

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный университет кораблестроения
имени адмирала Макарова

**А. А. КАРПЕЧЕНКО, А. В. ЛАБАРТКАВА,
М. В. МАТВИЕНКО, АЛ. В. ЛАБАРТКАВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения лабораторных работ
в системе автоматизированного проектирования
"T-FLEX CAD"**

Рекомендовано Методическим советом НУК

Электронное издание
комбинированного использования на DVD-ROM



НИКОЛАЕВ ♦ НУК ♦ 2015

УДК 621.791:004.896(076)
ББК 30.61:30.2я73
М 54

Автори:

А. А. Карпеченко, канд. техн. наук;
А. В. Лабарткава, канд. техн. наук, доцент;
М. В. Матвієнко, канд. техн. наук;
Ол. В. Лабарткава, магістр, асистент

Рецензент С. В. Драган, канд. техн. наук, професор НУК

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт у системі автоматизованого проектування "T-FLEX CAD" / А. А. Карпеченко, А. В. Лабарткава, М. В. Матвієнко, Ол. В. Лабарткава. – Миколаїв : НУК, 2015. – 77 с.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості і практичні завдання, необхідні для виконання лабораторних робіт з дисциплін "САПР у зварюванні", "Комп'ютерні методи аналізу інформації та обробка зображень".

Призначені для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями 05050401 "Технологія та обладнання зварювання", напрям підготовки 6.050504 "Зварювання" та 05040303 "Композиційні і порошкові матеріали, покриття", напрям підготовки 6.050403 "Інженерне матеріалознавство".

УДК 621.791:004.896(076)
ББК 30.61:30.2я73

Навчальне видання

КАРПЕЧЕНКО Антон Анатолійович
ЛАБАРТКАВА Андрій Володимирович
МАТВІЄНКО Максим Валентинович
ЛАБАРТКАВА Олександр Володимирович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання лабораторних робіт
у системі автоматизованого проектування
"T-FLEX CAD"**

Комп'ютерне верстання *А. В. Платонова*
Коректор *М. О. Паненко*

© Карпеченко А. А., Лабарткава А. В.,
Матвієнко М. В., Лабарткава Ол. В., 2015
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2015

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 4,5. Об'єм даних 4843 кб.
Тираж 15 прим. Вид. № 37. Зам. № 47.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD

(6 часов)

Цель работы: изучение интерфейса, настройка параметров, получение практических навыков по эскизному черчению при создании в режиме эскиза простейшего чертежа детали типа "Вал" и "Шестерня", оформление чертежа.

ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ

На рис. 1.1 представлено окно системы T-flex с указанием его основных элементов.

Не показанные на рис. 1.1 окна "Структура 3D модели" и "Окно диагностики" будут изучены при создании трехмерных объектов. Надо учесть и то, что любой из элементов интерфейса можно переместить в произвольное положение или отключить. Поэтому при запуске системы Вы можете увидеть совершенно другую картину. Включить или выключить отдельные элементы интерфейса позволяет контекстное меню, вызываемое при указании мышью на любую из инструментальных панелей.

В данной лабораторной работе рассмотрены вопросы управления изображением и механизм отмены выполненных команд.

Остальные элементы интерфейса будут рассматриваться по мере необходимости в ходе дальнейшего изложения материала.

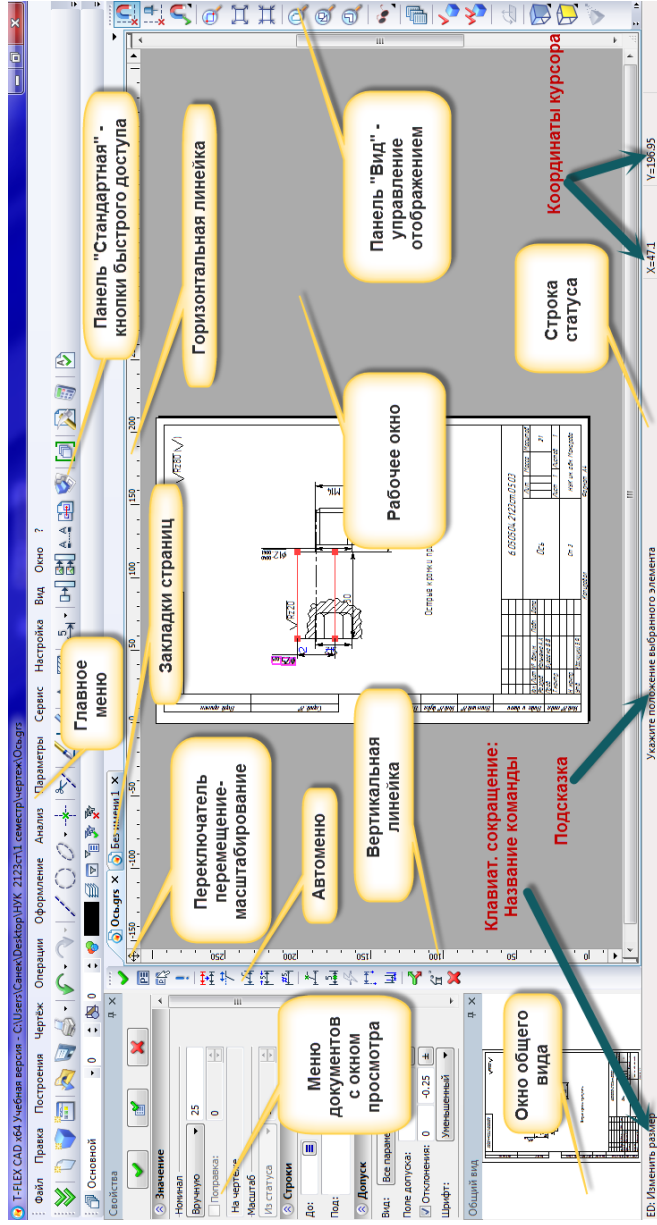


Рис. 1.1. Элементы интерфейса системы T-flex

Панель "Вид" позволяет выполнить следующие действия по управлению изображением:



Объектная привязка

Включить/выключить автоматическую параметризацию

Привязки

Масштаб

Увеличить

Уменьшить

Все изображение

Максимизировать

Показать выбранные элементы

Показать/скрыть

Страницы

Обновить 3D модель

Полный пересчет

Развернуть по нормали

Стиль отображения

Точка взгляда

Перспективная проекция

Параметры панелей инструментов

На рис. 1.2 показана линейка рабочего окна, которую можно использовать для сдвига изображения (*а*) или для его плавного масштабирования (*б*).

Переключение режимов осуществляется щелчком мыши на кнопке, показанной на рисунке стрелкой.

Окно общего вида отображает часть чертежа, расположенную в пределах рамки формата (рис. 1.3, *а*). Чертить можно и за пределами формата, однако следует учитывать, что к ее размерам привязывается основная надпись и рамка чертежа. Кроме того, в учебной версии распечатать можно только изображение, расположенное в границах рамки формата.

В окне общего вида инверсная область показывает текущие границы рабочего окна. С помощью мыши здесь можно задать новые границы отображения.

Включить окно "Общий вид" можно через **Главное меню/Настройки/Окно/Окно общего вида** (Либо сочетанием клавиш **Alt+0**) (рис. 1.3,б).

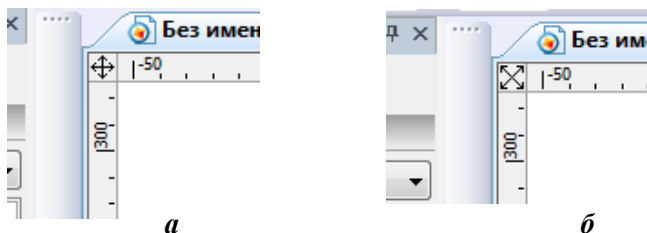


Рис. 1.2. Линейка рабочего окна

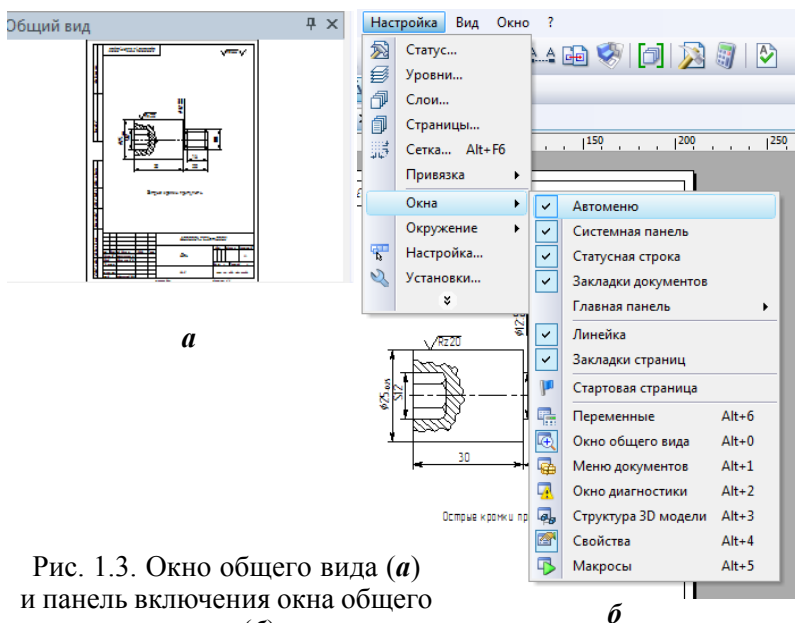
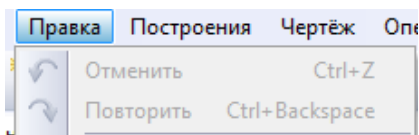


Рис. 1.3. Окно общего вида (а)
и панель включения окна общего
вида (б)

Группа команд меню **Правка** (рис. 1.4) предназначена для отмены ошибочно выполненных действий или для возврата отмененных. По умолчанию система помнит 50 последних команд. Длину очереди команд можно изменить через меню **Настройка/Установки/Разное**.

Рис. 1.4. Меню Правка на панели Главного меню



Команды "отката" представлены кнопками  на панели "Стандартная".

НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ

Доступ к настройкам осуществляется через пункт меню **Настройка**. Параметры, устанавливаемые в подпункте **Настройка/Установки**, сохраняются в реестре Windows и имеют глобальный характер, то есть будут действовать на все вновь открываемые файлы. Изменения, сделанные в остальных подпунктах меню **Настройка** сохраняются в текущем файле и имеют локальный характер. Следует отметить, что принятые по умолчанию настройки системы оптимальны при решении большинства задач. Поэтому обычно настройки сводятся к минимуму.

В меню **Настройка/Статус** (параметры документа), закладка **Общие** устанавливают формат чертежа, ориентацию листа, масштаб, единицы измерения и начало координат (рис. 1.5).

Выбранный масштаб влияет только на положение линий чертежа и не затрагивает размеров шрифта, стрелок, обозначений шероховатости и т.п. В окнах диалога всегда задаются истинные размеры, независимо от выбранного масштаба.

Истинные значения отображаются и в строке статуса. Т.е., при черчении никакого пересчета размеров производить не требуется.

Также в параметрах документа можно выставить Шрифт, Размеры, Цвет и т.д.

В меню **Настройка/Сетка** (параметры сетки) выстав-

ляется привязка к сетке, ее видимость и шаги по осям X и Y (рис. 1.6). Шаги сетки задаются без учета масштаба чертежа. Управлять сеткой удобно с использованием панели инструментов "Ре-
жимы".

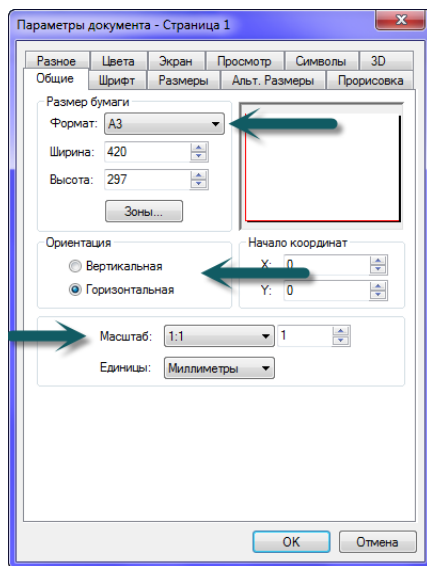


Рис 1.5. Окно параметров документа

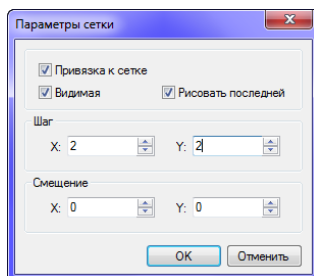


Рис. 1.6. Окно параметров сетки

ЗАДАНИЕ № 1.

СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ ТИПА "ВАЛ"

В данной работе требуется выполнить чертеж детали типа "Вал" с использованием библиотек стандартных элементов, общий вид которого представлен на рис. 1.7.

Для начала создадим **новый слой**  и назовем его **"Фрагмент вала"**. Чтобы чертить на созданном слое, необходимо

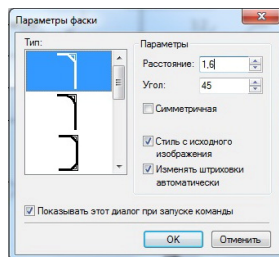
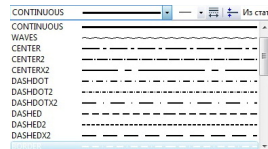
его открыть .



Начертим осевую линию. Для этого используем команду **"Эскиз"**  и в команде **"Тип линии"** выберем осевую линию CENTER. Чертим ее длиной более 200 мм.

Выбираем команду **"Отрезок"**  и в автоменю – **"Перпендикулярный отрезок"** . Чертим симметрическую часть вала (рис. 1.8), которую в дальнейшем мы симметрично отобразим относительно оси.

