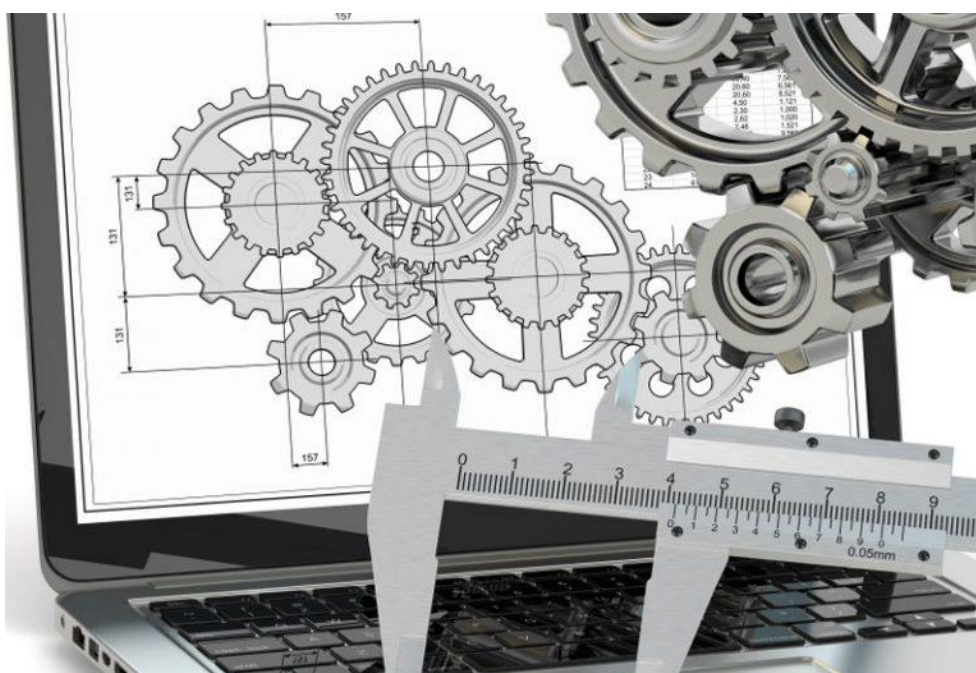


 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В РЕДАКТОРЕ ARM GRAPH



**Санкт-Петербург
2019**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков

**СОЗДАНИЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
В РЕДАКТОРЕ ARM GRAPH**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО

по направлению подготовки (специальности)

**16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения в
качестве учебно-методического пособия для реализации основных
профессиональных образовательных программ высшего образования
бакалавриата и магистратуры**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2019

УДК 621

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, Создание параметрической модели в редакторе АРМ Graph. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 27 с.

Рецензент: доктор технических наук, профессор СПбГАСУ В.Н.Глухих

В учебном пособии рассматривается создание параметрических моделей в редакторе АРМ Graph.

Издание переработанное и расширенное.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2019

© Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О САПР АРМ WINMACHINE И МОДУЛЕ АРМ GRAPH.....	5
ИНТЕРФЕЙС МОДУЛЯ АРМ GRAPH.....	6
СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В РЕДАКТОРЕ	
АРМ Graph	15
Общий порядок расчета.....	15
Задача.....	15
Решение.....	15
План построения модели.....	16
Ввод переменных.....	16
Графическое задание последовательности команд, ведущих к построению модели, и их параметризация.....	16
Проверка корректности работы построенной модели.....	20
Выбор базовой точки модели.....	20
Практическое задание.....	21
ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ.....	22
ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Системой автоматизированного проектирования (САПР) называют совокупность средств и методов для осуществления автоматизированного проектирования. Под автоматизированным проектированием понимают проектирование с помощью ПК, включающее поиск оптимального решения с выдачей результатов в графическом виде. Такое проектирование ведется в диалоговом режиме «Пользователь–ПК» [1].

В настоящее время происходит интенсивное развитие информационных технологий, используемых в проектировании. Программные комплексы, направленные на решение инженерных задач, можно разделить на две группы: САД-системы (Computer-Aided Design), предназначенные для автоматизации процесса проектирования, и САЕ-системы (Computer-Aided Engineering), которые позволяют моделировать разнообразные физические процессы.

Необходимость автоматизации проектирования обусловлена требованием сокращения времени разработки новых конструкций за счет повышения производительности конструкторских работ, так как сложность проектируемых изделий удваивается в течение каждого десятилетия [1].

Рассматриваемый в настоящем учебном пособии графический редактор АРМ Graph является САД-системой и позволяет повысить эффективность труда проектировщика.

В учебном пособии изложен общий порядок работы в редакторе АРМ Graph на примере создания параметрической модели полосы с отверстиями. В процессе выполнения работы студент знакомится с интерфейсом программы, структурой главного меню, основным инструментарием и возможностями команд разделов меню. Также студентам предлагается самостоятельно создать параметрическую модель фланца на основе полученных умений работы в чертежно-графическом редакторе.

Курсовой проект по курсу «Детали машин» является первой самостоятельной расчетно-конструкторской работой студента, в ходе которой приобретаются и развиваются навыки выполнения расчетов и чертежей, использования справочной литературы и ГОСТов, оформления технической документации.

Успешно выполнив курсовой проект, студент приобретает начальные конструкторские навыки и известную самостоятельность в решении простейших технических задач.

Настоящие методические указания имеют одной из целей оказание помощи студентам в работе над курсовым проектом.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О САПР АРМ WINMACHINE И МОДУЛЕ АРМ GRAPH

АРМ WinMachine – это наукоемкий программный продукт, созданный на базе современных инженерных методик проектирования, численных методов механики, математики и моделирования, гармонично сочетающий опыт поколений конструкторов, инженеров-механиков и других специалистов с возможностями компьютерной техники и технологий [2].

Многоцелевой пакет АРМ WinMachine является отечественной разработкой и представляет собой модульную систему, объединяющую 22 модуля. Совокупность инструментария можно условно разделить по назначению:

1. Графические средства;
2. Конечно-элементный анализ;
3. Инженерный анализ;
4. Технологическая подготовка производства;
5. Базы данных.

Модули могут работать как самостоятельно, так и в составе системы.

