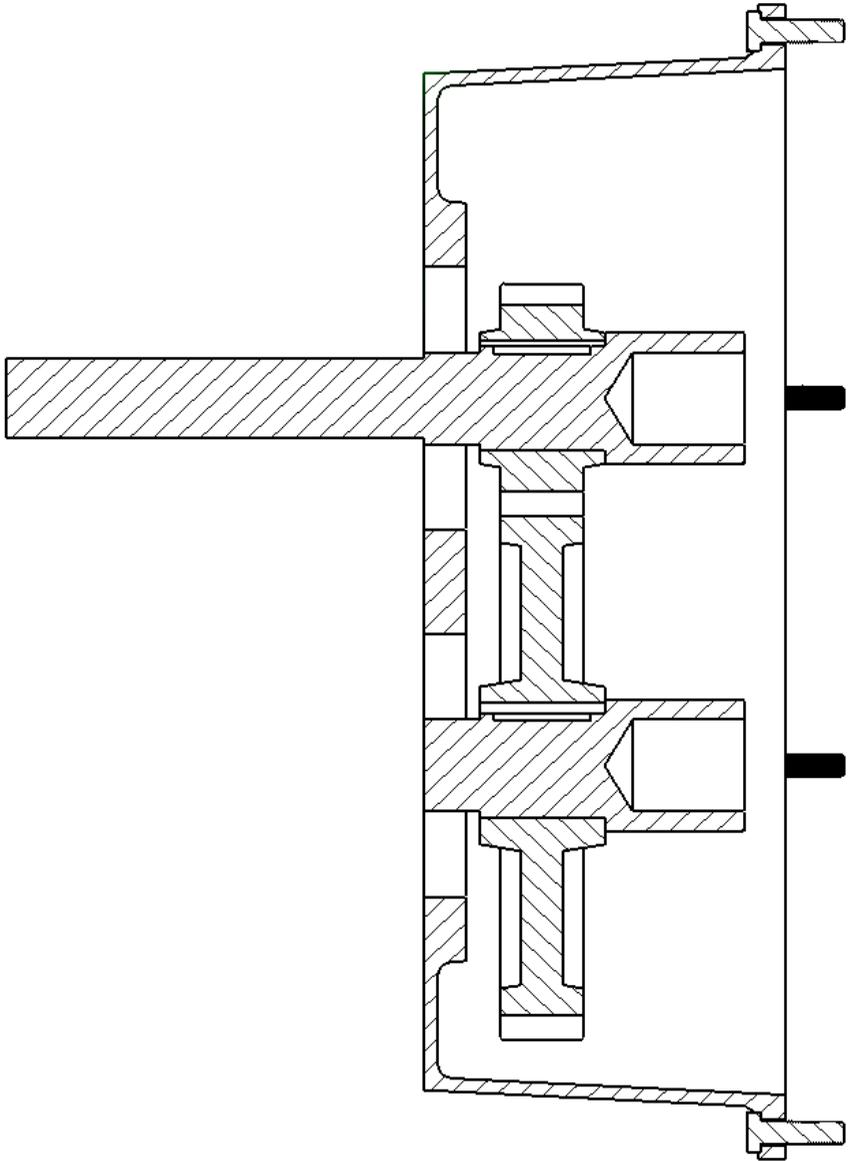
#### Задание

Создать сборку картера по моделям, построенным в лабораторных работах № 2, 3.