Для построения фасок (рис. 1.8), выбираем команду в главном меню **"Чертеж/Фаска"**. Задаем тип фаски, указываем ее параметры, подтверждаем перечисленные данные нажатием кнопки **"ОК"** и указываем элементы, между которыми необходимо создать фаску.



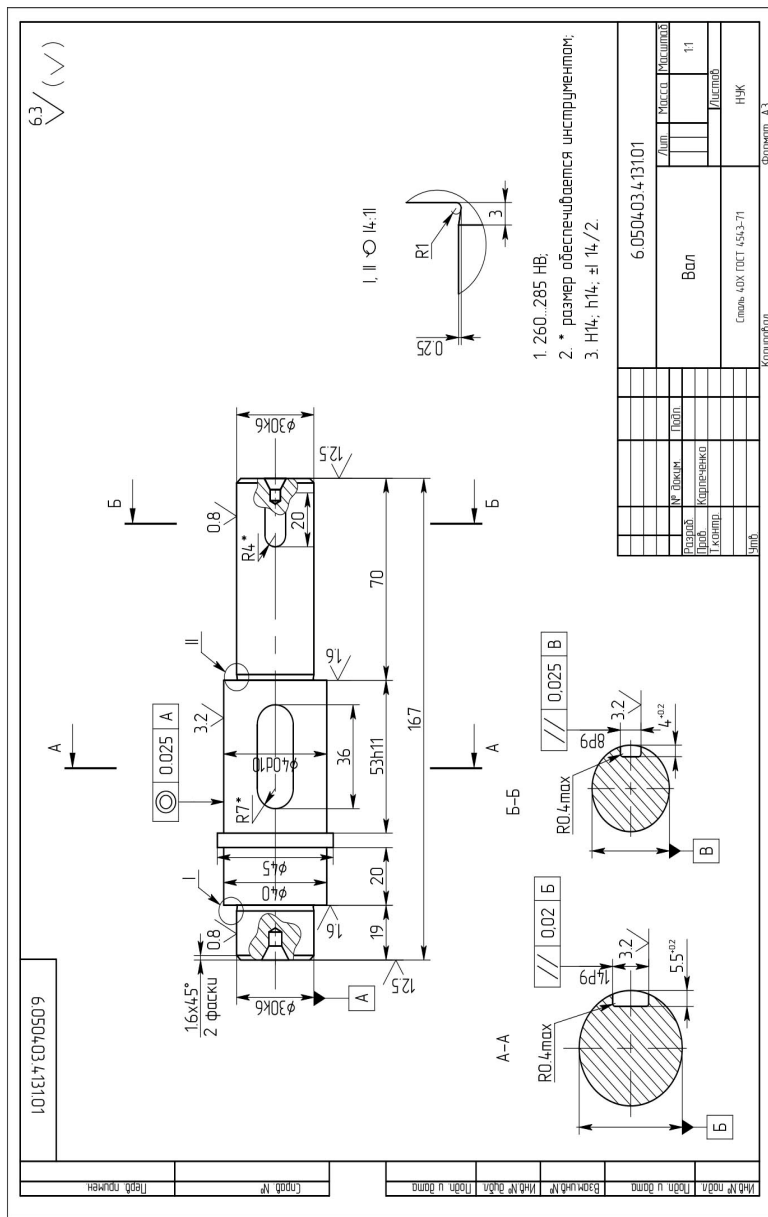


Рис. 1.7. Чертеж вала

Перейдем к построению глухих отверстий вала под шпонки. Выберем команду **"Построить прямую"**  и зададим относительно осевой линии горизонтальную линию, соответствующую половине ширины шпонки. Создадим две вертикальные линии, соответствующие началу и концу глухого отверстия под шпонку. При этом начало отверстия под шпонку привяжем относительно начала четвертой ступени вала, а конец привяжем относительно начала отверстия под шпонку. Далее обведем контуры шпонки командой **"Отрезок"**  и создадим радиусы скругления отверстия под шпонку. В команде **"Скругление"**  укажем радиус заданной окружности и выберем касательные прямые. Аналогично построим второе отверстие под шпонку, которое расположено на расстоянии 5 мм от второго торца вала.



Рис. 1.8. Симметричная часть вала

Симметрично отобразим верхнюю половину детали вала относительно его оси. Вызвав команду в главном текстовом меню **"Чертеж/Копия/с симметрией"** выберем все элементы для копирования (кроме осевой линии) и в автоменю подтвердим команду. Выберем на осевой линии два узла, относительно которых получим симметричное изображение второй половинки вала. Таким образом, получаем модель детали вала, вид спереди.

Далее на шейку вала заданным диаметром из стандартной библиотеки элементов T-FLEX CAD вставляем **"Конструктивные элементы/Элементы валов/Шлифование по наружному цилиндру 2"**, предварительно выбрав в параметрах фрагмента нужный диаметр.

Заходим в команду главного текстового меню **"Чертеж/Штриховка"** и создаем невидимую штриховку на всем сечении вала, используя метод заполнения **"Невидимая"** в свойствах штриховки. Выбираем в меню системной панели **"Выбор линий изображения", "Выбор штриховок"** . В команде главного текстового меню **"Построения/Вектор привязки"** создаем вектор привязки на оси вала. В параметрах вектора привязки выбираем **"Рисовать только помеченные", "Фрагмент вала", "ОК"**. Выходим из меню. Далее выбираем в меню системной панели **"Выбрать элементы всех типов"**  и чертим оставшуюся часть чертежа на основном слое.

Теперь можно приступить к вставке фрагментов центровочных отверстий из библиотеки в создаваемый чертеж. Открываем папку **"Конструктивные элементы/Отверстия/Отверстия центровые/Центровочные отверстия. Форма В"** и вставляем фрагмент на правый и левый торцы шеек вала. С помощью команды **"Дуга по трех точкам"**  волнистой линией рисуем сечение вокруг центровочных отверстий и выполняем штриховку , выделив нужные области (рис. 1.9).

В параметрах штриховки устанавливаем **"Невидимые линии"**, приоритет **"1"**. Затем необходимо установить в свойствах волнистой линии приоритет **"1"** (размещена вокруг штриховки). Далее устанавливаем приоритет **"1"** для вставленного фрагмента вала и прямой линии, к которой привязан фрагмент (рис. 1.9).

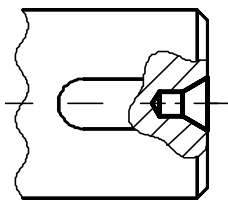
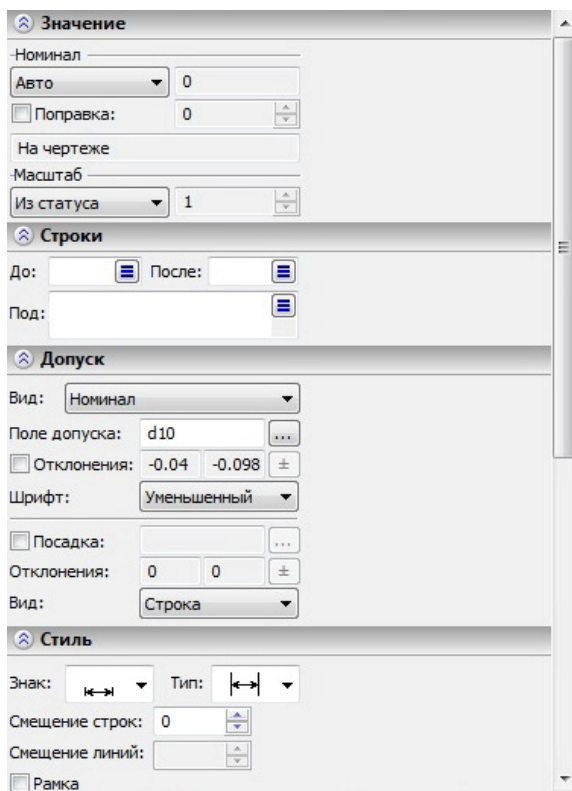


Рис. 1.9. Фрагмент вала с центровочным отверстием

Проставим все необходимые диаметральные и линейные размеры, шероховатость поверхностей, обозначения сечений, допуски.

Используя команду **"Размер"**  и параметрическое окно (вкладка **Свойства**), выбираем элементы, между которыми требуется измерить расстояния. К примеру, измерим шейку вала. Номинал – авто, вид – номинал + поле допуска, знак (стиль) – . Чтобы выставить размер по середине выбираем команду **"Центрирование размера"** , и очищаем фон **"Параметры размера/Шрифт/Очистить фон"**.



Далее проставим допуски. Для этого необходимо в главном текстовом меню **"Чертеж/Допуск"** выбрать  для

выноски или  для допуска с выноской и в параметрическом окне (вкладка Свойства) выбрать нужные значения.

Чтобы проставить шероховатость воспользуемся командой **"Чертеж/Шероховатость"** и в параметрическом окне (вкладка **Свойства**) выберем нужные значения шероховатости.

Построим недостающие сечения. В нашем случае это шейки вала со шпоночными пазами (сечения А-А и Б-Б).

Вызовем команду **"Построить окружность"**  и начертим окружности с требуемым диаметром.

Создадим шпоночный паз. Для этого построим вертикальную прямую  касательную к окружности сечения вала, относительно ее зададим вертикальную линию, соответствующую глубине шпоночного паза. Относительно оси окружности сечения вала отложим две горизонтальные прямые, расстояние между которыми будет соответствовать высоте шпоночного паза. Начертим шпоночный паз при помощи команды **"Эскиз"**  и командой фаска построим радиусы скругления равные **Ra0.4max** (рис. 1.7 сечение А-А и Б-Б). В полученном сечении выполним штриховку, включив режим автоматического поиска контура . Расставим размеры на полученных сечениях.

Для создания выноски необходимо в нужном месте **"Построить окружность"**  и установить выноску из главного текстового меню **"Чертеж/надпись"**. Далее выделить на чертеже участок с выноской, при этом установить **"Выбор линий изображения"**, **"Выбор фрагментов"** , скопировать его **"Копия/С перемещением"** и изменив масштаб во вкладке **"Свойства"** установить в нужном месте чертежа. Выделить фрагмент **"Шлифование по наружному цилиндру 2"** нажатием левой клавиши мыши и выбрать из выпадающего меню

Командой главного текстового меню **"Оформление/Основная надпись/Создать"** создадим рамку. В появившемся окне выбираем **"Конструкторский чертеж. Первый лист"** и заполняем таблицу (рис. 1.10). В самой рамке добавим неуказанную шероховатость из команды главного текстового меню **"Оформление"**.

Рис. 1.10. Таблица "Конструкторский чертеж. Первый лист"

Чтобы набрать текст технических требований воспользуемся командой текстового главного меню **"Оформление/Технические требования/Создать"**.

Готовый чертеж назвать "Вал 2D" и сохранить файл в папку группы.

ЗАДАНИЕ № 2.

СОЗДАНИЕ 2D ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ ТИПА "ШЕСТЕРНЯ"

В данной работе требуется создать 2D чертеж детали типа "Шестерня" в режиме эскиза, общий вид которого представлен на рис. 1.11.

Для начала создадим **новый слой**  и назовем его "Фрагмент шестерни". Чтобы чертить на созданном слое, откроем

его  .

Начертим осевую линию (см. Практическую работу № 1). Аналогично построению вала, чертим симметрическую часть шестерни (рис. 1.12).

Далее заходим в команду главного текстового меню **"Чертеж/Штриховка"** и создаем штриховку, задав ее параметры в окне **"Параметры штриховки"** (рис. 1.13).

Симметрично отобразим верхнюю половину детали шестерни относительно ее оси. Вызвав команду в главном текстовом меню **"Чертеж/Копия/С симметрией"** выберем все элементы для копирования (кроме осевой линии) и в автоменю подтвердим команду. Выберем на оси шестерни два узла, относительно которых получим симметричное изображение второй половинки шестерни. Таким образом, получаем модель детали шестерни, вид спереди.

Рис. 1.11. Чертеж шестерни

Далее выбираем **"Выбор линий изображения"**, **"Выбор штриховок"** . В команде главного текстового меню **"Построения/Вектор привязки"** создаем его на оси шестерни. В параметрах вектора привязки выбираем **"Рисовать только помеченные"**, **"Фрагмент шестерни"**, **"ОК"**. Выходим из меню. Далее выбираем **"Выбрать элементы всех типов"**  и чертим оставшуюся часть чертежа на основном слое.

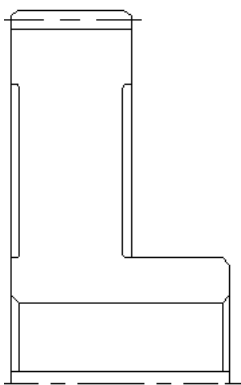


Рис. 1.12. Симметричная часть шестерни

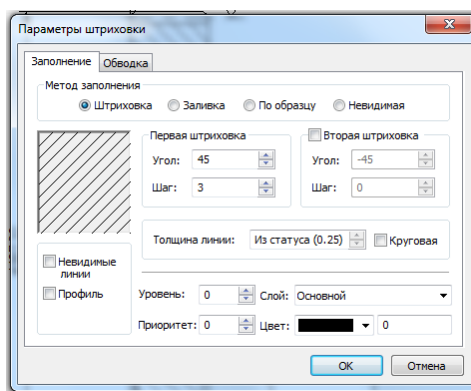


Рис. 1.13. Параметры штриховки

Построим отверстие шестерни со шпоночным пазом. Вызовем команду **"Построить окружность"**  и начертим круг с требуемым диаметром.

Создадим шпоночный паз. Для этого построим вертикальную прямую , касательную к окружности отверстия шестерни. Относительно ее зададим вертикальную линию, соответствующую длине выступа шпоночного паза, и относительно оси окружности отложим две горизонтальные прямые, расстояние между которыми будет соответствовать ширине шпоночного паза. Начертим шпоночный паз при

помощи команды **"Эскиз"**  и командой фаска построим радиусы скругления равные **Ra0.4max**(рис. 1.11).