АРМ Graph представляет собой графическое средство создания и редактирования чертежей, в том числе выполненных в других графически-чертежных программных продуктах.

Выполнение графической части проектов основано на использовании геометрических примитивов. На начальном этапе пользователь легко адаптируется к работе благодаря контекстным подсказкам.

Для редактора АРМ Graph, как и иным чертежно-графическим продуктам, характерна возможность работы со слоями, блоками, экспортом/импортом графики и т.д.

ИНТЕРФЕЙС МОДУЛЯ APM GRAPH [3]

После запуска программы APM Graph на экране появляется рабочая среда модуля, общий вид которого представлен на Рис.1. Интерфейс представлен следующими элементами: рабочее поле, главное меню, панели инструментов, линейки, строка состояния, курсор, координаты курсора, текущая команда.

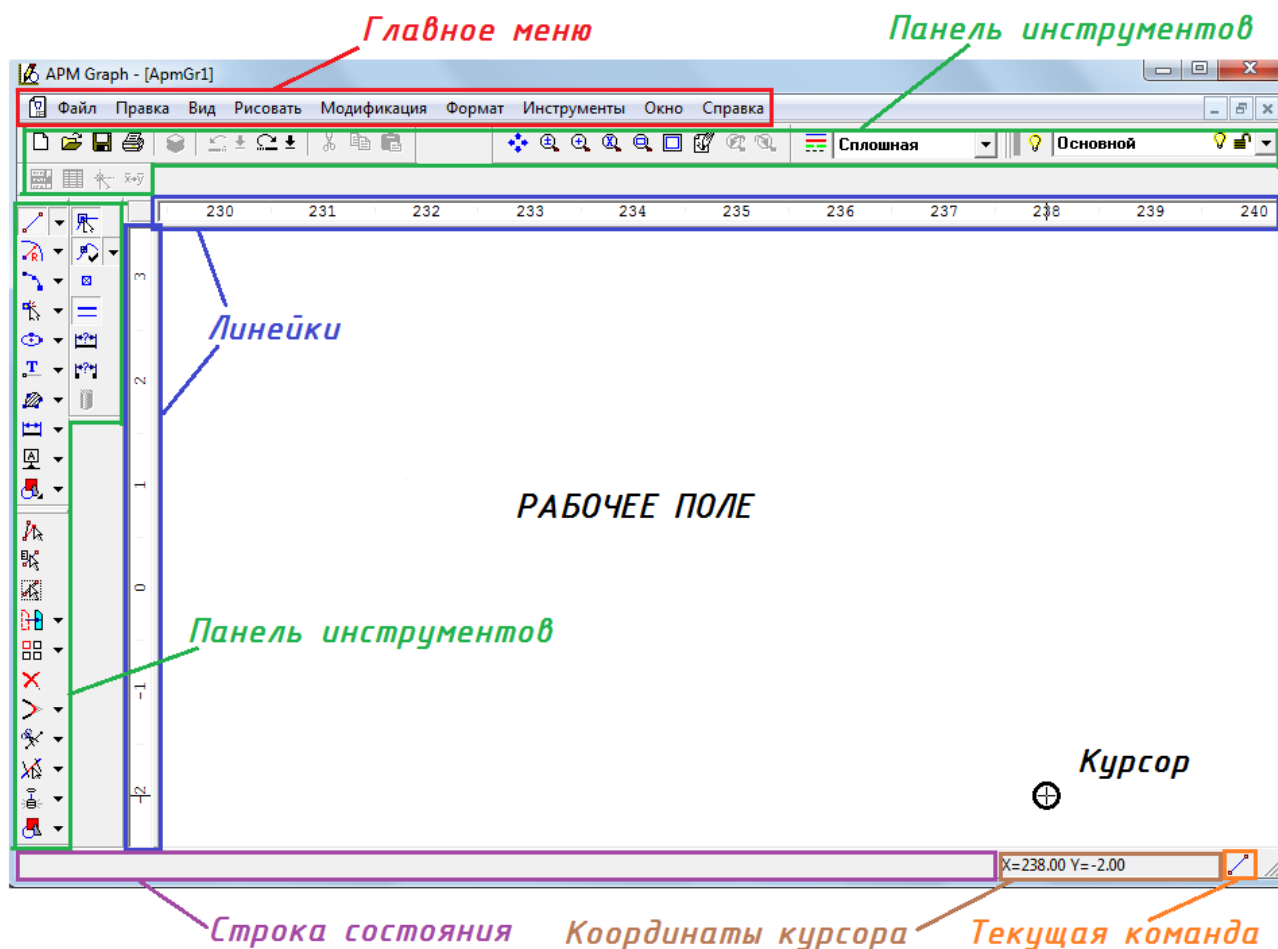










Рис.1 Интерфейс графического редактора APM Graph

Панели инструментов

Горизонтальная панель инструментов позволяет управлять шаблонами  и типами линий , слоями , панорамировать и масштабировать объект , а также открывает доступ к созданию , открытию , сохранению  и выводу на печать объекта .

Вертикальная панель инструментов включает в себя инструменты рисования и модификации, которые будут рассмотрены далее более подробно.







Линейки

Вертикальные и горизонтальные линейки задают координаты рабочего поля. Перемещать чертеж в рабочем поле можно наведением курсора и нажатием левой кнопки мыши на соответствующих линейках.

Строка состояния

Обозначение и подсказка к текущей команде отображаются в строке состояния. Координаты курсора отображаются в текущей пользовательской системе координат.

Главное меню:

- **Меню Файл.** Команды данного раздела меню частично продублированы в горизонтальной панели инструментов. С их помощью производят создание нового чертежа, операции с файлами и блоками, печать.
- **Меню Правка.** Команды данного меню позволяют производить отмену последнего действия , повторение последнего отмененного действия , вырезать объект в буфер обмена , копировать объект в буфер обмена , вставить объект из буфера обмена .
- **Меню Вид** (рис.2). Данное меню включает в себя добавление/удаление панелей инструментов из выпадающего меню, команду Перерисовать  (перерисовывает чертеж), панорамирование и масштабирование объектов, которые также продублированы на горизонтальной панели инструментов.