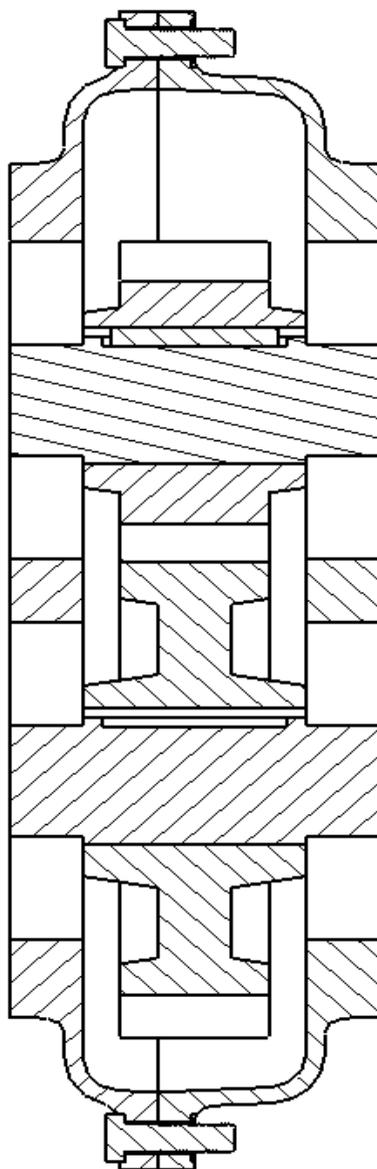
#### Вариант № 1 – Редуктор делителя



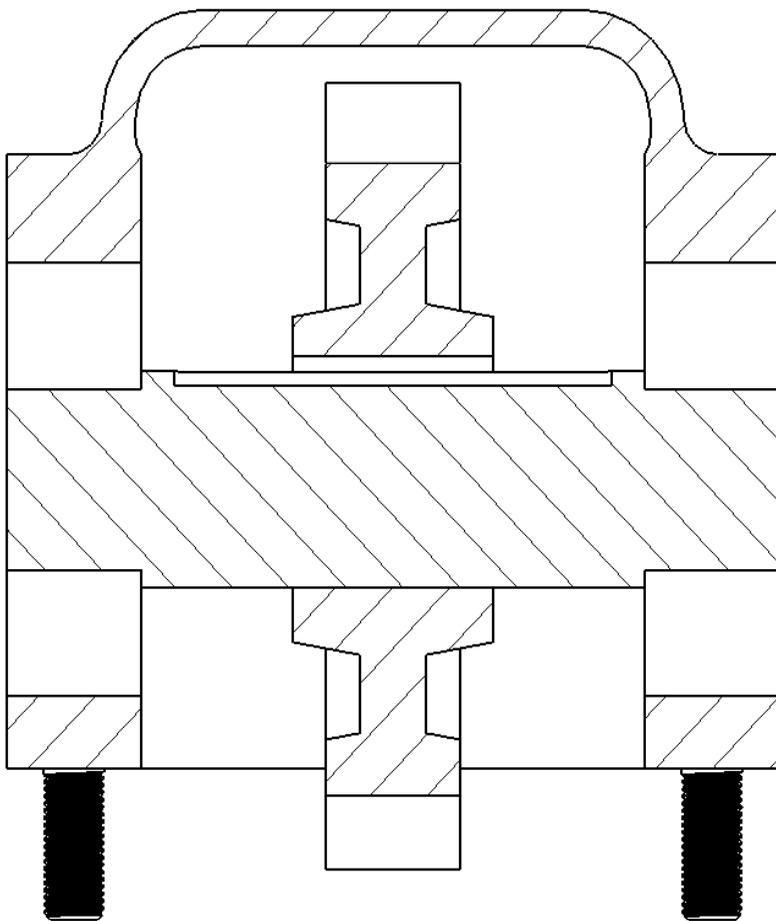
**Вариант № 2 – Редуктор делителя**



**Вариант № 3, 4 – Раздаточная коробка**



**Вариант № 5 – Коробка отбора мощности**



## Порядок выполнения

### *Подготовительные действия*

После загрузки системы NX5 необходимо создать новый файл. В окне File New [**Новый файл**] надо выбрать закладку нужного **шаблона** Templates – для моделирования это закладка Model [**Модель**]. В списке шаблонов выбирается шаблон Assembly [**Сборка**] – в этом случае после создания файла будет автоматически загружен модуль сборки Assembly [**Сборки**] и откроется окно добавления компонентов в сборку.