Проставим все необходимые диаметральные и линейные размеры, шероховатость поверхностей, допуски. Используя команду **"Размер"**  и параметрическое окно (вкладка **Свойства**), выбираем, элементы, между которыми требуется измерить расстояния. К примеру, измерим отверстие шестерни. Номинал – авто, вид – номинал + поле допуска H7, знак (стиль) – Знак: .

Чтобы выставить размер по середине выбираем команду **"Центрирование размера"**  и очищаем фон **"Параметры размера/Шрифт/Очистить фон"**.

Далее проставим допуски. Для этого необходимо в главном текстовом меню **"Чертеж/Допуск"** выбрать  для выноски или  для допуска с выноской и в параметрическом окне (вкладка **Свойства**) выбрать нужные значения.

Чтобы проставить шероховатость воспользуемся командой **"Чертеж/Шероховатость"** и в параметрическом окне (вкладка **Свойства**) выберем нужные значения шероховатости.

Командой **"Оформление/Основная надпись/Создать"** создадим рамку. В появившемся окне выбираем **"Конструкторский чертеж. Первый лист"** и заполняем таблицу. В рамочке добавим неуказанную шероховатость из команды **"Оформление"**.

Чтобы набрать текст технических требований, воспользуемся **"Оформление/Технические требования/Создать"**.

Для создания таблицы воспользуемся командой **"Текст"** , которая находится в меню главной панели, выберем в автоменю команду **"Создать таблицу"**  и заполним ее.

Готовый чертеж шестерни назовём **"Шестерня 2D"** и сохраним файл в папку группы.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать в себе: 1) цель работы; 2) краткое описание теоретических сведений; 3) вариант задания; 4) чертеж вала и шестерни согласно рис. 1.7, 1.11; 5) выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Элементы интерфейса системы T-FLEX.
2. Настройки системы.
3. Управление отображением чертежа.
4. Виды элементов изображения, доступные в режиме "Эскиз".
5. Использование сетки и объектных привязок.
6. Параметры линий изображения, стили линий.
7. Редактирование эскиза: фаски, обрезка линий, перемещение элементов, копирование.
8. Штриховки, типы, параметры, использование.
9. Технические требования. Использование словаря.
10. Нанесение размеров, допусков и шероховатостей. Параметры этих элементов изображения.
11. Управление размерами листа чертежа и масштабом изображения. Создание основной надписи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА В T-FLEX CAD 2D

(2 часа)

Цель работы: освоить возможности программного продукта T-FLEX CAD 2D при создании сборочного чертежа с использованием библиотек стандартных элементов.

ВОЗМОЖНОСТИ T-FLEX CAD ПРИ СОЗДАНИИ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

В программном продукте T-FLEX CAD есть следующие возможности при создании сборочных чертежей:

- Параметрические сборочные чертежи. Создание сборок из отдельных параметрических деталей, в том числе с использованием механизма "перенеси и оставь".
- Создание детализовок в контексте сборки.
- Использование разнообразных способов привязки деталей друг к другу.
- Динамическое отображение фрагментов при вставке.
- Гибкое управление видимостью элементов и видов детали на сборочном чертеже.
- Автоматическое получение чертежей деталей при изменении сборочного чертежа.
- Автоматический выбор параметров стандартного элемента по коннектору в сборке.

- Удаление невидимых линий деталей, входящих в сборку.
- Возможность использования элементов чертежа детали для привязки элементов сборочного чертежа.
- Вывод структуры сборочного чертежа с возможностью изменения параметров деталей.

ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ РАБОТЫ С ФРАГМЕНТАМИ

Любой чертёж системы T-FLEX можно включать в другие чертежи. Например, можно включить чертёж детали или чертёж болта в какую-нибудь сборку.

Чертёж T-FLEX CAD, включаемый в другой документ, называется **фрагментом**. Чертёж, полученный с использованием фрагментов, мы будем называть **сборочным чертежом**. В сборочном чертеже хранится только ссылка на исходный файл фрагмента. При изменении файла фрагмента происходит обновление соответствующего компонента сборочного чертежа.

Создание чертежей с помощью фрагментов в ряде случаев позволяет добиться значительных преимуществ. Во-первых, для сложных чертежей упрощается процесс создания, так как можно сначала создать отдельные части этого чертежа, а затем объединить их. Процесс проектирования отдельных фрагментов может быть абсолютно независимым, либо производиться в контексте сборки с использованием ассоциативных связей между фрагментами и сборкой. Разделение сборочного чертежа на фрагменты, соответствующие отдельным деталям, позволяет добиться полного соответствия сборочного чертежа реальному сборочному узлу, максимально автоматизировать процесс создания спецификаций сборочного чертежа, а также получить полный комплект детализированных чертежей. Во-вторых, если создавать параметрический сборочный чертеж на основе деталей, составляющих его, то при изменении каких-либо параметров сборочного

чертежа можно будет одновременно получить и полный набор соответствующих этим новым параметрам чертежей-деталей. В-третьих, в качестве фрагментов удобно создавать часто повторяющиеся элементы чертежей, элементы стандартных библиотек. К примеру, можно к чертежу детали добавить чертеж бланка форматки или создать специализированный элемент оформления чертежа.

Эффективность работы со сборочными чертежами в T-FLEX обеспечивается описанными ниже возможностями работы с фрагментами.

Как и все элементы T-FLEX CAD, фрагменты можно привязывать к другим элементам сборочного чертежа, в том числе к другим фрагментам. Это позволяет добиться изменения положения фрагмента при перемещении элементов чертежа. Благодаря тому, что фрагменты могут являться параметрическими чертежами, их размеры в этом случае будут рассчитываться в соответствии с нужными параметрами сборочного чертежа. При этом в одном документе возможно использование одного и того же файла фрагмента с разными значениями параметров. Эта возможность приносит особую выгоду при использовании библиотек стандартных элементов. На сборочном чертеже фрагменты часто перекрывают друг друга и изображение самой сборки. T-FLEX CAD позволяет организовать автоматическое удаление невидимых линий при наложении фрагментов.

В сборочный чертёж можно вставлять элементы чертежа-фрагмента. Эта возможность позволяет использовать в сборочных чертежах полностью оформленные чертежи деталей.

Фрагменты можно сделать переменными, то есть в зависимости от каких-либо условий в сборочный чертеж будет загружаться тот или иной фрагмент. Эта возможность

позволяет создавать сборочные чертежи и модели изделий с разными вариантами исполнения, когда в составе одной и той же сборки участвуют разные детали в зависимости от варианта исполнения.

Сборочные чертежи непосредственно не содержат в себе всех данных фрагментов. Они хранят лишь необходимое изображение и ссылки на эти чертежи. Это позволяет добиться максимально компактного хранения чертежей в памяти и на диске. Кроме того, если один и тот же файл чертежа был включен в различные сборки, то при его модификации произойдут соответствующие изменения и в тех документах, в которых он был использован.

ЗАДАНИЕ № 3

В данной работе требуется создать сборочный чертеж узла, общий вид которого представлен на рис. 2.1.

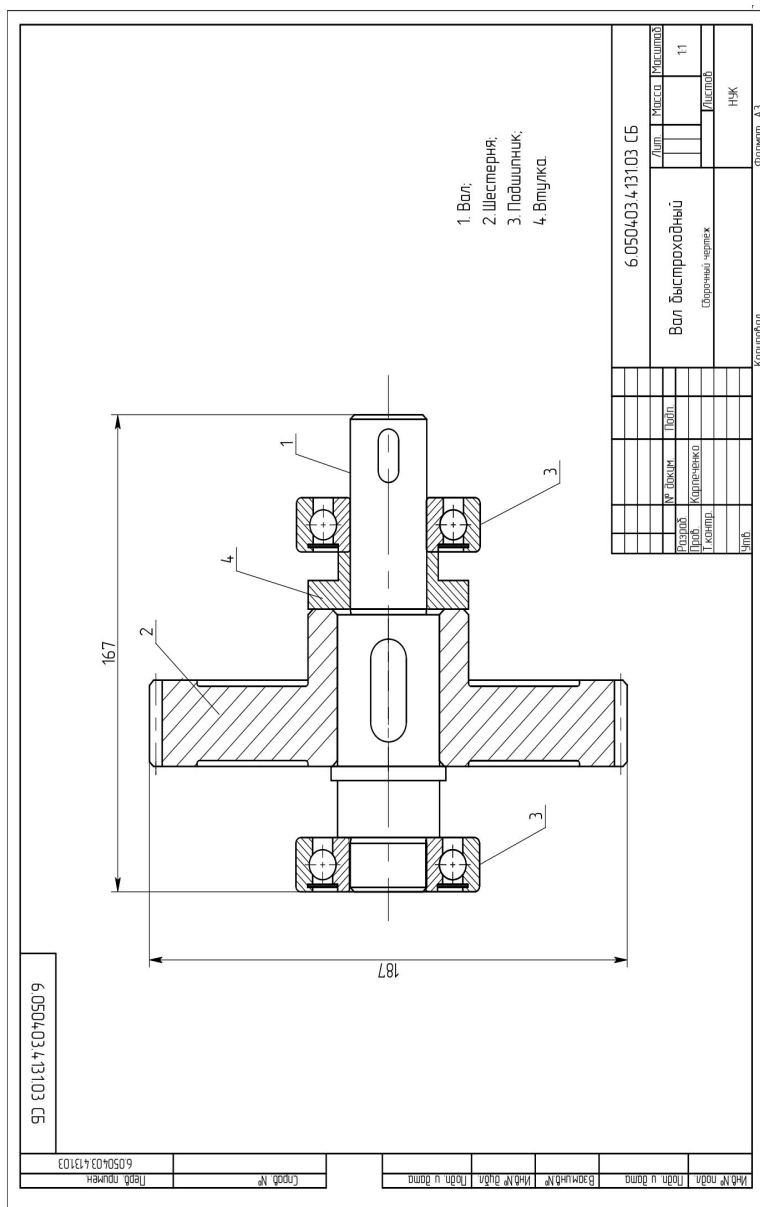
Для создания сборочного чертежа (рис. 2.1) необходимо выполнить следующие действия.

Открыть новое 2D окно в системе T-FLEX CAD и сохранить файл в папку группы, назвав его **"Вал быстроходный 2ДСБ"**.

Используя команду "Фрагмент" , открыть папку с файлом **"Вал 2D"**, который был начерчен в ЗАДАНИИ №1 и вставить его на рабочий лист под углом 0° относительно оси вала. Аналогично открыть файл **"Шестерня 2D"**, которая была начерчена в ЗАДАНИИ № 2, и поместить шестерню на ее посадочное место (рис. 2.2).

Из стандартной библиотеки элементов T-FLEX CAD выбрать **"Стандартные изделия/Подшипники/Шариковые/Радialные однорядные с защитными шайбами. ГОСТ 7242-70/Средняя серия/Подшипник ГОСТ 7242-70 60300"** и предварительно установив нужный диаметр подшипника в параметрах фрагмента, поместить его на посадочное место. На валу необходимо установить два подшипника (рис. 2.3).

Далее необходимо указать приоритет прорисовки **"1"** для вставленного с левого торца вала подшипника и самого вала, чтобы сборочный 2D чертеж полученного узла соответствовал изображению представленного на рис. 2.1.



В промежутке между установленным подшипником и шестерней чертим втулку (рис. 2.1). Длину втулки L (рис. 2.4) задаем в зависимости от установленного расстояния между шестерней и подшипником.

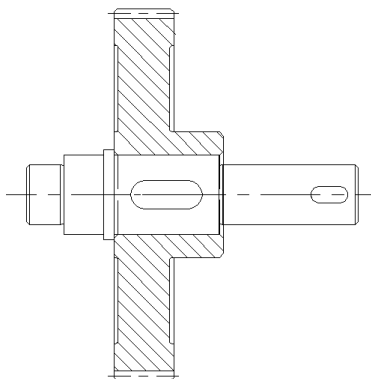


Рис. 2.2. Посадка шестерни на вал

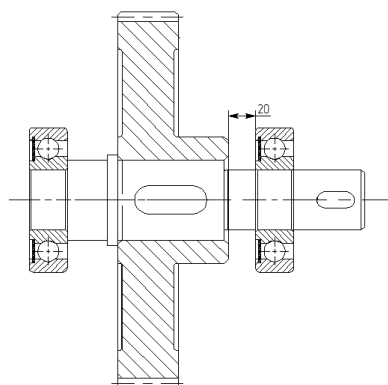


Рис. 2.3. Посадка подшипников

Для того чтобы начертить втулку, нужно выбрать команду **"Фрагмент"**  и в автоменю нажать на кнопку **"Создать**

новый фрагмент в контексте сборки" .

В появившемся окне **"Сохранить фрагмент как"** дать название файлу **"Втулка 2D"** и сохранить его в папку группы. С помощью знакомой команды **"Эскиз"**

 чертим втулку и на ее оси создаем вектор привязки **"Построение/Вектор привязки"**.

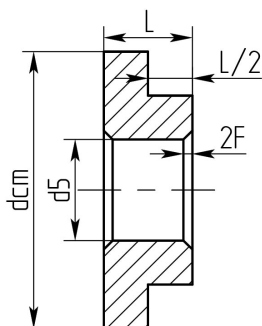


Рис. 2.4. Чертеж втулки

В параметрах вектора привязки выбираем **"Рисовать только помеченные"**, ставим галочку на слое **"Основной"** и подтверждаем команду **"ОК"**. Выходим из автоменю. Нажимаем на правую клавишу мыши и в выпадающем меню выбираем **"Завершить с сохранением фрагмента"**.

Используя команду **"Размер"**  и параметрическое окно (вкладка **Свойства**), выбираем элементы, между которыми требуется измерить расстояния. Проставляем габаритные размеры. Чтобы выставить размер по середине выбираем команду **"Центрирование размера"**  и очищаем фон **"Параметры размера/Шрифт/Очистить фон"**.