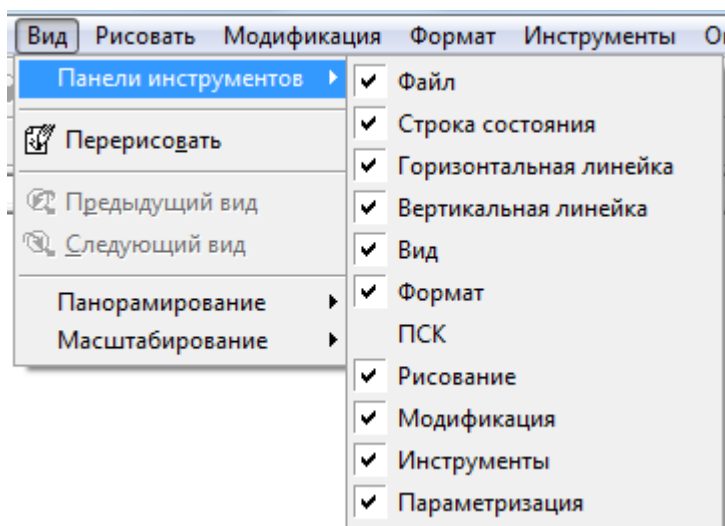
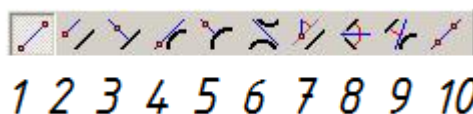


Рис.2 Меню Вид и список Панели инструментов

- **Меню Рисование.** В данном разделе рассмотрим графические примитивы, их обозначения и возможности меню Рисование.

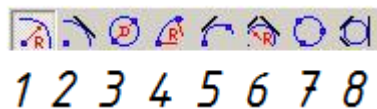
Линия



1. Через 2 точки – команда позволяет нарисовать линию через две точки. Сначала левой кнопкой мыши установите первую точку линии. Потом – вторую точку.

2. Параллельно линии – команда позволяет провести линию параллельно существующей.
3. Перпендикулярно линии – команда позволяет провести линию перпендикулярно существующей.
4. Касательно к окружности или дуге – команда позволяет провести линию касательную к существующей окружности или дуге. При указании конечной точки возможны различные направления линии.
5. Нормально к окружности или дуге – команда позволяет провести линию нормально к существующей окружности или дуге.
6. Касательно к 2 окружностям или дугам – команда позволяет провести линию, касательную к двум существующим окружностям или дугам.
7. Через точку под углом к линии – команда позволяет провести линию, под углом к существующей.
8. Биссектриса – команда позволяет провести биссектрису к двум существующим линиям.
9. Касательно к окружности или дуге и под углом к линии – команда позволяет провести линию, касательную к существующей окружности или дуге и под определенным углом к существующей линии.
10. Вспомогательная линия – команда позволяет нарисовать вспомогательную бесконечную линию через две точки.

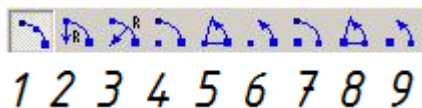
Окружность



1. Центр и радиус – команда позволяет построить окружность по центру и радиусу.
2. Центр и касательная – эта команда позволяет построить окружность, касательную к существующим линии или окружности.
3. Две точки на диаметре – этой командой производится построение окружности по двум точкам, лежащим на диаметре.
4. Две точки и радиус – эта команда позволяет построить окружность по двум точкам на окружности и радиусу.
5. Две точки и касательная – команда позволяет провести окружность через две точки касательно к существующей линии или окружности.
6. Две касательные и центр – эта команда позволяет провести окружность, касательную к двум объектам. Допустимыми объектами являются линия и окружность.
7. Три точки – эта команда позволяет построить окружность по трем точкам.

8. Три касательных – эта команда позволяет провести окружность, касательную к трем объектам. Допустимыми объектами являются линия и окружность.

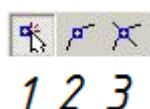
Дуга



1. Три точки – команда позволяет построить дугу по трем точкам: началу, концу и точке на дуге.
2. Начало, Конец и Радиус – с помощью этой команды можно построить дугу, указав начало, конец дуги и величину радиуса. Сначала левой кнопкой мыши устанавливается начальная и конечная точки. Затем, перемещая мышь, выбирается нужный радиус.
3. Начало, Конец и Радиус. Отличается от команды 2 тем, что на последнем этапе вводится не величина радиуса, а точка, которая проецируется на направление радиуса.
4. Начало, Центр и Конец – с помощью этой команды можно построить дугу, указав начальную точку, центр дуги и конечную точку левой кнопкой мыши.
5. Начало, Центр и Угол – с помощью этой команды можно построить дугу, указав начальную точку и центр дуги левой кнопкой мыши и величину центрального угла. Линия, проведенная из центра до курсора мыши, показывает текущее значение центрального угла (отсчет ведется относительно нуля градусов).
6. Начало, Центр и Длина дуги – с помощью этой команды можно построить дугу по начальной точке, центру и длине дуги. Сначала задайте начало и центр дуги левой кнопкой мыши. Затем, перемещая мышь, постройте дугу подходящего радиуса.
7. Центр, Начало и Конец.
8. Центр, Начало и Угол.
9. Центр, Начало и Длина дуги.

Команды 7, 8, 9 аналогичны командам 4, 5, 6, за исключением того, что первой вводимой точкой является центр дуги.

Точка



1. Свободная точка – эта команда позволяет поставить точки на чертеже нажатием левой кнопки мыши.

2. На объекте – с помощью этой команды задается точка, лежащая на линии или окружности. Для этого сначала выделяется объект левой кнопкой мыши и фиксируется положение точки на объекте.
3. На пересечении – с помощью этой команды задается точка, лежащая на пересечении двух объектов. Допустимыми объектами являются линия, окружность и дуга.