### *Создание подсборки вала с шестерней*

Сначала надо загрузить в сборку компонент «вал». Для этого надо выполнить команду Assemblies→Components→Add Component [**Сборки→Компоненты→Добавить компонент**]. Система требует указать нужный файл. Надо нажать кнопку Open [**Открыть**] и указать нужный файл. В поле Placement [**Расположить**] необходимо указать метод **позиционирования** Positioning – Absolute Origin [**Абсолютное начало**] – деталь будет размещена в координатной системе так же, как и в исходном файле; в поле Settings [**Настройки**] надо указать настройки слоев Layer Options [**Опции слоя**] – Original [**Исходный**] – сохраняются настройки исходного файла. Для добавления компонента следует нажать кнопку **ОК**.

Теперь надо добавить в сборку компонент «шестерня». Надо повторить команду **добавления компонента**, но в поле Placement [**Расположить**] задать метод позиционирования Mate [**Сопряжение**]. После нажатия кнопки **ОК** система автоматически откроет окно Mating Condition [**Условия сопряжения**], и в отдельном окне Component Preview [**Просмотр компонент**] откроется изображение вставляемого компонента.

Теперь необходимо связать шестерню с валом. Для задания соосности надо выбрать опцию Center [**Центр**], указать посадочную поверхность на шестерне и посадочную поверхность на валу. После нажатия кнопки Apply [**Применить**] шестерня будет размещена соосно валу, а система покажет стрелками оставшиеся степени свободы. Выбрав опцию Align [**Выравнивание**], надо указать торце-

вую поверхность на шестерне и соответствующую торцевую поверхность на валу. После этого останется только вращательная степень свободы. Чтобы зафиксировать ее, необходимо выбрать опцию Parallel [**Параллельный**], указать плоскую грань шпоночного паза на шестерне и плоскую грань шпоночного паза на валу. Если пазы получились диаметрально противоположными, следует нажать кнопку Alternate Solution [**Альтернативное решение**]. Для завершения команды надо нажать кнопку **ОК**.

### *Создание шпонки в контексте сборки*

В системе NX5 имеется возможность создавать модели деталей в контексте сборки, причем параметрически связывать их при этом с другими деталями сборки.

Для создания шпонки надо сначала создать новый файл для модели шпонки командой Assemblies→Components→Create New [**Сборки→Компоненты→Создать новый**]. В окне выбора объектов Class Selection [**Выбор по классу**] ничего не указывается, после нажатия кнопки **ОК** в окне Create New Component [**Создание нового компонента**] записывается имя файла для шпонки (в списке шаблонов выбирается шаблон Model). После завершения команды в **навигаторе сборки** Assembly Navigator появится новый компонент. Выделив его и нажав правую клавишу мыши, во всплывающем меню надо выбрать команду Make Work Part [**Сделать рабочей деталью**]. При этом все остальные детали затеняются серозеленым цветом.

Далее надо загрузить модуль **моделирования** Modeling и выполнить команду Insert→Associative Copy→Wave Geometry Linker [**Вставить→Ассоциативная копия→Геометр. связи WAVE**]. В появившемся окне следует задать тип связи – Composite Curve [**Сложная кривая**], в окне правил выбора задать Single Curve [**Единственная кривая**] и указать нижние две прямые линии шпоночного паза на валу, для создания линий нажать клавишу Apply [**Применить**], затем в окне Wave Geometry Linker [**Редактор геометрических связей**] задать тип Face [**Грань**] и выбрать верхнюю грань шпоночного паза на шестерне. Для завершения команды нажать **ОК**. Чтобы изображения вала и шестерни не мешали при построении, следует выключить их в **Навигаторе сборки**, указав мышью на птичку возле названия файла.

Используя команду Insert→Curve→Line [**Вставить→Кривые→Прямая**], надо замкнуть две линии, полученные из файла вала, чтобы получился контур. Этот контур надо вытянуть командой Insert→Design Feature→Extrude [**Вставить→Элементы проектирования→Вытягивание**] до поверхности паза шестерни, для чего в поле Limits [**Ограничения**] следует указать способ задания **конечного расстояния** End – Until Extended [**До расширенного**] – и задать в качестве ограничивающего объекта извлеченную из шестерни грань.