Для установления выносок с номерами позиций воспользуемся командой **"Чертеж/Надпись"**, которая находится в главном текстовом меню.

Чтобы набрать текст технических требований, воспользуемся командами в главном текстовом меню **"Оформление/Технические требования/Создать"**.

Командой **"Оформление/Основная надпись/Создать"** создадим рамку. В появившемся окне выберем **"Конструкторский чертеж. Первый лист"** и заполним таблицу.

Готовый сборочный чертеж 2D узла сохраняем в папку группы.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать в себе: 1) цель работы; 2) краткое описание теоретических сведений; 3) сборочный чертеж согласно варианту лабораторной работы № 1 (рис. 2.1); 5) выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принципы создания сборочных чертежей в системе T-FLEX CAD.

2. Понятие "фрагмент" в системе T-FLEX CAD.
3. Понятие сборочных чертежей в системе T-FLEX CAD.
4. Преимущества при создании чертежей с помощью фрагментов.
5. Возможности фрагментов, обеспечивающие эффективность работы со сборочными чертежами в T-FLEX.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ 3D МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

(4 часа)

Цель работы: получение практических навыков по созданию параметрических трехмерных моделей деталей. Ознакомление с созданием проекционных чертежей на основе трехмерных моделей. Знакомство с чертежными видами. Создание простейших параметрических 3D моделей детали типа "Вал" и "Шестерня".

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Система T-FLEX позволяет создавать трехмерные модели как на основе уже существующих двухмерных чертежей, так и непосредственно в трехмерном пространстве. Для отображения трехмерной модели используется **окно 3D вида**. Окно 3D вида вместе со всеми трехмерными объектами образует **3D сцену**. Основными видами представления трехмерных объектов являются: реберная модель и рендеринг (визуализация). Реберная модель дает слабое представление о форме тела, однако полезна в тех случаях, когда при выполнении операций требуется указание элементов внутри тела. Рендеринг дает реалистическое отображение с учетом характеристик материала и углов отражения. При рендеринге не учитывается взаимное влияние тел друг на друга – тени, пе-

реотражения, а также свойства среды – рассеяние света, туман и т.п. Для получения фотореалистического изображения, учитывающего указанные эффекты, используется программа **"POV-RayforWindows"**, поставляемая вместе с системой T-FLEX.

Для создания трехмерной модели необходимо наличие одной или нескольких **рабочих плоскостей**, предназначенных для задания в пространстве положения вспомогательных элементов и самой трехмерной модели. Первоначально трехмерные тела получают перемещением в пространстве плоского или пространственного контура (**3D профиля**) по заданной траектории (операции: выталкивание, вращение, тело по траектории, спираль). 3D профиль создается на основе его проекций на двухмерном чертеже, или чертится непосредственно на рабочей плоскости после ее активизации. При наличии ранее созданных тел 3D профиль можно построить, используя элементы этих тел.

Далее созданные тела могут быть модифицированы (операции: сглаживание, отсечение, уклон, оболочка). Над несколькими телами возможно выполнение булевых операций (сложение, вычитание, пересечение). Кроме того, имеется ряд операций для получения одиночных копий и их массивов.

Система позволяет на основе созданной трехмерной модели автоматически сгенерировать проекционный чертеж с заданными видами. После указания на этом чертеже линий разреза можно получить требуемые сечения и разрезы.

Следует заметить, что получаемая трехмерная модель является параметрической, поскольку, как двухмерные построения на рабочих плоскостях, так и сами операции создания и модификации тел могут управляться заданием константных значений или переменных. Таким образом, изменение параметров позволяет управлять моделью. Проекционные

чертежи, созданные на основе трехмерной модели сохраняют связь с последней, и также будут изменены. При работе с трехмерной моделью используются: окно 3D модели и окно диагностики.

Структура 3D модели, отображаемая в виде дерева в окне **3D модель** (рис. 3.1), позволяет получить информацию о составе модели и взаимодействии ее элементов.

Через дерево модели можно получить доступ к свойствам тех или иных элементов и операций. Это особенно полезно, если соответствующий элемент недоступен для выбора в окне 3D вида. Например, после выполнения булевой операции вычитания второе тело пропадает с экрана.

В дереве 3D модели можно выбирать элементы, участвующие в выполнении операций. Это полезно при высокой плотности элементов в 3D окне, когда визуальный выбор затруднен.

В окне диагностики выводятся сообщения при некорректных действиях пользователя или при невозможности выполнения действий в силу ограничений системы (рис. 3.2).

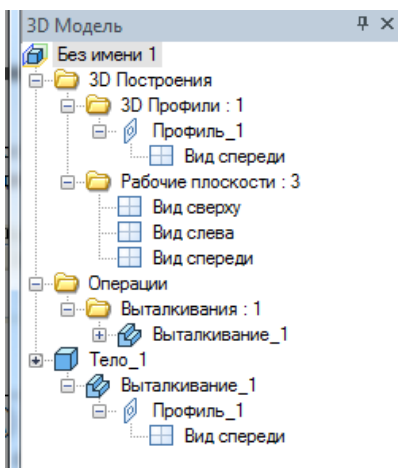


Рис. 3.1. Дерево структуры 3D модели

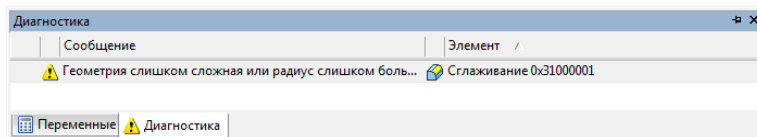


Рис. 3.2. Окно "Диагностика"

В силу того, что при выполнении команд создания трехмерных моделей последовательность действий и набор используемых опций выбирает пользователь, выполнение всех этих команд заканчивается нажатием кнопки **Автоменю**.

Кроме того, следует учитывать, что при вызове новой команды 3D предыдущая не закрывается. Поэтому перед вызовом очередной команды следует полностью закрыть ранее выполняемую.

В данной работе мы будем создавать тела сразу в трехмерном пространстве. В тоже время, для построений можно воспользоваться и уже имеющимися двухмерными чертежами. Этот путь более трудоемкий, однако, для некоторых задач он более удобен.

ЗАДАНИЕ № 4.

ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛИ ВАЛА

С помощью функции построения в параметрическом режиме, которая значительно упрощает работу с чертежом, необходимо построить 3D модель вала, общий вид которой показан на рис. 3.3.

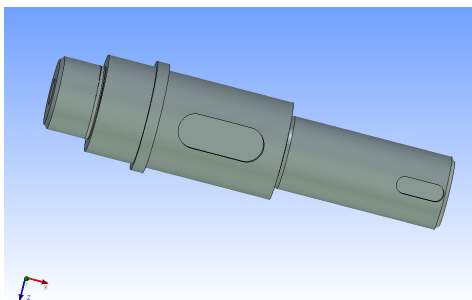


Рис. 3.3. Параметрическая 3D модель вала

Начинаются построения с выбора рабочей плоскости. После выбора рабочей плоскости, в которой будет построена параметрическая 3D модель вала, вызываем команду **"Редактор переменных"** . В появившемся окне нажимаем кнопку  (Новая переменная) и задаем следующие значения переменных:

d_1 – диаметр первой шейки вала;
 d_2 – диаметр второй шейки вала;
 d_3 – диаметр бурта вала;
 d_4 – диаметр третьей шейки вала;
 d_5 – диаметр четвертой шейки вала;
 l_1 – длина первой шейки вала;
 l_2 – длина второй шейки вала;
 l_3 – длина бурта вала;
 l_4 – длина третьей шейки вала;
 l_5 – длина четвертой шейки вала.

Дополнительные параметры, которые необходимы для получения на валу фасок, шпоночных отверстий, центровочных отверстий, и шлифование по наружному цилиндру вводить в **"Редактор переменных"** не обязательно.

На открытой рабочей плоскости, для построения осей в точке с координатами (0;0), выполняем следующую последовательность команд: **"Прямая/Создать две перпендикулярные прямые и узел** **/Создать линии построения и узел в точке (0,0)** **".**

Вал начинаем чертить в режиме эскиза на выбранной рабочей плоскости из точки с координатами (0;0) задав радиус первой шейки вала – $d_1/2$. Операцией **"Выталкивание"**



получаем длину первой шейки вала – l_1 (рис. 3.4.).

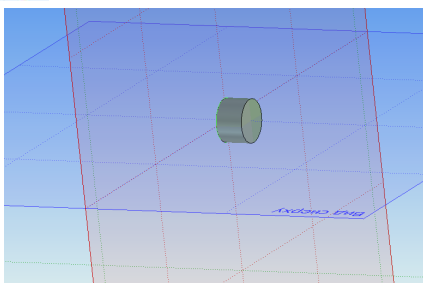


Рис. 3.4. Часть вала, полученной операцией выталкивания

Далее чертим на грани первой шейки вала окружность, равную второму диаметру шейки вала – $d_2/2$, и выдавливаем ее на заданную длину – l_2 . Аналогично получаем остальные части вала (рис. 3.5).

Чтобы получить шпоночный паз используем операцию отверстие . Задаем соответствующие параметры отверстия и выбираем команду в автоменю **"На заданную длину"**  для получения глухого отверстия (рис. 3.6). Аналогично создаем второй шпоночный паз в заданном месте (см. ЗАДАНИЕ № 1, рис. 1.7).

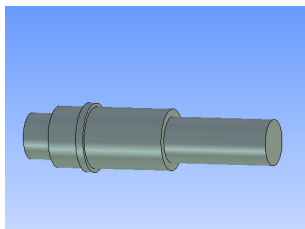
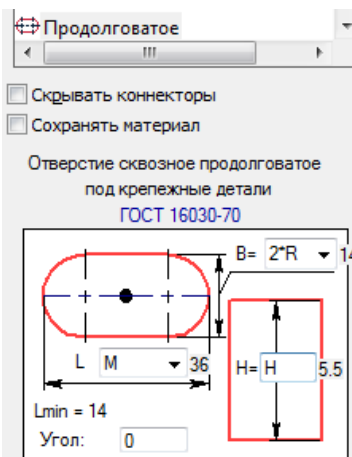


Рис. 3.5. Вал, полученный выдавливанием

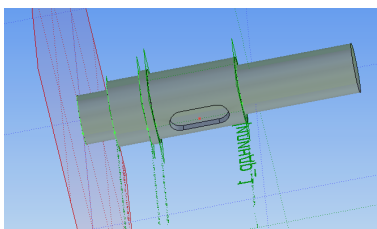


Рис. 3.6. Вал с отверстием (пазом) под шпонку

С помощью уже знакомой нам библиотеки вставляем фрагменты вала командой **"Конструктивные элементы/Отверстия/Центровые отверстия/Центровочные отверстия. Форма А"** на правый и левый торец вала. Таким же образом вставляем **"Конструктивные элементы/Элементы валов/Шлифование по наружному цилиндру 2"** на соответствующие

им места, не забывая указывать параметрические значения диаметров фрагмента (вкладка **Свойства**).

Для построения фасок выбираем команду **"Сглаживание ребер/Фаска (Длина-угол)"** задаем значения фаски и указываем грани, между которыми необходимо их построить. Подтверждаем действие **"ОК"**.

Полученную параметрическую 3D модель вала сохраняем в папку группы.

ЗАДАНИЕ № 5. ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3D МОДЕЛИ ШЕСТЕРНИ

На рис. 3.7 представлена параметрическая 3D модель шестерни, созданная в программе T-FLEX CAD, которую необходимо построить в данной работе. Модель построена в параметрическом виде, поэтому любые ее модификации будут автоматически отображаться на всех проекциях.

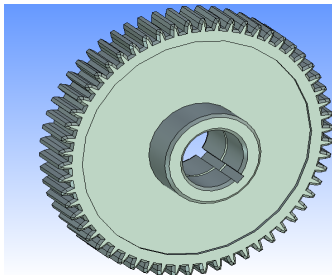


Рис. 3.7. Параметрическая
3D модель шестерни

Начинаются построения с выбора рабочей плоскости. После выбора рабочей плоскости, в которой будет построена модель шестерни, вызываем ко-

манду **"Редактор переменных"** . В появившемся окне нажимаем кнопку  (**Новая переменная**) и задаем значения переменных (рис. 3.8).

Ниже приведены обозначения переменных, которые необходимо задать:

D – радиус делительной окружности;

D_1 – радиус вершин зубьев;

D_2 – радиус впадин зубьев;
 d_{cm} – радиус ступицы;
 L_{cm} – длина ступицы;
 b – ширина зуба колеса;
 z – количество зубьев колеса;
 m – модуль зуба.

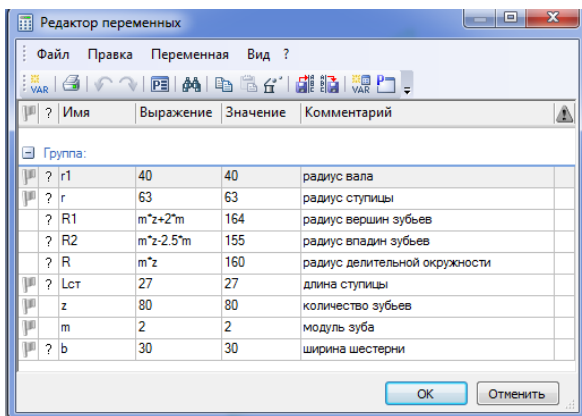


Рис. 3.8. Ввод значений переменных

Дополнительные параметры, которые необходимы для получения в шестерне фасок и отверстия со шпоночным пазом, вводить в окно **"Редактор переменных"** не обязательно.