Кривая



1 2 3 4 5 6

1. Эллипс по 3 точкам – этой командой можно построить эллипс по 3 точкам. Указывается центральную точку эллипса, конечная точка первой полуоси эллипса и конечная точка второй полуоси эллипса.
2. Эллипс в прямоугольнике – этой командой можно построить эллипс по диагонали описанного прямоугольника. Даная команда предназначена для отрисовки эллипса с ортогональными осями.
3. Сплайн – команда позволяет построить параметрический сплайн. Точки сплайна задаются левой кнопкой мыши. Для построения сплайна необходимо указать как минимум 3 точки.
4. NURBS – команда позволяет построить нерегулярный рациональный B-сплайн (Non-Uniform Rational B-Spline). После вызова команды появляется диалоговое окно для ввода порядка NURBS'a. Введите порядок NURBS'a от 3 до 5 включительно, далее задаются параметрические точки и нажимается кнопку Применить.
5. Полилиния – команда предназначена для непрерывного рисования полилинии (ломаной линии). После активации команды последовательно задаются левой кнопкой мыши характерные точки полилинии.
6. Многоугольник – команда предназначена для построения равносторонних многоугольников.

Примечание. При отрисовке любого из перечисленных геометрических примитивов (задание окружности, координат центра окружности, точек касания, первых и вторых точек и значения длин отрезков и др.) необходимые численные значения указываются в окне ручного ввода. Вместо ввода координат точек можно задавать свободное положение точек относительно друг друга.

Текст



1 2 .

1. Простой текст – с помощью этой команды вводится текст. Сначала левой кнопкой мыши или в диалоге ручного ввода задается базовая точка. Далее в окне задания текста выбирается необходимый стиль текста, шрифт,

форматируется абзац и предоставляется возможность вставки специализированных символов.

2. Текст на линии – эта команда аналогична команде 1, но в данном случае необходимо указать линию, относительно которой будет располагаться текст.

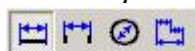
Штриховка



1 2 3 .

1. Простая штриховка. Штриховка может содержать несколько контуров. Контур – это совокупность объектов, соединенных друг с другом конечными точками. Контур должен быть замкнут. Отдельным контуром может являться окружность или замкнутый сплайн. Допустимыми объектами контура являются линия, дуга, сплайн. После выделения необходимого контура появляется окно Штриховка и заливка. В нем задаются необходимые параметры.
2. Задаваемая штриховка. Этой командой можно воспользоваться, если команда 1 не может правильно выделить нужный контур или контур достаточно сложен. Для этого левой кнопкой мыши выделяется последовательно каждый объект будущего контура.
3. Штриховка по точке. С помощью этой команды можно задать контур по точке, находящейся внутри замкнутой области. Для этого необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши внутри области. Если замкнутый контур найден, он будет подсвечен, иначе будет выдано сообщение о том, что контур не найден. При нахождении контура принимаются во внимание либо выделенные объекты (командой Выбор объектов), либо видимые в данный момент объекты на экране.

Размеры



1 2 3 4

1. Линейные – команда позволяет поставить линейный размер на линию или диаметральный – на окружность. После фиксации размера выбранного элемента вызывается диалог Размеры, в котором можно указать параметры размера.
2. Угловые – этой командой проставляется угловой размер между линиями или дистанцию, если линии параллельны. Также можно поставить дистанцию между двумя контрольными точками объектов или между контрольной точкой и линией. Сначала выделяются либо две линии, либо две контрольные точки, либо контрольную точку и линию левой кнопкой мыши. Перемещая мышью, размер располагается подходящим образом. Следующим щелчком мыши фиксируется положение размера.
3. Радиальные – этой командой проставляются радиальные размеры. Выделите окружность или дугу левой кнопкой мыши. По умолчанию

проставляется диаметр. Для отображения радиуса нажмите клавишу Shift. Перемещая мышью, расположите размер подходящим образом.

4. Расчет размерных цепей – с помощью этой команды можно провести расчет размерной цепи для уточнения назначенных допусков.

Примечание. После фиксации размера выбранного элемента вызывается диалог Размеры, в котором можно указать параметры размера и стили текста (рис.3).

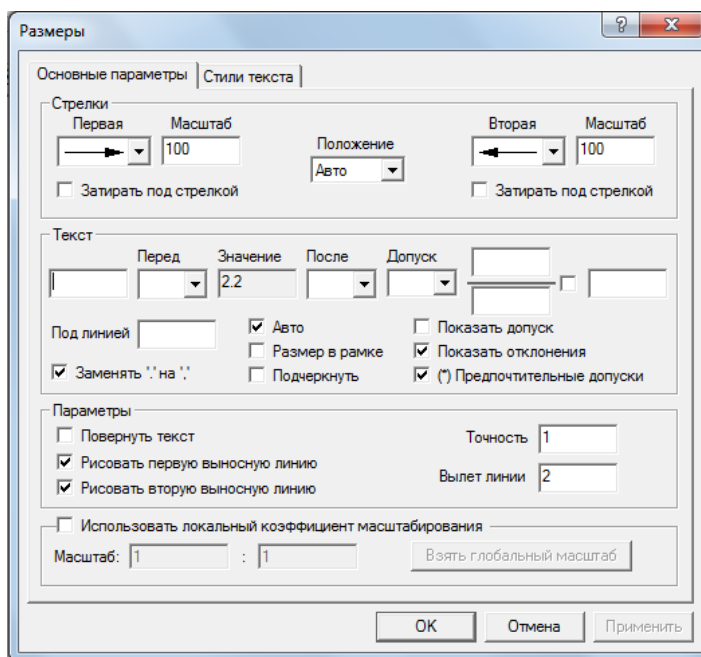
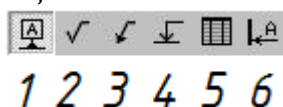


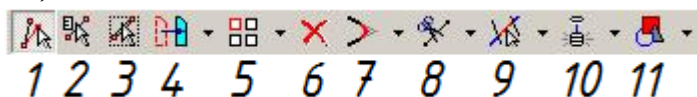
Рис.3 Вкладка Основные параметры размера

Специальные символы



1. Допуск – с помощью этой команды можно поставить допуск или базу на объект. Допустимыми объектами являются: линия, окружность и дуга. Сначала левой кнопкой мыши выделяется объект. На экране появится диалоговое окно Допуски, в котором задаются: тип допуска, величина (численное значение допуска), имя баз, тип текста, количество линий, тип соединения.
2. Шероховатость – этой командой можно поставить знак шероховатости. Знак может быть поставлен как отдельно, так и на объект (линию, окружность или дугу). На следующем этапе производится ввод параметров шероховатости в появившемся диалоговом окне Шероховатость.
3. Выноска – по этой команде производится переход в режим построения выноски или обозначения сварного соединения.