В дальнейшем при изменении размеров пазов на валу и шестерне шпонка автоматически будет повторять эти изменения. Все объекты, кроме твердотельной модели шпонки, следует перенести на слой 2 или 3 и включить изображение вала и шестерни.

### *Создание сборки редуктора*

Для сборки редуктора необходимо создать новый файл и добавить в него компонент «картер» командой Assemblies→Components→Add Component [**Сборки→Компоненты→Добавить компонент**]. Затем добавить подсборку вала с шестерней и методом Mate [**Сопряжение**] запозиционировать ее. Здесь можно наложить условие соосности Center [**Центр**] вала и отверстия под подшипник, условие **выравнивания** Align торцевых поверхностей вала и приливов под подшипники и т. п. В вариантах 1–4 необходимо взять подсборку второго вала у соседнего варианта и добавить ее в сборку своего картера, а в вариантах 3–4 дополнительно взять еще крышку либо картер и добавить в сборку. В этом случае можно выполнить выравнивание по двум отверстиям и посадочным поверхностям фланцев. Можно также воспользоваться командой Assemblies→Components→Reposition Component [**Сборки→Компоненты→Переставить компонент**], где выбрать метод позиционирования нужного компонента в пространстве без привязки к другим компонентам.

Теперь необходимо расположить болты в отверстиях. Болт добавляется в сборку обычным способом добавления компонента, позиционируется методами **сопряжения** Mate и соосности Center [**Центр**]. Если в окне Add Component [**Добавить компонент**] в поле Replication [**Дублирование**] указать опцию Multiple Add –

Array After Add [**Добавить несколько – Массив после добавления**], то после позиционирования автоматически открывается окно Create Component Array [**Создание массива компонент**]. В противном случае надо выполнить команду Assemblies→Components→Create Array [**Сборки→Компоненты→Создать массив**], выбрать компонент «болт», в окне Create Component Array [**Создание массива компонент**] выбрать опцию From Instance Feature [**От образца элемента**], в результате болты будут расположены по массиву отверстий.

### *Проверка зазоров в сборке*

Для проверки зазоров в сборке необходимо выполнить команду Assemblies→Components→Check Clearance [**Сборки→Компоненты→Проверка зазоров**], выбрать объекты для проверки, и система выдаст список деталей с указанием их взаимного положения.

В табл. 4.1 указаны типы пересечений, выявляемых опцией Check Clearance [**Проверка зазоров**].

Таблица 4.1

Типы пересечений

| Название  | Описание   |
|---|--|
| Soft Interference<br>[ <b>Условное пересечение</b> ]  | Расстояние между двумя телами меньше допуска, но они не касаются друг друга          |
| Touching Interference<br>[ <b>Касание</b> ]           | Два объекта касаются друг друга, но не пересекаются                                  |
| Hard Interference<br>[ <b>Настоящее пересечение</b> ] | Объекты пересекают друг друга, т. е. существует область, занимаемая обоими объектами |
| Containment Interference<br>[ <b>Вложенность</b> ]    | Один объект полностью находится внутри другого объекта                               |

Нажав на кнопку Isolate Interference [**Изолировать пересечение**], можно увидеть только те тела, которые контактируют (пересекаются) друг с другом, остальные исчезнут с экрана. Для того чтобы посмотреть, где именно пересекаются тела, служит команда Analysis→Simple Interference [**Анализ→Простая интерферен-**

ция]. Если выбрать в качестве результата проверки Interference Check Results опцию Highlighted Face Pairs [**Подсветить пары граней**] и два объекта для проверки, система будет подсвечивать контактирующие (пересекающиеся) поверхности. При выборе опции Interference Body [**Тело пересечения**] система создаст области пересечения в виде объемных тел.