Для построения модели шестерни выбираем команду **"Открыть 2D окно"** . На открытой рабочей плоскости, для построения осей в точке с координатами (0;0), выполняем следующую последовательность команд: **"Прямая/Создать две перпендикулярные прямые и узел"** /**"Создать линии построения и узел в точке (0,0)"** . Чертим командой **"Окружность"**  поочередно три окружности с радиусами: $D/2$, $D_1/2$, $D_2/2$.

Затем приступаем к построению зубьев, для этого выбираем команду **"Функция/Параметры функции"** в главном

текстовом меню **"Построение"**, где задаем значения переменных (рис. 3.9).

После нажатия кнопки **"ОК"** выбираем точку с координатой (0;0) и точку на окружности диаметром D_2 , в результате чего получаем часть дуги эвольвенты.

Командой **"Узел"**  устанавливаем узел на пересечении эвольвенты и окружности диаметром D , после чего последовательно команд **"Узел/Выбрать узел для построения относительного узла"** получаем второй узел на этой же окружности на расстоянии $-t \cdot \pi \cdot 0.5$.

С помощью команды **"Прямая"** соединяем каждый узел с центром окружностей, а также создаем, используя команду **"Создать ось симметрии"** , прямую между ними. Относительно полученной линии, копируем с симметрией часть дуги эвольвенты (рис. 3.10).

Полученный контур зуба шестерни обводим при помощи команды **"Изображение"** .

Далее выделяем полученный профиль зуба (только наведенные линии изображения), выбираем

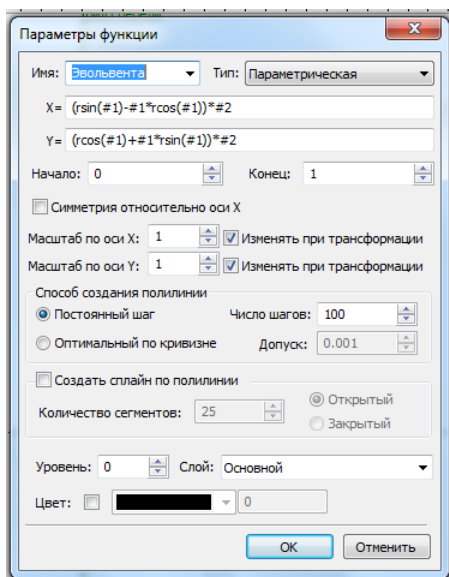


Рис. 3.9. Параметры функции

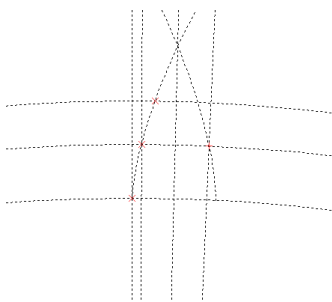


Рис. 3.10. Контур зуба шестерни

команду **"Чертеж/Массив/Круговой"** и во вкладке **"Свойства"** устанавливаем количество зубьев – z , а также общий угол – 360° . Следующим этапом является построение перемычек между зубьями. Для этого нарисуйте линию между зубьями и воспользуйтесь уже знакомым вам круговым массивом.

Затем создадим с помощью соответствующей команды штриховку **"Штриховка/Режим автоматического поиска контура"**, указав требуемую область (рис. 3.11). Завершим черчение на рабочей 2D плоскости.

Для полученного профиля воспользуемся командой **"Выталкивание"**, в параметрах которой зададим значение переменной **"b"** (рис. 3.12).

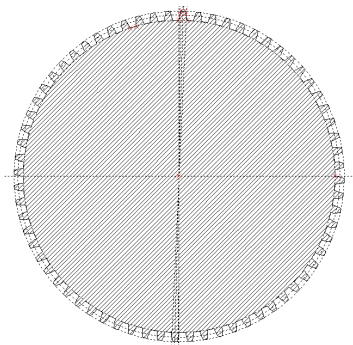


Рис. 3.11. Построение зубьев шестерни

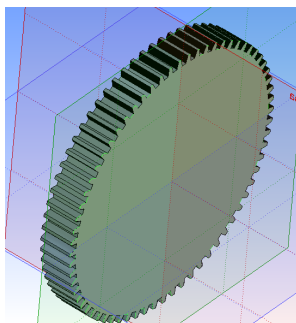


Рис. 3.12. "Вытолкнутый" профиль шестерни

Для того чтобы получить ступицу необходимо начертить на грани шестерни окружность диаметром $d_{\text{см}}$ и выдавить ее на заданную длину $L_{\text{см}}$, используя следующие команды **"Чертить на грани/Выталкивание"**. При помощи команды **"Булева операция"**  объединим ступицу с зубчатым колесом. Выбрав во вкладке **"Основные параметры"** тип операции **"Сложение"** и поочередно выделив зубчатое колесо и ступицу, подтвердим команду **"ОК"**.

Для получения сквозного отверстия (рис. 3.13) на полученной грани ступицы вычертим контур отверстия со шпоночным пазом и командой **"Выталкивание"** выдавим его в отрицательную сторону. Затем при помощи булевой операции вычтем из зубчатого колеса полученную фигуру (отверстия со шпоночным пазом).

Далее чертим на грани шестерни две окружности заданного диаметра, группируем и выталкиваем их в отрицательную сторону для получения необходимой геометрии шестерни (рис. 3.14).

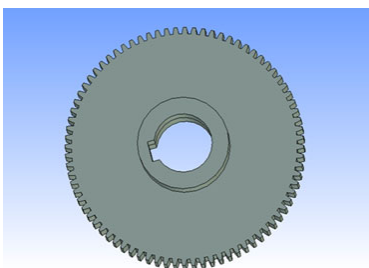


Рис. 3.13. Полученное сквозное отверстие в шестерни

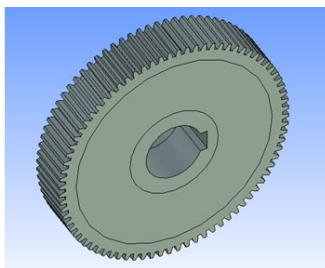


Рис. 3.14. Полученная геометрия шестерни

Для построения фасок на гранях зубьев и ступицы выбираем команду **"Сглаживание ребер/Фаска (Длина-угол)"**, задаем значения фаски и указываем грани, между которыми необходимо их построить (рис. 3.15). Подтверждаем действие **"ОК"**.

Полученную параметрическую 3D модель шестерни сохраняем в папку группы.



Рис. 3.15. Построение фасок на гранях зубьев

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать в себе: 1) цель работы; 2) краткое описание теоретических сведений; 3) параметрическую модель 3D вала и шестерни согласно варианту лабораторной работы № 1 (рис. 3.3, 3.7); 5) выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое рабочие плоскости? Какие типы рабочих плоскостей Вы знаете?
2. Создание 3D профиля с использованием штриховки.
3. Операции вращения и выталкивания. Создание тел с использованием этих операций, свойства операций.
4. Какие виды операций по созданию 3D тел Вы знаете?
5. Булевы операции над телами.
6. Элементы 3D сцены. Управление отображением трехмерных объектов.
7. Дополнительные рабочие плоскости, их построение и использование.
8. Специальные рабочие плоскости: цилиндрическая, сферическая, тороидальная.
9. Выполнение 3D операций с использованием созданных ранее тел.
10. Возможные ошибки пересчета 3D модели и способы их устранения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ТРЕХМЕРНЫХ СБОРОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

(2 часа)

Цель работы: получение практических навыков по созданию параметрических трехмерных сборочных моделей, формированию проекционных чертежей по трехмерным моделям, созданию разрезов и сечений.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕХМЕРНЫХ СБОРКАХ

Аналогично двумерному проектированию, где из плоских чертежей деталей создавались сборочные чертежи, при трехмерном моделировании в качестве фрагмента для создания сборки можно использовать трехмерные модели деталей.

Для привязки трехмерных объектов к пространству и друг к другу используются локальные системы координат (ЛСК). На вставляемом в сборку фрагменте должна быть **исходная** ЛСК, а в сборочной модели **целевая** ЛСК. При вставке фрагмента начало координат и оси исходной ЛСК совмещаются с соответствующими элементами целевой ЛСК. Если в модели имеется несколько исходных и целевых ЛСК, то необходимо выбрать одну исходную и одну целевую.

Кроме того, в трехмерной модели всегда присутствует система координат, имеющая начало в точке пересечения

рабочих плоскостей. Она будет использована для привязки при отсутствии в модели ЛСК (аналогом в двухмерном проектировании является вставка фрагмента без элементов привязки).

При помещении фрагмента на сборку можно задать сдвиги и повороты исходной системы координат относительно целевой по отношению к состоянию их полного совпадения. Для этого существует закладка **Преобразования** в параметрах фрагмента.

Имеется три основных способа построения локальных систем координат:

- **по узлам**, где с помощью 3D узлов задается положение начала координат и, при необходимости, направление осей;
- **по грани**, где начало координат и оси X и Y располагаются на указанной грани;
- **по оси** цилиндра, где этой осью задается расположение и направление оси Z системы координат.

Реально же имеется очень большое количество опций для определения и дальнейшего преобразования положения начала координат и направления осей.

Надо отметить, что ЛСК можно построить заранее, при создании модели детали, а можно строить непосредственно при вставке фрагмента. Для этого в Автоменю вставки фрагмента имеется набор соответствующих опций.

ЗАДАНИЕ № 6.

СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА УЗЛА В 3D

Необходимо построить показанный на рис. 4.1 сборочный чертеж узла в 3D. Рассматриваемая 3D модель сборочного чертежа будет построена в параметрическом виде, поэтому любые ее модификации будут автоматически отображаться на всех проекциях.

Для начала открываем в программе T-FLEX CAD новое окно **"Новая 3D модель"**



и сохраняем файл в папку группы с названием **"Сборочный чертеж узла в 3D"**. Затем открыть файл **"Вал 3D"**, который был построен в ЗАДА-

НИИ № 4, и создаем шпонку следующими действиями: вклю-

чаем **"Реберное изображение"**  вала, выделяем нижний профиль шпоночного отверстия (паза) и командой **"Выталкивание"** выталкиваем шпонку на нужную нам высоту. Аналогично создаем вторую шпонку. Также

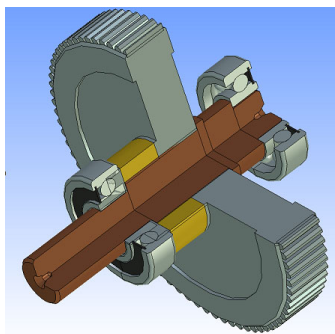


Рис. 4.1. Сборочный чертеж в 3D (параметрическая модель узла)

необходимо в реберном изображении на каждом торце ступени вала по его оси создать систему координат , которая понадобится в дальнейшем для привязки шестерни, втулки и подшипников. Сохранить файл в папку группы.

Следующим этапом в новой закладке документов чертим 3D втулку по чертежу, который выполнен в ЗАДАНИЕ № 3, не забыв при этом создать **"Систему координат"**  в точке с координатами (0;0;0) для привязки втулки к валу. Сохраняем полученную 3D модель втулки в папку группы с названием **"Втулка 3D"**.

Далее на 3D валу со шпонками необходимо разместить 3D шестерню, предварительно установив **"Систему координат"**  в точке с координатами (0;0;0) на шестерни. При

помощи команды **"3D Фрагмент"**  открываем файл **"Шестерня 3D"** и устанавливаем ее на посадочное место вала, указав систему координат, к которой нужно привязать шестерню. При этом шестерню можно поворачивать при помощи **"Автоменю"**, а перемещать командой **"Преобразования"** во вкладке **"Основные параметры"**. Шпоночные отверстия на валу и шестерни должны совпадать (рис. 4.2).

Затем устанавливаем 3D втулку. С помощью команды **"3D фрагмент"**  открываем файл **"Втулка 3D"** и привязываем его к системе координат четвертой ступени вала, при этом втулку можно поворачивать в нужное нам направление при помощи автоменю.

Из стандартной библиотеки элементов T-FLEXCAD выбираем **"Стандартные изделия/Подшипники/Шариковые/Радиальные однорядные с защитными шайбами/Средняя серия/Подшипник ГОСТ 7242-70 60300"** и в параметрах

фрагмента выбрав нужный диаметр подшипника, устанавливаем их на вал (рис. 4.3). При том перемещать подшипники по валу можно при помощи команды **"Преобразования"**, которая находится во вкладке **"Основные параметры"**.

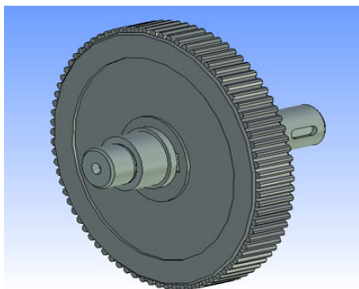


Рис. 4.2. Установка шестерни на вал

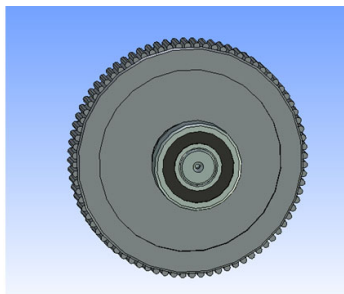


Рис. 4.3. Установка подшипников на вал с шестерней

Отсечем $\frac{1}{4}$ часть сборочного 3D узла. Для этого выбираем  **"Сечение/Построить сечение октаном"**, размещаем узел на оси вала в точке с координатами (0;0;0) и после подтверждения команды получаем параметрическую 3D модель узла в окончательном виде (рис. 4.1).

Полученную параметрическую 3D модель узла сохраняем в папку группы.