4. Уровень – этой командой можно вставить отметку уровня.
 5. Таблица – этой командой можно вставить таблицу в чертеж. При выборе команды появится диалоговое окно Таблица.
 6. Разрез – этой командой можно вставить в чертеж обозначение разреза или указателя вида.
- *Меню Модификация.*



1. Редактирование – этой командой можно перейти в режим редактирования чертежа. Узлами объекта являются одна или несколько контрольных точек.
 2. Модификация свойств – этой командой можно изменить свойства и атрибуты одного или нескольких объектов.
 3. Выбор объектов – этой командой можно выделить один или несколько объектов для последующих действий над ними. Возможные действия над выделенными объектами: модификация свойств, перемещение, копирование, вращение, масштабирование, зеркальное отображение, прямоугольный и круговой массив, удаление, создание блока, расчленение блока.
 4. Перемещение – этой командой производится переход в режим перемещения объектов.
 5. Круговой массив – этой командой производится переход в режим создания кругового массива объектов.
 6. Удаление – этой командой можно удалить один или несколько объектов.
 7. Скругление к двум объектам – с помощью этой команды можно построить скругление к двум объектам.
 8. Разрыв объекта в точке – этой командой Вы можете разбить объект надвое.
 9. Усечь объект – команда позволяет удалить часть объекта, ограниченную ближайшими точками пересечения этого объекта с другими объектами чертежа.
- Примечание. Допустимыми объектами для команд 7, 8 и 9 являются линия, окружность и дуга. Нельзя усечь объект, входящий в контур штриховки. Скругление и фаска также не разрываются и не усекаются.
10. Разбиение контрольной точки – этой командой можно разбить контрольную точку на несколько. При рисовании объектов по умолчанию новая контрольная точка не создается, если уже есть точка с такими координатами.
 11. Создание блока – с помощью этой команды можно объединить несколько объектов в блок и работать далее с блоком как с единым объектом.
- *Меню Формат* позволяет управлять шаблонами, типами линий и слоями.

- *Меню Окно* позволяет расположить все открытые окна на экране каскадом или без перекрытия.
- *Меню Справка* вызывает справочную систему и информацию об установленной версии программы.

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В РЕДАКТОРЕ АРМ Graph [1]

Общий порядок создания модели

1. Составление плана построения модели.
2. Ввод переменных.
3. Графическое задание последовательности команд, ведущих к построению модели, и их параметризация.
4. Проверка корректности работы построенной модели.
5. Задание базовой точки модели.

Задача

Создать параметрическую модель полосы с отверстиями.

Модель полосы должна содержать n отверстий диаметра d , равномерно расположенных по длине полосы; длина l и ширина полосы b зависят от количества отверстий и их диаметра.

Число отверстий n и их диаметр d являются независимыми переменными, а длина l и ширина полосы b – зависимыми (значения исходных данных см. стр.22, табл. 1).

Решение

При создании параметрической модели рекомендуется придерживаться определенных правил и последовательности действий, для того чтобы достигнуть желаемого результата с наименьшей затратой усилий. Рассмотрим эти правила с краткими пояснениями.

Создание конкретной модели. Все команды, которые использовались при создании модели, документируются, следовательно, если какой-либо объект был создан ошибочно и затем удален, то все относящиеся к этому процессу команды, тем не менее, войдут в список. Очевидно, что модель в этом случае получится явно неоптимальной.

В качестве начальной точки используют точку с координатами $(0, 0)$. При таком выборе начальной точки выражения, описывающие те или иные параметры объектов, получаются более компактными.

Каждую команду сразу же после ее выполнения параметризуют. Сразу после того, как был создан какой-либо объект параметрической модели, нужно, не создавая другой объект, поставить в соответствии с его параметрами выражение, состоящее из переменных. При этом появляется возможность визуально убедиться в том, что объект создан корректно, поскольку если при его создании была допущена ошибка, то это сразу же станет заметно.

Если же создать сразу несколько объектов, а потом приступить к процедуре их параметризации, то найти ошибку будет значительно сложнее, так как придется отслеживать все выполненные шаги.

Исключение из этого правила может быть сделано при последовательном построении цепочки объектов, например, отрезков, у которых начало каждого последующего отрезка совпадает с концом предыдущего. В этом случае

дополнительную привязку к контрольным точкам введенного отрезка выполнять не нужно.

План построения модели

1. Указываем начальную точку – центр первой (левой) окружности и создаем окружность с центром в начальной точке.
2. Проводим вертикальную осевую линию отверстия.
3. С помощью четырех отрезков создаем внешний замкнутый прямоугольный контур полосы начиная с левого верхнего угла.
4. Проводим общую осевую линию симметрии полосы.
5. Создаем прямоугольный массив, состоящий из отверстий.

Ввод переменных

Для перехода в режим создания параметрической модели выбираем в меню **Файл пункт Создать модель**.

Вначале вводятся независимые, а затем зависимые переменные. Делается это следующим образом: прежде всего нажимаем на панели инструментов **«Параметризация»** кнопку **«Вызов диалогового окна задания переменных»**.

После нажатия кнопки **«Добавить»** откроется новое диалоговое окно **«Переменная»**. В поля ввода этого диалога записываем характеристики задаваемой переменной:

- в поле ввода **«Переменная:»** записываем имя переменной, которое должно начинаться с буквы латинского алфавита и может содержать цифры;
- в поле ввода **«Выражение:»** следует записать математическое выражение, которое будет использоваться для вычисления этой переменной. Для независимой переменной это поле ввода остается пустым;
- в поле ввода **«Значение:»** задается числовое значение, которое принимает эта переменная. Это поле обязательно к заполнению для любой переменной;
- в поле ввода **«Комментарий:»** при необходимости записываются комментарии к данной переменной.