### *Создание вида с разнесенными компонентами*

Для создания вида с разнесенными компонентами надо выполнить команду Assemblies→Exploded Views→New Explosion [**Сборки→Разнесенные виды→Новое разнесение**]. После задания имени следует выполнить команду Assemblies→Exploded Views→Auto-Explode Component [**Сборки→Разнесенные виды→Авторазнесение компонент**], выбрать компоненты для разнесения и ввести расстояние, на которое компоненты разносятся. При необходимости можно выполнить команду Assemblies→Exploded Views→Edit Explosion [**Сборки→Разнесенные виды→Изменить разнесения**], выбрать компонент Select Object [**Выберите объекты**], переключиться на задание движения Move Object [**Перемещение объектов**], указать мышью на ось системы координат объекта и задать **расстояние** Distance либо вручную перенести компонент в нужную позицию.

Чтобы скрыть разнесенный вид, надо выполнить команду Assemblies→Exploded Views→Hide Explosion [**Сборки→Разнесенные виды→Убрать разнесение**].

## Лабораторная работа № 5

### СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА

#### Цель работы:

усвоение навыков создания чертежа по трехмерной электронной модели детали в системе САПР UGS NX5 на примере картерной детали автомобиля.

#### Задание

Создать чертеж картерной детали по модели, построенной в лабораторной работе № 3.

#### Порядок выполнения

##### *Подготовительные действия*

После загрузки системы NX5 необходимо открыть файл модели. Затем следует загрузить модуль **черчения** Drafting (меню кнопки Start [**Начало**]).

При создании нового чертежа автоматически открывается окно команды Insert→Sheet [**Вставить→Лист**], в котором надо указать **стандартный размер** чертежа Standard Size либо **нестандартный заданный размер** Custom Size, **масштаб** Scale, при необходимости изменить наименование чертежа Drawing Sheet Name [**Имя листа чертежа**]; задать **единицы** измерения Units – Millimeters [**Миллиметры**], тип **проекции** – 1st angle projection [**1-я угловая проекция**]. Опцию автоматического вызова команды вставки базового вида Automatically Start Base View Command [**Команда автозапуска базового вида**] имеет смысл отключить, так как сначала надо выполнить настройки чертежа согласно требованиям ЕСКД.

##### *Настройки чертежа*

По команде Preferences→Drafting [**Настройки→Чертеж**] устанавливаются общие настройки модуля черчения. Здесь на странице View [**Вид**] надо отключить опцию отображения границ видов Display Borders [**Отобразить границы**].

По команде Preferences→Visualisation [**Настройки→Визуализация**] устанавливаются настройки изображения. Так, на странице Color Settings [**Установка цветов**] в поле Drawing Part Settings [**Настройки чертежа детали**] нужно включить опцию Show Width [**Показать толщину**] для того, чтобы была видна толщина линий на чертеже, а также опцию Monochrome Display [**Монохромное отображение**] для того, чтобы все линии были черными.

### *Настройки аннотации*

По команде Preferences→Annotation [**Настройки→Аннотации**] открывается одноименное диалоговое окно Annotation Preferences [**Настройки аннотации**], содержащее опции для настройки различных параметров размеров, выносных и размерных линий, надписей, условных обозначений, единиц измерения, штриховки/закраски и т. д., а также для работы с допусками формы и расположения. Содержание диалогового окна может меняться в зависимости от выбранной клавиши-переключателя в верхней части окна. Нажимая эти клавиши, можно как бы «листать» различные страницы. Каждая клавиша открывает свою одноименную страницу и дает доступ к опциям, сгруппированным по определенному признаку (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Страницы диалогового окна настройки аннотации,  
в которых необходимо изменить настройки

| Название                | Описание, необходимые настройки  |
|-------------------------|--|
| Units<br>[Единицы]      | Настройки формата вывода значений линейных и угловых размеров, а также формата двойного измеривания. В поле Linear Format and Units [ <b>Формат линейных размеров и единиц</b> ] установить Millimeters [ <b>Миллиметры</b> ]. |
| Dimensions<br>[Размеры] | Настройки размеров (параметры изображения стрелок, выносных и размерных линий, допуски и точность представления, тип размещения, угол ориентации размерного текста).   |