Для создания проекционного чертежа по трехмерной модели необходимо нажать на стандартной панели на 

"Проекция" в **"Автоменю"** выбрать нужный вид нажать на закончить ввод **"Ctrl+Enter"**, далее подтвердить открытие 2D окна. В **Габаритах проекции** выбрать нужный формат и масштаб. В появившемся **"Автоменю"** нажать на закончить ввод **"Ctrl+Enter"**.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать в себе: 1) цель работы; 2) краткое описание теоретических сведений; 3) сборочный чертеж в 3D согласно варианту лабораторной работы № 1 (рис. 4.1); 5) выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие элементы используются для привязки трехмерных объектов?
2. Свойства 3D фрагмента.
3. Управление положением объектов при вставке.
4. Совмещение вставки фрагментов с булевыми операциями.
5. Создание массивов из 3D объектов.
6. Моделирование разборки 3D узлов.
7. Создание проекционных чертежей по 3D модели.
8. Дополнительное оформление проекционных чертежей.
9. Создание разрезов и сечений. Применение разрезов к 3D модели.
10. Операции измерений на 3D модели.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.

СОЗДАНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ И ИХ ТАБЛИЦ НА 3D МОДЕЛЯХ В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD

(4 часа)

Цель работы: получение практических навыков по созданию сварных швов на 3D моделях, по созданию таблицы сварных швов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОЗДАНИИ СВАРНЫХ ШВОВ НА 3D МОДЕЛЯХ

Команды T-FLEX CAD для моделирования сварных швов позволяют создавать сварные швы не только на 2D чертеже, но и на 3D модели. В 3D сцене место сварки обозначается специальным "декоративным" телом с характерной текстурой (рис. 5.1).

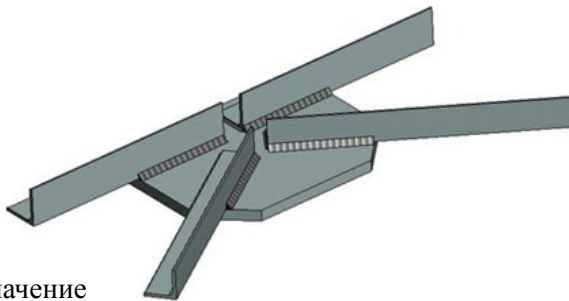


Рис. 5.1. Обозначение
места сварки на 3D модели

Для 3D сварного шва можно создавать обозначение так же, как и для сварного шва на 2D чертеже. Обозначение можно проставить непосредственно на 3D модели (это будет 3D надпись) или на 2D проекции данной модели.

При создании таблицы сварных швов на одной из 2D страниц данного документа, 3D сварные швы попадают в неё наравне с 2D сварными швами.

3D сварной шов может создаваться различными способами. Все способы создания 3D сварных швов можно разделить на группы:

- 3D сварные швы, созданные по граням 3D модели;
- 3D сварные швы по направляющим: "по одной направляющей";
- 3D сварные швы, созданные по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям;
- 3D сварные швы, созданные по уже существующим 3D сварным швам.

Для 3D сварных швов по граням и по направляющим в 3D сцене создаётся новое "косметическое" тело. Такие швы не влияют на остальную часть 3D модели и не включаются в историю 3D модели. В дереве 3D модели тело 3D сварного шва помещается в отдельную папку "Сварные швы". При создании 3D сварного шва другими способами новое тело не создаётся. Изображением сварного шва в 3D сцене будут те элементы модели, по которым он создан.

Для тела сварного шва используется материал "Weld Material" из стандартной библиотеки материалов T-FLEX CAD.

Используя различные способы создания 3D сварных швов T-FLEX CAD, можно имитировать на 3D модели различные виды сварных соединений.

Для любого 3D сварного шва можно указать, к какому **типу сварных швов** он принадлежит. Тип определяет все основные характеристики шва (тип сварного соединения, конструктивные элементы, обозначение). Принадлежность

сварного шва к определённому типу не зависит от способа создания шва.

Тип 3D сварного шва можно не указывать. Такой 3D шов называется *нестандартным*. Нестандартный 3D сварной шов не заносится в таблицу сварных швов. Кроме того, нестандартные 3D сварные швы не отображаются в дереве швов окна "Сварные швы".

Нестандартные 3D сварные швы можно использовать для декорирования 3D модели. Например, пользователь хочет прорисовать сварной шов на модели только для большей её наглядности, не планируя в дальнейшем создавать документацию по сварным швам. В такой ситуации нецелесообразно тратить время на создание типа сварного шва. Достаточно задать на 3D модели нестандартный 3D сварной шов.

Следует отличать "нестандартный" 3D сварной шов от 3D сварного шва, созданного по нестандартному типу шва, параметры которого были заданы пользователем произвольно. 3D сварной шов нестандартного типа заносится в таблицу сварных швов.

Создание 3D сварных швов по граням

Существует три способа создания 3D сварного шва по граням 3D модели:

- Создание углового шва;
- Создание углового прерывистого шва;
- Создание стыкового шва.

Во всех способах сварной шов создаётся на основе двух наборов свариваемых граней. Наборы определяют грани, которые должны быть "соединены" сварным швом. Количество граней в наборах может не совпадать. Выбранные грани должны принадлежать одному или двум Телам.

Угловой шов

При создании углового шва указываются два набора свариваемых граней, катет шва и величина усиления/ослабления (рис. 5.2). В результате строится сварной шов между

поверхностями указанных наборов граней, величина которого соответствует заданному катету.

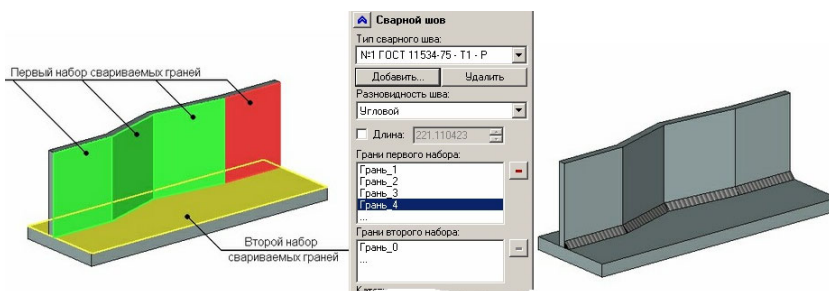


Рис. 5.2. Выбор граней при создании угловых швов

Значения катетов отсчитываются от линии пересечения граней (см. рис. 5.3). Ослабление/усиление создаваемого сварного шва указывается как максимальное отклонение линии скругления шва от прямой линии. Положительное значение отклонения соответствует усилению шва, отрицательное – ослаблению.

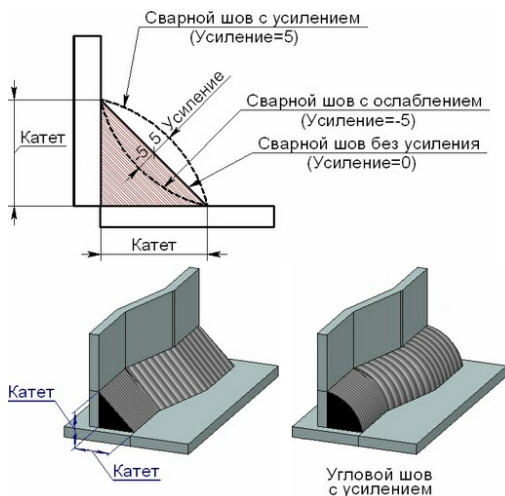


Рис. 5.3. Значения катетов, ослабление/усиления создаваемого углового сварного шва

Прерывистый угловой шов

Прерывистый угловой шов представляет собой угловой шов, проваренный не целиком, а отдельными участками (рис. 5.4). Поэтому создаётся он в основном так же, как и угловой шов. Дополнительно необходимо указать **размер провариваемого участка** и **размер шага**. Обратите внимание, что для некоторых типов сварных швов эти параметры могут быть определены и в параметрах самого типа (если этого требует соответствующий ГОСТ). В этом случае значения, заданные для самого шва, "перекрывают" значения, заданные для типа этого шва.

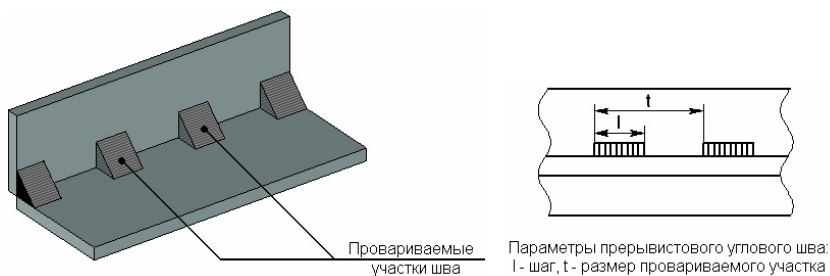


Рис. 5.4. Прерывистый угловой шов

Стыковой шов

Стыковой шов соединяет целиком поверхности, заданными двумя наборами свариваемых граней. Для обеспечения правильной ориентации шва дополнительно надо указать верхние и нижние грани для каждого набора свариваемых граней. Они задают необходимое соответствие для построения тела сварного шва. В качестве *верхних* и *нижних* граней выбираются грани, имеющие со свариваемыми общие рёбра.

Например, при создании стыкового шва между двумя трубами с круглым сечением в качестве верхних граней

выбираются внешние цилиндрические грани обоих тел (рис. 5.5). Нижними гранями в этом случае будут внутренние цилиндрические грани. Можно выбрать и наоборот, главное – соответствие внешней грани одного тела с внешней гранью другого тела, а внутренней грани – с внутренней.

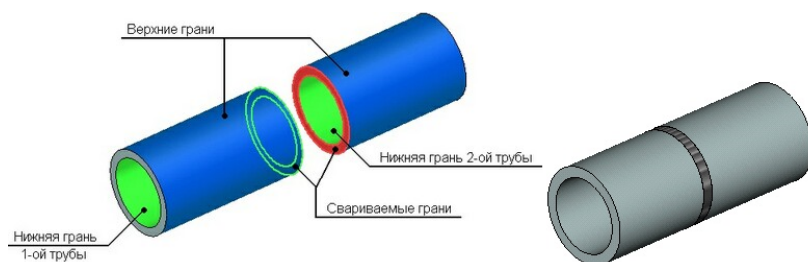


Рис. 5.5. Выбор свариваемых граней при создании стыкового шва труб круглого сечения

При создании стыкового шва между двумя трубами с некруглым сечением в качестве верхних граней выбираются все внешние грани обеих труб, в качестве нижних граней – все внутренние грани (рис. 5.6). Если на каждом теле необходимо указать несколько верхних граней, то порядок выбора граней одного тела должен совпадать с порядком выбора граней другого тела. То же самое справедливо и для случая выбора нескольких нижних граней на каждом теле.

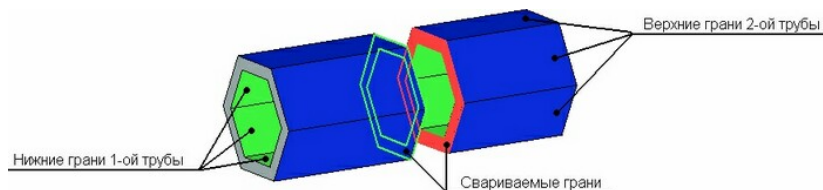


Рис. 5.6. Выбор свариваемых граней при создании стыкового шва труб с некруглым сечением

При создании стыкового сварного шва между двумя плитами в качестве верхних и нижних граней выбираются те грани тела, вдоль которых будет проходить создаваемый сварной шов (рис. 5.7). Обратите внимание, что верхняя грань на одной плите должна быть с той же стороны шва, что и верхняя грань на другой плите.

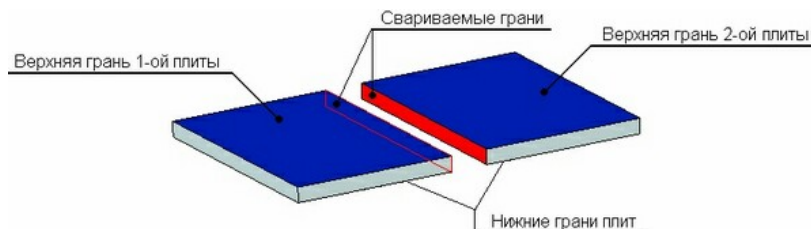


Рис. 5.7. Выбор граней при создании стыкового сварного шва

Для стыкового шва можно дополнительно указать величину усиления/ослабления шва с обеих сторон свариваемых деталей (т.е. со стороны верхних и нижних граней рис. 5.8).

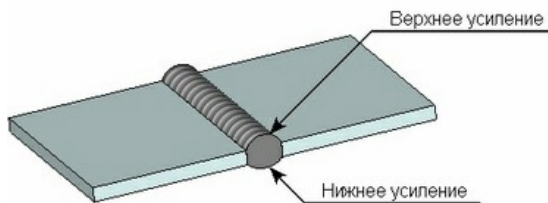


Рис. 5.8. Указание верхнего и нижнего усиления

СОЗДАНИЕ 3D СВАРНЫХ ШВОВ ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ

Сварной шов по одной направляющей

При создании сварного шва по направляющей тело сварного шва создаётся перемещением профиля шва вдоль

произвольной направляющей (рис. 5.9). Направляющая шва может быть замкнутой.

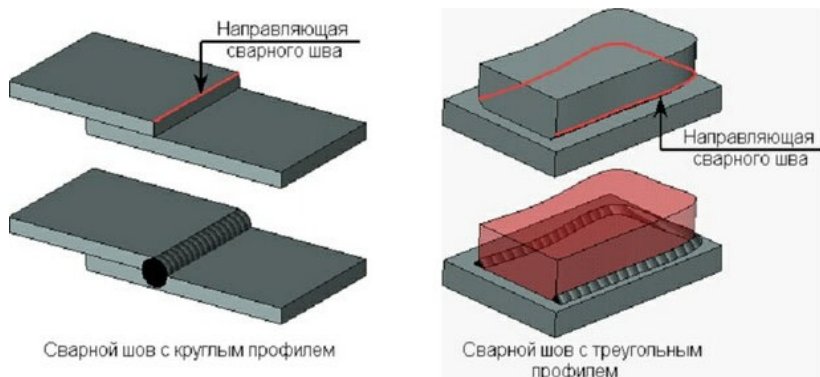


Рис. 5.9. Примеры создания сварного шва по направляющей

В качестве направляющей можно указывать рёбра, 3D пути, 3D профили и т. п. Направляющую можно задать набором 3D элементов (рёбер, путей и т. п.), при условии, что все выбранные элементы образуют непрерывную последовательность.