Ввод переменных заканчивается нажатием кнопки **«ОК»**.

Графическое задание последовательности команд, ведущих к построению модели, и их параметризация

На этом этапе реализуется намеченный выше порядок построения модели:

I. Создание окружности и ее параметризация. Нажимаем кнопку **«По центру и радиусу»** на панели инструментов **«Рисование»** (меню **Рисовать/Окружность/Центр и радиус**) и создаем окружность произвольного радиуса в произвольном месте поля чертежа. Затем нажимаем на панели инструментов **«Параметризация»** кнопку **«Вызов диалогового окна параметрических команд»** (меню **Параметризация/Команды...**), вызывая тем самым диалоговое окно **«Список параметрических команд»**.

В верхней части этого диалога находится список параметрических команд, выполненных пользователем к текущему моменту.

В центральной и нижней частях окна находятся группы параметров *Центральная точка № 1* и *Точка окружности*. Рассмотрим их более подробно:

1) при построении окружности по центру и радиусу, как в рассматриваемом случае, первым шагом является определение координат точки центра окружности. С этой целью в группе параметров *Центральная точка №1* задаем положение центра окружности, установив переключатель в положение *Значения*. В столбцах таблицы этой группы записаны текущие координаты начальной точки центра окружности;

2) если необходимо отредактировать какой-либо параметр, нужно вначале выбрать соответствующую строку однократным щелчком левой кнопки мыши, а затем сделать на ней двойной щелчок левой кнопкой мыши (или нажать клавишу **Enter** или **Пробел** на клавиатуре) и записать нужные значения в поля ввода открывшегося диалогового окна с названием этого параметра (см. рис. 4).



Рис.4 Диалоговое окно

В случае, если требуется вычислить рассматриваемый параметр, необходимо ввести в поле ввода «**Выражение:**» его аналитическое выражение. Если же параметр имеет постоянное значение (как в нашем случае), это значение нужно записать в поле ввода «**Значение:**», оставив поле ввода «**Выражение:**» пустым.

Поле ввода «**Переменная:**» используется для задания дополнительной переменной, которая будет описываться аналитическим выражением, введенным в поле ввода «**Выражение:**». По умолчанию поле ввода «**Переменная:**» неактивно.

Поле ввода «**Комментарий:**» соответствует аналогичному полю ввода в окне «**Переменная:**» и может либо заполняться, либо оставаться пустым.

В рассматриваемом случае в качестве начальной принята точка с координатами $(0, 0)$, следовательно, текущее значение координаты центра окружности X нужно изменить на нулевое. Аналогично приравниваем к нулю и координату Y .

Переходим к определению значения радиуса окружности. Сделать это можно с помощью группы параметров *Точка окружности*. В этой группе

параметров есть три вкладки, позволяющие тремя разными способами определить радиус окружности:

- с помощью вкладки «Точка» можно задать координаты одной из точек окружности аналогично заданию координат центральной точки окружности;
- на вкладке «Радиус» можно задать значение радиуса окружности;
- на вкладке «Диаметр» можно задать значение диаметра окружности.

В рассматриваемом случае, поскольку в качестве переменной выступает значение диаметра окружности d , удобнее воспользоваться вкладкой «Диаметр». При этом аналитическое выражение для вычисления параметра будет наиболее простым. Перейдя в эту вкладку, записываем в поле ввода «Выражение:» открывшегося диалогового окна «Диаметр» значение параметра d , оставляя в поле ввода «Значение:» то число, которое там уже имеется.

На этом параметризация создаваемой окружности заканчивается, и после нажатия кнопки «ОК» в диалоговом окне «Список параметрических команд» эта окружность должна отобразиться в соответствии с введенными параметрами. Если при проведении процедуры параметризации была допущена ошибка, то она станет заметна при отрисовке.

II. Вертикальная осевая линия созданной окружности – это отрисованный вертикальный отрезок линией типа *Осевая*, который проходит через центр окружности и выступает за ее контур сверху и снизу на 3 мм. Выбираем режим задания отрезка, нажимая кнопку «Через 2 точки» на панели инструментов «Рисование» (меню **Рисовать/Отрезок/Через 2 точки**), и строим отрезок сверху вниз таким образом, чтобы он был близок к требуемому, а затем приступаем к параметризации этого отрезка.

В диалоговом окне «Список параметрических команд» выбираем из списка параметрических команд «Рисование отрезка через две точки». Объект чертежа, к которому относится данная команда, выделится малиновым цветом. Это можно увидеть, если диалоговое окно «Список параметрических команд» несколько сдвинуть в сторону.

Параметризация введенного отрезка включает в себя:

- изменение типа линии отрезка. Для этого нужно нажать в поле окна кнопку «Атрибуты» и выбрать тип линии *Осевая*. При необходимости можно выбрать другой слой;

- задание координат *Контрольной точки № 2* (верхняя точка) отрезка. Координаты этой точки, а именно $X = 0$, $Y = d / 2 + 3$, задаются относительно начальной точки $(0, 0)$, являющейся центром окружности. Аналитическое выражение (Y) вводим в поле ввода «Выражение:», а числовое значение (X) – в поле ввода «Значение:»;

- задание положения второй *Контрольной точки № 3* (нижней) отрезка. Координаты этой точки удобнее вводить на вкладке «Длина и угол». Длина равна $L = d + 6$, а угол $A = 270^\circ$.

Нажав кнопку «ОК» диалогового окна «Список параметрических команд», убеждаемся, что все сделано верно: вертикальная осевая линия окружности должна изобразиться в поле чертежа без ошибок.