| Название                          | Описание, необходимые настройки  |
|-----------------------------------|--|
| Dimensions<br>[Размеры]           | <p>Установить следующие параметры:<br/>           Размещение размерного текста – Automatic Placement<br/> <b>[Автоматическое Расположение]</b>  – система изображает «резиновую размерную линию», которую можно перемещать только в одном направлении. Независимо от позиции курсора размерный текст будет размещен в середине размерной линии;<br/>           Ориентация размерного текста – Text Over Dimension<br/> <br/> <b>Line [Текст по линии размера]</b> ;<br/>           В поле <b>точности и допуска</b> Precision and Tolerance – простановка целых значений размеров Nominal-X <b>[Номинал-X]</b>, No Tolerance <b>[Нет допуска]</b> </p> |
| Line/Arrow<br>[Линии/<br>Стрелки] | <p>Настройки, применяемые к выноскам, стрелкам, выносным линиям (в составе размеров и другой чертежной аннотации). Установить следующие параметры:<br/>           Изображение стрелок – Filled Arrow <b>[Закрашенная стрелка]</b>;<br/>           Длина стрелки <b>A</b> = 5 мм; Угол стрелки <b>B</b> = 20°;<br/>           Расстояние от образмериваемой точки объекта до конца выносной линии <b>H</b> = 0 мм;<br/>           Расстояние захода выносной линии за размерную линию <b>E</b> = 2 мм</p>   |
| Radial<br>[Радиус]                | <p>Настройки для размеров, показывающих радиус или диаметр.<br/>           Установить следующие параметры:<br/>           Diameter Symbol <b>[Символ диаметра]</b> Ø;<br/>           Radius Symbol <b>[Символ радиуса]</b> R;<br/>           Размещение размерного текста относительно полки выноски – Text Above Stub <b>[Текст над выноской]</b><br/> </p>  |
| Lettering<br>[Текст]              | <p>Настройки текста, используемого в размерах, допусках, обозначениях и т. д.<br/>           Установить Character Size <b>[Размер символа]</b> 5 мм, кириллический шрифт, например, Cyrillic, цвет надписей задать «черный»</p>  |

### *Настройки изображения линии сечения*

По команде Preferences→Section Line [**Настройки→Линия сечения**] открывается окно, которое управляет изображением линий сечения, создаваемых на чертеже. Можно менять цвет, фонт, толщину и стиль линии сечения и настраивать параметры изображения стрелки линии сечения (длину «наконечника» стрелки, угол при вершине «наконечника» стрелки, длину сегмента стрелки).

Необходимо установить следующие параметры:

- длину «наконечника» стрелки **A** = 7 мм;
- длину стрелки **B** = 15 мм;
- угол при вершине «наконечника» стрелки **C** = 20°;
- длина линии выноски **D** = 10 мм;
- длина полки **E** = 5 мм;
- стиль стрелки Filled [**Закрашенный**];
- отображение линии сечения ISO128;
- опция Display Label [**Отобразить метку**] должна быть включена.

### *Настройки обозначения видов*

По команде Preferences→View Label [**Настройки→Метка вида**] можно выполнить настройки обозначений видов. Закладка Detail [**Местный**] открывает доступ к настройкам обозначений местного вида, закладка Section [**Сечение**] – к настройкам обозначений сечений. Здесь надо включить опцию View Label [**Название вида**], затем View Letter [**Буква вида**], установить Position – Above [**Выше**] и удалить префикс [Prefix] в обозначении вида.