Форма профиля выбирается из вариантов, предлагаемых системой: окружность или равнобедренный треугольник. Для круглого профиля шва указывается радиус, для треугольного профиля – размер боковой стороны и величину угла между боковыми сторонами.

Для точной ориентации треугольного профиля дополнительно нужно указать направление ориентации профиля и угол поворота профиля относительно этого направления (рис. 5.10). При построении шва вершина треугольника совмещается с точкой на направляющей, а одна из сторон треугольника – с заданным вектором направления, а затем профиль доворачивается на требуемый угол.

Длина создаваемого сварного шва равна длине направляющей. В ситуациях, когда необходимо создать шов длиннее направляющей, можно указать величину расширений на концах направляющей (рис. 5.11). Тело сварного шва будет удлинено по касательным к направляющей в её конечных точках на величину заданных расширений.

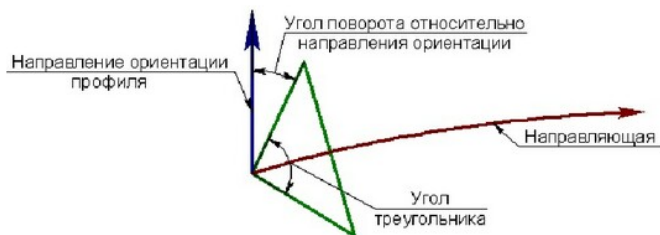


Рис. 5.10. Направление ориентации профиля и угол поворота профиля для треугольного профиля



Рис. 5.11. Создание сварного шва длиннее направляющей

Сварной шов по трём направляющим

Для создания сварного шва данного типа указываются три направляющие. Треугольное в сечении тело шва формируется таким образом, чтобы его боковые рёбра совпали с направляющими (рис. 5.12).

В качестве направляющих можно указывать рёбра, 3D пути, 3D профили и т.п. Направляющие можно задавать набором элементов (рёбер, путей и т.п.), при условии, что все

элементы одной направляющей образуют непрерывную последовательность.

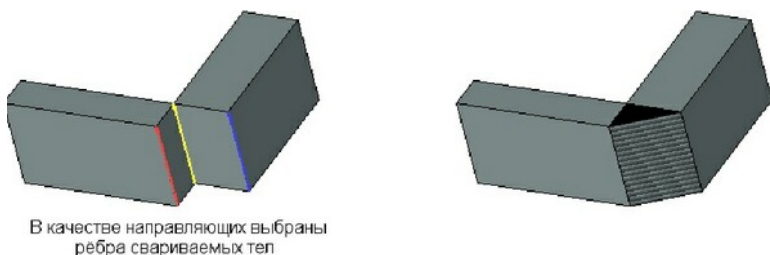


Рис. 5.12. Сварной шов по трём направляющим

Длина создаваемого сварного шва равна длине первой направляющей. В ситуациях, когда необходимо создать шов длиннее направляющей, можно указать величину расширений на концах направляющей. Тело сварного шва будет удлинено (параллельным переносом торцевых сечений) на величину заданных расширений.

Для сварного шва данного типа можно указать величину усиления/ослабления на стороне шва, лежащей между первой и второй направляющей.

Создание 3D сварных швов по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям

3D сварной шов, создаваемый по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям можно использовать в тех случаях, когда требуемое изображение сварного шва невозможно построить по граням модели. С его помощью можно указать, что какие-то уже существующие элементы 3D модели являются сварным швом. Для большей информативности при создании составного шва можно указать, какие детали он соединяет. Обратите внимание, что такой 3D сварной шов не может быть нестандартным.

При создании 3D сварного шва в 3D сцене не создаётся дополнительное "декоративное" тело шва. Однако такой шов можно "увидеть" – при выборе его в окне сварных швов в 3D сцене будут подсвечиваться соответствующие 3D объекты.

При необходимости телу, определяющему 3D сварной шов, можно самостоятельно назначить материал "WeldMaterial".

3D сварной шов, созданный по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям заносится в таблицу сварных швов наравне с другими видами сварных швов. Длина составного шва в режиме автоматического расчёта определяется как сумма периметров или длин всех составляющих его элементов 3D модели, кроме тел (операций). Тела, входящие в состав составного сварного шва, при автоматическом расчёте его длины не учитываются.

В качестве примера рассмотрим создание торцевого сварного шва. Допустим, необходимо создать сварной шов, соединяющий три детали (рис. 5.13). Ни угловой, ни стыковой 3D швы в данном случае не подходят. Поэтому создадим 3D сварной шов по двум рёбрам и дополнительно укажем, какие тела должны быть сварены данным швом.

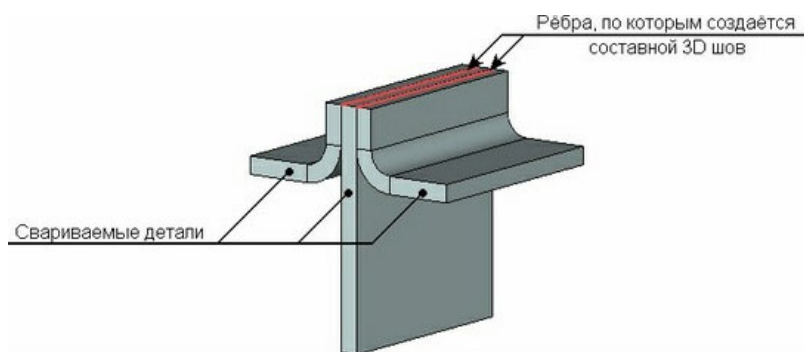


Рис. 5.13. Создание сварного шва по рёбрам

Создание 3D сварных швов по существующим 3D сварным швам

3D сварной шов может быть создан на основе набора уже существующих 3D сварных швов. Такой шов не может быть нестандартным. Как и в предыдущем случае, при создании такого 3D сварного шва дополнительное тело в 3D сцене не создаётся.

В качестве примера такого шва можно рассмотреть создание в T-FLEX CAD таврового двухстороннего сварного шва. Тавровый шов можно имитировать с помощью пары угловых сварных швов. Для того, чтобы в дальнейшем эта пара воспринималась системой как единый шов, следует дополнительно объединить их в один составной шов (рис. 5.14).

Для большей информативности при создании составного шва можно указать, какие детали он соединяет.

Длина составного шва в режиме автоматического расчёта определяется как сумма длин всех составляющих его 3D сварных швов. Параметры составного шва определяются типом данного шва. Параметры исходных сварных швов игнорируются.

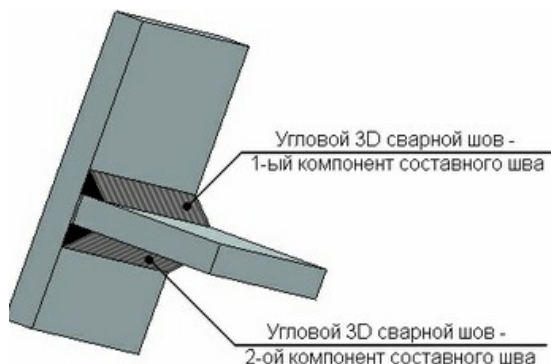


Рис. 5.14. Пример составного шва

В таблицу сварных швов в общем случае заносятся и исходные 3D сварные швы, и результирующий сварной шов, созданный на их основе. Чтобы избежать дублирования, рекомендуется в качестве исходных швов использовать нестандартные 3D сварные швы. В этом случае в таблицу сварных швов они не попадут.

Создание 3D сварного шва

Создание 3D сварного шва осуществляется с помощью команды **"W3: Создать 3D сварной шов"**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<W3>	«Сервис Сварка 3D Сварной шов»	

Для создания 3D сварного шва необходимо:

- а) задать тип создаваемого сварного шва;
- б) выбрать способ создания сварного шва;
- с) выбрать исходные геометрические объекты шва (зависит от способа создания шва);
- д) задать длину шва (если это необходимо);
- е) задать дополнительные параметры шва (катет, усиление или другие параметры в зависимости от разновидности шва);
- ф) подтвердить создание сварного шва.

Выбор типа 3D сварного шва

Тип создаваемого сварного шва выбирается в окне свойств команды в выпадающем списке **"Тип сварного шва"**. Список содержит все созданные в текущем документе T-FLEX CAD типы сварных швов.

Если требуемый тип сварного шва ещё не создан, можно воспользоваться кнопкой **[Добавить...]**. При нажатии на эту кнопку будет запущена команда создания нового типа сварного шва. После завершения создания типа система вернётся в команду создания шва. Созданный тип шва будет автоматически выбран.

Если на момент запуска команды **"W3: Создать 3D свар-**

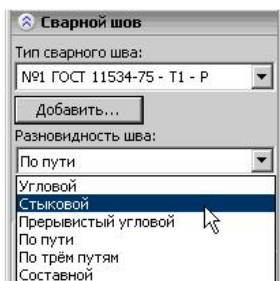


Рис. 5.15. Выбор типа сварного шва

ной шов" в текущем документе не определено ни одного типа сварного шва, то будет автоматически запущена команда создания типа шва (рис. 5.15).

Помимо созданных пользователем типов швов, список "Тип сварного шва" содержит дополнительный вариант **"Нестандартный"**. Он используется для создания нестандартных 3D сварных швов.

Выбор способа создания 3D сварного шва

Выбор способа создания 3D сварного шва осуществляется с помощью выпадающего списка **"Разновидность шва"** в окне свойств команды.

Для того, чтобы создать 3D сварной шов по граням модели, необходимо выбрать в списке один из следующих вариантов – **"Угловой"** (создание углового сварного шва), **"Прерывистый угловой"** (создание прерывистого углового шва), **"Стыковой"** (создание стыкового сварного шва).

Сварные швы по направляющей или по трём направляющим можно создать, выбрав в списке варианты **"По пути"** и **"По трём путям"** соответственно.

Для создания 3D сварного шва по существующим элементам 3D модели (кроме граней) следует выбрать вариант **"Составной"** (см. рис. 5.14).

Вариант **"Составной"** отсутствует в списке, если в поле **"Тип сварного шва"** установлено **"Нестандартный"**.

Выбор исходных геометрических объектов сварного шва. Дополнительные параметры шва

Набор исходных геометрических объектов создаваемого шва, а также дополнительные параметры шва, зависят от

способа создания этого шва. Поэтому рассмотрим отдельно разные способы создания 3D сварного шва.

Сварные швы по граням. Угловой и угловой прерывистый сварные швы

При выборе в списке пункта "Угловой" или "Угловой прерывистый" в автоматическом режиме команды становятся доступны следующие опции для выбора двух наборов свариваемых граней:



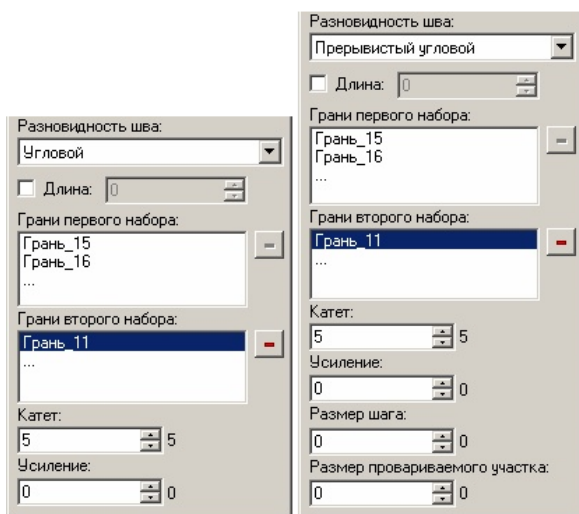
<1> Выберите грани первого набора



<2> Выберите грани второго набора

Величину катета и усиления сварного шва можно задать с помощью одноимённых параметров окна свойств.

Для углового прерывистого шва дополнительно можно указать размер шага и размер провариваемого участка (рис. 5.16).



а

б

Рис. 5.16. Задавание величины катета и усиления (*а*) и размеров шага и размера провариваемого участка при создании прерывистого шва (*б*)

Два набора свариваемых граней стыкового шва выбираются с помощью тех же опций  и,  что и для угловых швов. Дополнительно в **Автоменю** будут присутствовать опции для выбора верхних и нижних граней свариваемых тел:



<T> Выберите верхние грани первого набора;



**** Выберите нижние грани первого набора;



<Y> Выберите верхние грани второго набора;



<N> Выберите нижние грани второго набора.

Выбранные грани помещаются в списки **"Верхние 1"**, **"Верхние 2"**, **"Нижние 1"**, **"Нижние 2"**. Для отказа от выбора какой-либо грани необходимо указать её в соответствующем списке с помощью  и нажать кнопку **[Удалить]**.

В окне свойств для стыкового шва также можно задать **верхнее усиление** (т.е. усиление шва со стороны верхних граней) и **нижнее усиление** (усиление шва со стороны нижних граней).

Для создания шва по направляющей необходимо установить в списке "Разновидность шва" вариант "По пути". После этого в **Автоменю** команды станет доступна опция для выбора направляющей:



<T> Выбрать направляющую

Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора 3D объектов – циклов, рёбер, 3D путей, 3D профилей и т.д. Выбранные в качестве элементов направляющей объекты заносятся в список **"Путь 1"** в окне свойств команды. Для отказа от выбора какого-либо 3D объекта необходимо указать его в этом списке с помощью  и нажать кнопку .

Полностью отменить выбор направляющей можно, нажав кнопку  в окне свойств или с помощью опции автоменю:



<D> Отменить выбор направляющей

Если длина выбранной направляющей недостаточна, можно увеличить длину шва, указав величину расширений. Это можно сделать с помощью параметров группы **"Расширения на концах"** в окне свойств команды.