III. Создание внешнего замкнутого прямоугольного контура полосы начинаем с построения левого верхнего угла полосы:

– создаем верхний горизонтальный отрезок, определяющий длину полосы. Его, как и отрезок вертикальной осевой линии, нужно строить по двум точкам. Первая (левая) точка имеет координаты $X = -3d / 2$; $Y = d$. Вторую точку отрезка задаем на вкладке «Длина и угол». Длина равна $L = 1$, а угол $A = 0^\circ$

– затем рядом произвольно строим правый вертикальный отрезок. Он должен присоединяться к концу предыдущего отрезка. Поэтому начальную точку этого отрезка задаем не координатами, а указанием контрольной точки, к которой он будет присоединен. Для этого ставим переключатель в положение *Присоединить к точке* и, нажав стрелку выпадающего списка, выбираем нужную контрольную точку объектов и их расположение на чертеже. Присоединяем начальную точку создаваемого отрезка к контрольной точке 5. Положение второй точки отрезка задаем по длине и углу. Длина будет равна $L = b$, а угол $A = 270^\circ$;

– два последующих отрезка, замыкающих внешний контур полосы, создаем в один прием, используя привязку к уже имеющимся контрольным точкам других отрезков;

– для параметризации нижнего горизонтального отрезка достаточно задать только его длину ($L = 1$) и угол ($A = 180^\circ$), а последний левый отрезок уже будет привязан к двум точкам, поэтому в его параметризации нет необходимости.

После этих построений на экране монитора должен появиться прямоугольный контур полосы с одним (левым) отверстием.

IV. Построение общей горизонтальной линии симметрии полосы. Эта линия должна быть штрихпунктирной и выступать за пределы контура полосы слева и справа на 5 мм.

Создаем такую осевую линию по аналогии с вертикальной осевой линией окружности. Первая (левая) точка имеет координаты $X = 3d / 2 - 5$; $Y = 0$; длина отрезка равна $L = 1 + 10$, а угол $A = 0^\circ$.

Затем нажимаем в поле окна кнопку «Атрибуты» и выбираем тип линии *Осевая*. При необходимости можно выбрать другой слой.

V. Создание прямоугольного массива, состоящего из одной трои и n столбцов. При создании любого массива необходимо ввести конкретное число его строк и столбцов. В рассматриваемом примере массив имеет одну строку, а количество столбцов равно числу отверстий. Пусть полоса содержит три отверстия, тогда массив будет состоять из трех столбцов. Объектами массива, т.е. примитивами, из которых и создаются элементы массива, являются

окружность и вертикальная осевая линия. Базовая точка перемещения – центр окружности с координатами (0, 0).

Итак, производим операцию создания прямоугольного массива и приступаем к ее параметризации. При параметризации этой команды имеются некоторые особенности.

С помощью элементов группы параметров *Объекты* диалогового окна «Список параметрических команд» нужно уточнить, из каких именно объектов будет формироваться массив. В списке *Доступные объекты* указываются те объекты модели, которые доступны для создания массива, а в список *Объекты для массива* помещаются те объекты, из которых этот массив формируется.

С помощью кнопок «Добавить объект(ы)» и «Убрать объект(ы)» можно либо добавлять объекты в создаваемый массив, либо удалять их из массива.

Для ввода числа строк и столбцов нажимаем кнопку «Параметры массива» и в поля ввода открывшегося одноименного диалогового окна вводим число строк и столбцов массива.

В полях группы параметров *Первая точка перемещения* указываются параметры базовой точки перемещения. Можно задать или координаты базовой точки – переключатель находится в положении *Значения*, или выбрать привязку к одной из контрольных точек – переключатель в положении *Брать координаты*.

В полях группы параметров *Параметры массива* нужно указать вторую точку смещения. Сделать это можно, задав ее координаты или длину и угол отрезка (можно также задать смещение по осям координат). В рассматриваемой задаче задаем *смещение* по оси X , равное $2d$, оставив смещение по Y равным нулю.

После выполнения этой команды получаем корректно созданную параметрическую модель.

Проверка корректности работы построенной модели

Для проверки корректности работы построенной модели нужно открыть список всех ее переменных и изменить их (в разумных пределах), проверяя, как созданная параметрическая модель обрабатывает эти изменения. Если при создании модели была допущена ошибка, то ее легко заметить и исправить, вернувшись к списку параметрических команд.

Выбор базовой точки модели

Положение базовой точки определяет удобство последующего встраивания созданной параметрической модели в чертеж, поэтому важно корректно задать эту точку. Если положение базовой точки не задавать, то по умолчанию ее координаты будут равны (0, 0), что не всегда удобно.

Для задания положения базовой точки следует нажать на панели инструментов «Параметризация» кнопку «Задание базовой точки параметрической модели» (меню *Параметризация/Базовая точка...*), после чего откроется диалоговое окно «Базовая точка».

Положение базовой точки задается значением ее координат, в том числе и аналитическим выражением (переключатель стоит в положении *Значения*), или положением какой-либо контрольной точки модели. В последнем случае переключатель устанавливается в положение *Присоединить к точке*.

На этом процесс создания параметрической модели завершен. Модель следует сохранить, после этого она может быть встроена в чертеж с помощью функции «**Вставка блока**».

Практическое задание

Создать параметрическую модель фланца, размеры которого указаны на выданном Вам задании, с учетом следующих особенностей:

1. Наружный и внутренний диаметры фланца являются независимыми переменными.
2. Центры малых окружностей (отверстий) находятся на вспомогательной окружности, которая расположена строго посередине между наружной и внутренней окружностями.
3. Количество и диаметр отверстий также являются переменными величинами.

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

Полоса с отверстиями

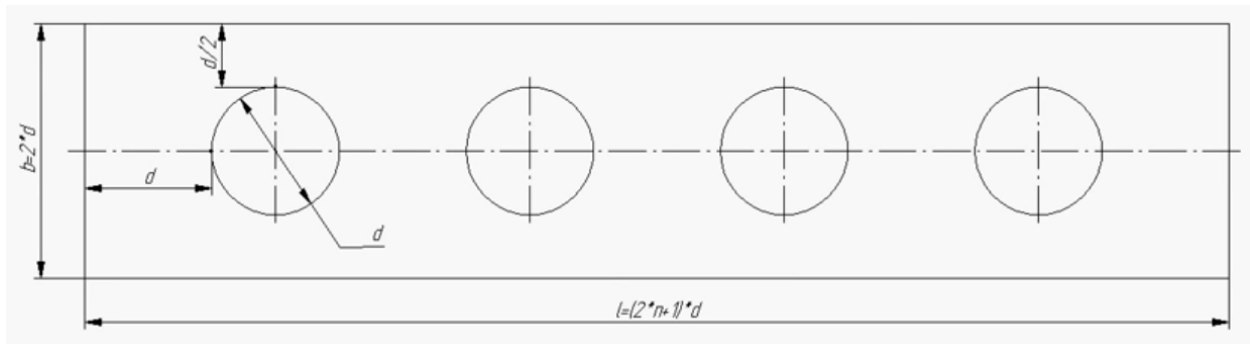


Рис.5 Параметрическая модель полосы с отверстиями с указанием независимых и зависимых переменных