### *Настройки изображения чертежного вида*

По команде Preferences→View [**Настройки→Вид**] открывается окно, которое управляет изображением скрытых и очерковых линий, линий заднего плана сечений и сглаженных ребер. При создании местного вида характеристики его изображения (т. е. изображения скрытых линий, сглаженных ребер, наличие автоматического обновления) «наследуются» от родительского вида независимо от того, какие параметры заданы в диалоговом окне View Preferences [**Настройки вида**]. Однако с помощью этого диалогового окна можно изменить характеристики уже существующего местного вида.

Содержание диалогового окна может меняться в зависимости от выбранной клавиши-переключателя в средней части окна. Нажимая эти клавиши, можно как бы «листать» различные страницы. Каждая клавиша открывает свою одноименную страницу и дает доступ к опциям, сгруппированным по определенному признаку. На каждой странице задается цвет/фонт/толщина линий выбранного типа, а также некоторые другие параметры, уникальные для этого типа.

Необходимо установить следующие параметры:

– на странице General [**Общий**] опция Silhouettes [**Силуэтные линии**] должна быть включена;

– на странице Hidden Lines [**Невидимые линии**] опция Hidden Lines [**Невидимая линия**] должна быть включена, установлены соответствующие тип линии и толщина;

– на странице Smooth Edges [**Плавные ребра**] опция Smooth Edges [**Плавные ребра**] должна быть выключена;

– на странице Section [**Сечение**] должны быть включены опции Background [**Фон**] и Crosshatch [**Штриховка**].

### *Импорт рамки в чертеж*

Для импорта рамки чертежа надо выполнить команду File→Import→Part [**Файл→Импорт→Деталь**], которая импортирует файл с существующей рамкой (точка вставки 0 0 0).

### *Добавление базового вида в чертеж*

Для добавления базового вида в чертеж надо выбрать команду Insert→View→Base View [**Вставить→Вид→Базовый вид**] и выбрать нужный вид (к примеру, вид **спереди** [FRONT]) из списка видов (при необходимости можно задать масштаб), затем указать курсором его позицию на чертеже.

### *Добавление проекционного вида*

После импорта базового вида в чертеж необходимо добавить другие виды, имеющие проекционную связь с базовым (команда Insert→View→Projected View [**Вставить→Вид→Проецированный вид**]). Система предлагает ортогональные виды относительно

автоматически сгенерированной оси разворота. Вспомогательные линии позволяют выровнять виды. **Линию разворота** Hinge Line можно задать вручную, чтобы получить дополнительный вид.

### *Добавление разреза и сечения*

Теперь, когда размещены основные виды, необходимо добавить местные виды, разрезы и сечения. Для того чтобы добавить разрез (сечение), надо выбрать команду Insert→View→Section View [**Вставить→Вид→Вид сечения**]. Сначала надо выбрать родительский вид, по которому строится разрез. Следующий шаг – построение линии сечения. Сначала надо задать точку, через которую проходит разрез. Если строится простой разрез (полученный в результате пересечения модели одной секущей плоскостью), достаточно задать точку расположения вида сечения на чертеже. Плоскость разреза будет перпендикулярна воображаемой линии, соединяющей родительский вид и вид сечения. В случае построения сложного сечения в окне Section View [**Вид сечения**] в поле Section Line [**Линия сечения**] с помощью клавиши Add Segment [**Добавить сегмент**] надо добавить дополнительные точки, через которые будет проходить разрез, в этом же поле с помощью клавиши Move Segment [**Переместить сегмент**] можно изменить положение линии сегмента разреза; в поле Hinge Line [**Линия разворота**] надо задать линию, перпендикулярно которой будет вектор взгляда Define Hinge Line [**Задать линию шарнира**], или воспользоваться интуитивной привязкой Infer Hinge Line [**Контекстная линия**]. Можно изменить предлагаемое направление на противоположное, нажав кнопку Reverse Direction [**Сменить направление**].

Построение сечения выполняется в таком же порядке. После создания сечения надо дважды выбрать его мышью, в открывшемся окне View Style [**Стиль вида**] на странице Section [**Сечение**] включить опцию Background [**Фон**]. После этого на виде останется только сечение без объектов за ним.