Группа параметров в нижней части раздела **"Сварной шов"** окна свойств позволяет выбрать тип профиля шва: **Круговой** (окружность) или **Треугольный**. При выборе **кругового** профиля необходимо указать его **радиус**.

Для **треугольного** профиля указываются величина боковой стороны треугольника (параметр **"Катет"**), угол между сторонами треугольника (**"Угол"**) и угол поворота относительно направления ориентации профиля (**"Доворот"**).

Направление ориентации треугольного профиля указывается с помощью опции **Автоменю**:



<R> Выбрать направление, задающее ориентацию профиля.

Отказаться от выбранного направления можно с помощью опции:



<U> Отменить выбор направления, задающего ориентацию профиля.

Сварной шов по трём направляющим

Для создания шва по трём направляющим необходимо установить в списке **"Разновидность шва"** вариант **"По трём путям"**. После этого в **Автоменю** команды станут доступны опция выбора направляющих:

-  **<T>** Выбрать первую направляющую;
-  **<D>** Отменить выбор первой направляющей;
-  **<W>** Выбрать вторую направляющую;
-  **<K>** Отменить выбор второй направляющей;
-  **<A>** Выбрать третью направляющую;
-  **<M>** Отменить выбор третьей направляющей.

Выбранные объекты заносятся в списки "Путь 1", "Путь 2", "Путь 3" в окне свойств команды.

Длина создаваемого шва будет равна длине первой направляющей. Увеличить длину можно, указав величину расширений на концах пути с помощью параметров группы **"Расширения на концах"**.

В диалоге окна свойств для сварного шва по трём направляющим также можно задать **усиление/ослабление** шва.

Сварные швы по рёбрам, 3D путям, 3D путям, 3D профилям, операциям, 3D сварным швам

Для создания шва по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям и уже существующим 3D швам необходимо установить в списке "Разновидность шва" вариант "Составной". После этого в **Автоменю** команды станут доступны опции для выбора исходных объектов 3D модели:

-  **<C>** Выбрать компоненты составного шва

Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора 3D объектов – 3D сварных швов, рёбер, 3D путей, 3D профилей, операций.

Выбранные в качестве составляющих 3D сварного шва объекты заносятся в список "Состав" в окне свойств команды. Для отказа от выбора какого-либо 3D объекта необходимо указать его в этом списке с помощью  и нажать кнопку .

Детали, которые будут соединяться создаваемым швом, можно указать с помощью опции:



<D> Выбрать свариваемые детали.

Дополнительно для составного шва можно указать, что он является замкнутым, установив флажок **"Замкнутый шов"**.

Задание длины сварного шва

Способ расчёта длины шва определяется состоянием флажка **"Длина"**. Когда флажок отключен, длина шва рассчитывается системой автоматически. При включенном флажке значение длины задаётся пользователем в поле ввода справа от флажка.

ЗАДАНИЕ № 7

В ЗАДАНИИ № 7 необходимо построить 3D модель чертежа сварной конструкции с указанием сварных швов и их таблиц. Чертеж студент выбирает согласно варианту задания, выданному по дисциплине "Производство сварных конструкций".

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать в себе: 1) цель работы; 2) краткое описание теоретических сведений; 3) 3D модель чертежа сварной конструкции с указанием сварочных швов и их таблиц; 5) выводы по работе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт АО "Топ Системы" (адрес в Интернете <http://www.topsystems.ru> и <http://www.tflex.ru>).
2. Автоматизация проектирования и подготовки производства. T-FLEX Parametric CAD. – М. : ТопСистемы, 2002. – 41 с.
3. **Михайленко, В. Є.** Інженерна та комп'ютерна графіка [Текст] / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан. – К. : Вища школа, 2001. – 350 с.
4. Справочная система пакета T-flex CAD.

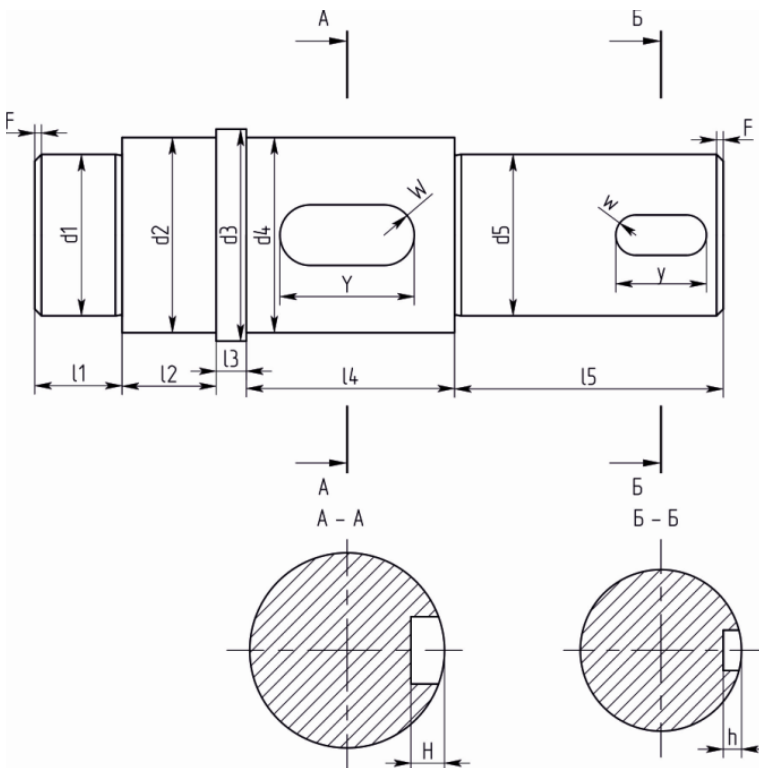
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№	d1	d2	d3	d4	d5	l1	l2	l3	l4	l5	W	w	Y	y	H	h	F	b	D1	D2	D	z	m	dcm	Lcm
1	30	40	45	40	30	19	21	4	55	75	8	5	35	21	5,5	4	1,8x45°	30	228	214,5	222	74	3	64	25
2	17	32	37	32	17	14	22	7	50	65	5	3	30	16	5	3,5	1,6x45°	26	124	115	120	60	2	56	24
3	25	34	39	34	25	17	20	6	52	80	6	4	36	25	5	3,5	1,6x45°	28	140	131	136	68	2	58	24
4	35	46	51	46	35	21	22	5	55	90	7	6	40	30	5,5	4	1,8x45°	30	216	202,5	210	70	3	70	25
5	40	50	55	50	40	23	27	6	60	85	9	6	36	29	6	4,5	2x45°	34	248	230	240	60	4	74	26
6	30	40	45	40	30	19	25	7	55	83	7	5	35	26	5,5	4	1,8x45°	30	198	184,5	192	64	3	64	25
7	25	38	43	38	25	15	23	4	53	76	6	4	34	23	5,5	4	1,8x45°	28	192	178,5	186	62	3	62	25
8	35	46	51	46	35	21	26	5	57	79	8	5	36	21	5,5	4	1,8x45°	32	186	172,5	180	60	3	70	25
9	17	30	35	30	17	14	22	9	50	85	5	3	20	16	5	3,5	1,6x45°	26	124	115	120	60	2	54	24
10	25	32	37	32	25	17	20	8	50	70	6	3	30	17	5	3,5	1,6x45°	26	132	123	128	64	2	56	24
11	45	54	59	54	45	25	20	4	62	73	9	6	40	25	6	4,5	2 x45°	36	256	238	248	62	4	78	26
12	40	52	57	52	40	23	20	6	62	84	8	5	36	22	6	4,5	2 x45°	36	274	254	264	66	4	76	26
13	35	42	49	42	35	21	18	3	57	90	7	4	35	30	5,5	4	1,8x45°	32	186	172,5	180	60	3	66	25
14	25	38	43	38	25	17	23	10	55	86	6	5	30	26	5	3,5	1,6x45°	30	186	172,5	180	60	3	62	25
15	17	32	41	32	17	14	24	5	52	87	5	3	31	23	5	3,5	1,6x45°	28	144	135	140	70	2	60	24
16	30	40	45	40	30	19	26	11	52	76	6	4	32	25	5,5	4	1,8x45°	28	156	147	152	76	2	64	24
17	50	58	63	58	50	27	28	9	62	80	9	6	40	32	6	4,5	2x45°	36	280	262	272	68	4	82	26
18	45	50	55	50	45	25	28	5	62	81	8	5	37	30	5,5	4	1,8x45°	36	280	262	272	68	4	74	26
19	35	46	51	46	35	21	26	4	55	84	7	4	36	32	5,5	4	1,8x45°	30	186	172,5	180	60	3	70	25
20	40	48	53	48	40	23	20	8	52	92	7	4	38	30	5,5	4	1,8x45°	28	164	155	160	80	2	72	24

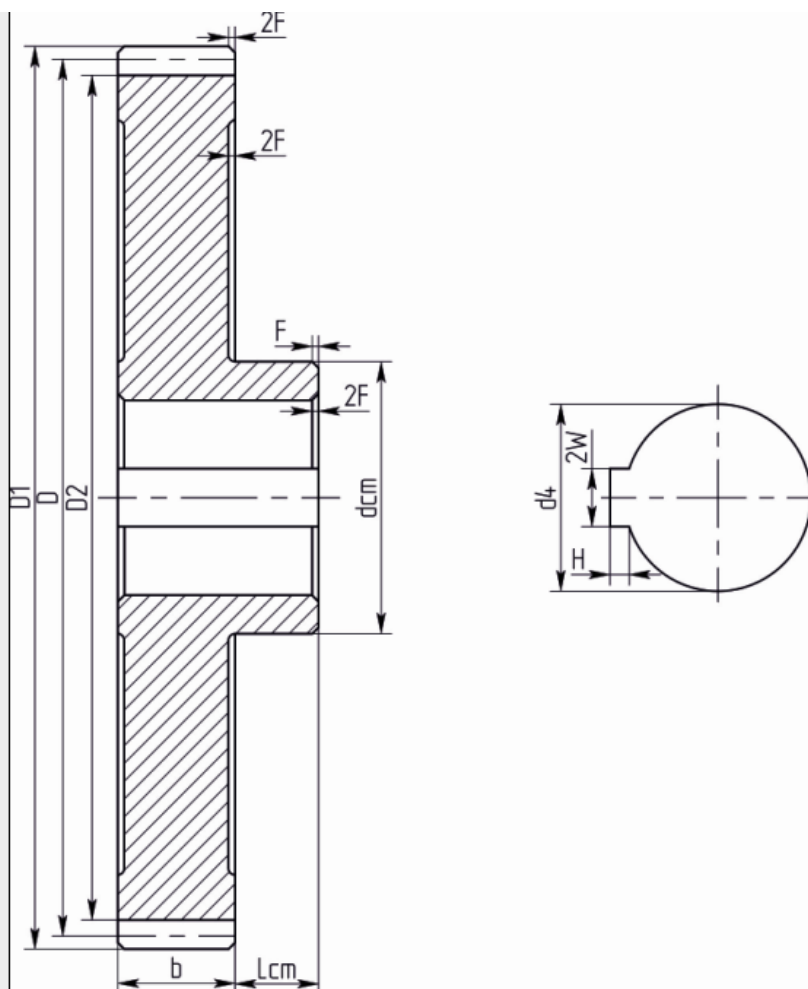
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$d1$ – диаметр первой шейки вала;
 $d2$ – диаметр второй шейки вала;
 $d3$ – диаметр бурта вала;
 $d4$ – диаметр третьей шейки вала;
 $d5$ – диаметр четвертой шейки вала;
 $l1$ – длина первой шейки вала;
 $l2$ – длина второй шейки вала;
 $l3$ – длина бурта вала;
 $l4$ – длина третьей шейки вала;
 $l5$ – длина четвертой шейки вала;
 W – радиус скругления большого шпоночного отверстия;
 w – радиус скругления меньшего шпоночного отверстия;
 Y – длина большого шпоночного отверстия;
 y – длина меньшего шпоночного отверстия;
 H – глубина большого шпоночного отверстия;
 h – глубина меньшего шпоночного отверстия;
 F – фаска;
 b – ширина зуба колеса;
 $D1$ – диаметр вершин зубьев;
 $D2$ – диаметр впадин зубьев;
 D – диаметр делительной окружности;
 z – количество зубьев колеса;
 m – модуль зуба;
 d_{cm} – диаметр ступицы;
 L_{cm} – длина ступицы.

Вал



Шестерня



СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD	3
ЗАДАНИЕ № 1. СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ ТИПА "ВАЛ"	9
ЗАДАНИЕ № 2. СОЗДАНИЕ 2D ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ ТИПА "ШЕСТЕРНЯ"	17
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА	21
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. СОЗДАНИЕ СБО- РОЧНОГО ЧЕРТЕЖА В T-FLEX CAD 2D	22
ЗАДАНИЕ № 3.	26
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА	29
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. СОЗДАНИЕ ПАРА- МЕТРИЧЕСКИХ 3D МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ	31
ЗАДАНИЕ № 4. ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛИ ВАЛА .	35
ЗАДАНИЕ № 5. ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3D МОДЕЛИ ШЕСТЕРНИ	39
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА	44
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	44
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. СОЗДАНИЕ ПАРА- МЕТРИЧЕСКИХ ТРЕХМЕРНЫХ СБОРОЧНЫХ МОДЕ- ЛЕЙ	45

ЗАДАНИЕ № 6. СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА	
УЗЛА В 3D	47
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА	50
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	50
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. СОЗДАНИЕ СВАР-	
НЫХ ШВОВ И ИХ ТАБЛИЦ НА 3D МОДЕЛЯХ В СИСТЕМЕ	
T-FLEX CAD	51
ЗАДАНИЕ № 7	70
ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА	70
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	71
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	72
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	73