Таблица 1. Исходные данные для создания параметрической модели полосы с отверстиями

№ вар., п/п	n, шт	d, мм	№ вар., п/п	n, шт	d, мм	№ вар., п/п	n, шт	d, мм	№ вар., п/п	n, шт	d, мм
1	4	14	9	4	24	17	4	42	25	4	41
2	5	25	10	5	35	18	5	53	26	5	52
3	6	36	11	6	46	19	6	64	27	6	63
4	7	47	12	7	57	20	7	75	28	7	74
5	4	54	13	4	64	21	4	46	29	4	45
6	5	65	14	5	75	22	5	57	30	5	56
7	6	76	15	6	86	23	6	68	31	6	67
8	7	87	16	7	97	24	7	79	32	7	78

Фланец

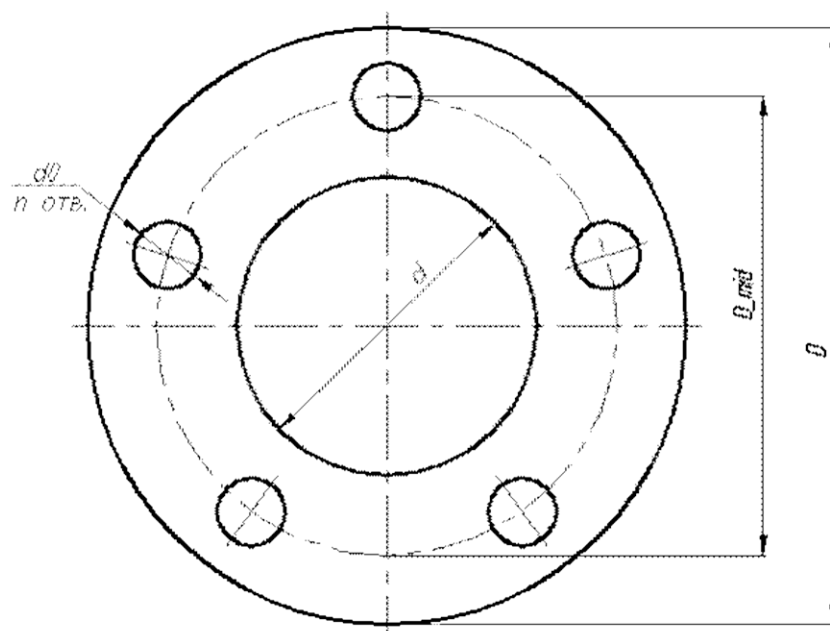


Рис.6 Параметрическая модель фланца с указанием независимых и зависимых переменных

Таблица 2. Исходные данные для создания параметрической модели фланца

№ вар., П/П	D, мм	D_mid, мм	d, мм	d0, мм	n, шт.	№ вар., П/П	D, мм	D_mid, мм	d, мм	d0, мм	n, шт.
1	115	85	42	14	4	9	245	210	158	18	8
2	135	100	51	18	4	10	280	240	178	22	8
3	145	110	62	18	4	11	280	240	188	22	8
4	160	125	78	18	4	12	330	295	235	22	8
5	185	145	92	18	8	13	330	295	238	22	8
6	195	160	108	18	8	14	395	350	288	22	12
7	215	180	128	18	8	15	395	350	294	22	12
8	215	180	135	18	8	16	445	400	338	22	12

ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Практическая работа оформляется в виде пояснительной записки и графических материалов в соответствии с требованиями ЕСКД. Пояснительная записка должна содержать следующие элементы:

1. Титульный лист.
2. Текст пояснительной записки:
 - цель работы,
 - исходные данные для проектирования,
 - описание последовательности работы в программном модуле АРМ Graph в соответствии основными положениями, представленными в настоящем учебном пособии.
3. Графические материалы:
 - чертеж полосы с отверстиями,
 - чертеж фланца

Примечание: при оформлении графического материала в пояснительной записке рисунки пронумеровываются с присвоением соответствующих подрисуночных названий.

4. Заключение. По результатам практической работы резюмируются полученные в процессе выполнения заданий навыки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные тенденции развития инженерии все чаще направлены на создание и развитие систем автоматизированного проектирования (САПР). В процессе обучения студент должен получить навыки и умения работы в прикладных программах расчета.

Используя данное учебное пособие, студент знакомится с модулем АРМ Graph программного продукта АРМ WinMachine. Данный модуль подходит для ознакомления студента с основными принципами работы в САПР и получения первичных знаний и навыков проектной деятельности на примере проектирования полосы с отверстиями и фланца. Приобретенные навыки работы позволят пользователю создавать графическую часть проектов в иных САД-системах, функционал которых также основан на применении геометрических примитивов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молодова Ю.И. Проектировочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле АРМ Drive - Санкт-Петербург: ИХБТ, НИУ ИТМО, 2008 – 60 с.
2. Шелофаст В.В., Чугунова Т.Б. Основы проектирования машин. Примеры решения задач. – М.: Издательство АПМ, 2004 – 240 с.
3. АРМ Graph. Чертежно-графический редактор. Версия 12. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arm.ru/>, свободный.
4. Молодова Ю.И. Создание параметрической модели в редакторе АРМ Graph: Практический учебный курс АРМ WinMachine для студентов всех спец. всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 14 с.
5. Молодова Ю.И. Расчет соединений и механических передач в модуле АРМ: Метод. указания по выполнению расчетных и курсовых работ для студентов всех специальностей всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 79 с.

Молодова Юлия Игоревна
Цветков Вадим Александрович

**СОЗДАНИЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
В РЕДАКТОРЕ АРМ GRAPH**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО**

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49