Для создания местного вида надо воспользоваться командой Insert→View→Detail View [**Вставить→Вид→Местный вид**]: указать на родительском виде позицию, которая будет использоваться в качестве центра создаваемого местного вида, и вторую точку, позиция которой определяет радиус границы. Для выбора можно использовать стандартные опции построения точек.

Для создания местного разреза надо воспользоваться командой Insert→View→Break-Out Section View [**Вставить→Вид→Вид местного разреза**]. На таком чертежном виде изображается модель, из которой как бы «вырван кусок», и можно заглянуть внутрь детали. Область разреза задается замкнутым контуром, составленным из произвольных линий. Контур можно создать двумя способами:

1. Создать контур в модуле Drafting [**Черчение**] в соответствующем виде. Для этого надо перейти в расширенный режим (команда Expand Member View [**Расширить элемент вида**] из меню нажатием правой кнопки мыши или View→Operation→Expand [**Вид→Операция→Расширить**]) и построить линию контура разреза командами построения линий. Контур может быть незамкнутым. В этом случае система сама замкнет его.

2. Создать контур в модуле Modeling [**Моделирование**]. Для того чтобы контур воспринимался системой не как часть модели, надо преобразовать его в видозависимый в модуле Drafting [**Черчение**]. Для этого надо выбрать команду Edit→View→View Dependent Edit [**Изменить→Вид→Видзависимое редактирование**], указать соответствующий вид, выбрать иконку конвертирования Model to View



[**Модели в вид**] и указать линии контура. После завершения команды модельные линии преобразуются в видозависимые линии и их можно будет указывать в качестве линий контура.

Для создания местного разреза надо выполнить следующие действия:

1. После вызова команды Break-Out Section View [**Вид местного разреза**] в одноименном окне выбрать опцию Create [**Создать**].

2. Выбрать вид  с линиями контура.

3. Указать базовую точку , где будет находиться плоскость сечения. Эту точку лучше указывать на ортогональном виде.

4. Задать вектор выреза , перпендикулярный плоскости сечения. Можно принять предлагаемый системой или задать собственный.

5. Выбрать линии контура .

6. При необходимости отредактировать точки контура



7. Нажать клавишу Apply [**Применить**] для создания местного разреза.

### *Простановка размеров*

После того как все виды размещены на чертеже, можно приступить к простановке размеров. Для простановки размера надо выбрать команду Insert→Dimension [**Вставить→Размер**], указать тип размера (например, Horizontal [**Горизонтально**] или Vertical [**Вертикально**]) либо воспользоваться интуитивным способом Inferred [**Контекстный**]. Если необходимо, можно задать параметры, влияющие на изображение и размещение размера. И наконец, указать объекты, которые должны быть образмерены.

### *Нанесение надписей*

Кроме размеров, необходимо нанести на чертеж надписи, метки и другие вспомогательные символы. Надписи и метки можно сделать с помощью текстового редактора, который вызывается командой Insert→Text [**Вставить→Текст**]. Надписи/метки состоят из текста и/или условных обозначений. Условные обозначения доступны в поле Symbols [**Символы**] окна Text [**Текст**]. Работая в текстовом редакторе, можно создавать обозначения допусков формы и расположения **GD&T** [**СФиР**] и др. Для вставки в чертеж других обозначений (идентификаторов позиции и вспомогательных обозначений) можно использовать опции меню Insert→Symbol [**Вставить→Символ**] (например, нанесение центровых линий отверстий и осей симметрии).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выполнение лабораторных работ дает возможность освоить систему на примерах моделирования деталей автомобиля. Хорошо усвоенная при выполнении лабораторных работ методика моделирования может помочь в дальнейшей самостоятельной работе будущего специалиста при решении задач моделирования реальных деталей.

Учебное издание

**ВИХРЕНКО** Дмитрий Вячеславович

**ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Методическое пособие по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение»

Редактор *В. О. Кутас*  
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 25.02.2013. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 200. Заказ 410.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.