

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»

М.А. БОЛОТОВ, И.А. ГРАЧЕВ

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРО- ГРАММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕ- СКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВ И ВАЛОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» в качестве методических указаний к практическому занятию для подготовки магистров по направлению 24.04.05 – «Двигатели летательных аппаратов».

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2017

УДК: 681.2.083, 621.9.08, 621.9.015
ББК: 34.630.2
Б 467

Авторы: М.А. Болотов, И.А. Грачев

Рецензенты:

Болотов М.А.

Б 467 **Разработка управляющей программы для контроля геометрических параметров дисков и валов авиационных двигателей:** методические указания к практическим занятиям / М.А. Болотов, В.А., И.А. Грачев. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. - 45 с.

В методических указаниях содержится описание последовательности разработки управляющих программ для контроля геометрических параметров деталей типа «Вал» и «Диск». Приводится пример создания и отладки управляющей программы для контроля геометрических параметров детали типа «Вал» в программном пакете PC DMIS CAD ++.

Практическое занятие предназначено для подготовки магистров по направлению 24.04.05 – «Двигатели летательных аппаратов», (магистерская программа «Конструкция и технология производства ГТД и ЭУ») с ОАО «Металлист-Самара».

Методические указания подготовлены на кафедре технологий производства двигателей.

УДК: 681.2.083,
621.9.08, 621.9.015
ББК: 34.630.2

ISBN

© Самарский университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Цель и задачи работы	5
2. Последовательность выполнения работы.....	5
3. Программное обеспечение, оборудование, инструменты и средства измерений	5
4. Последовательность разработки методик измерения для координатно-измерительных машин и формирования управляющих программ	6
5. Типы координатно-измерительных машин и методы обработки данных	7
6. Определение системы координат	10
7. Классификация валов	11
8. Конструктивные элементы валов	13
9. Схемы базирования валов на ким.....	14
10. Контролируемые поверхности валов авиационных двигателей	16
11. Конструктивные элементы дисков.....	18
12. Контролируемые поверхности дисков авиационных двигателей	21
13. Последовательность измерения геометрических параметров детали типа «вал».....	21
<u>Контрольные вопросы.....</u>	38
<u>Заключение.....</u>	39
<u>Библиографический список.....</u>	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности, повышение ее технического уровня, рост эффективности производства и всестороннее повышение качества выпускаемой продукции неразрывно связаны с достижениями науки и техники, автоматизацией производства и сопровождаются интенсивным развитием и совершенствованием средств контроля и управления технологическими процессами. Себестоимость контроля в отдельных отраслях машиностроения, по данным работы [1], может составлять 30...40 % от себестоимости изделий.

Особое внимание в производстве деталей авиационного двигателя уделяется валам и дискам. Геометрия валов и дисков во многом определяет надёжность авиационных двигателей. В процессе производства валов и дисков производится 100% контроль посадочных поверхностей деталей.

В условиях значительной номенклатуры изделий, малой серийности производства, ужесточения требований к себестоимости и гибкости производства для контроля валов и дисков применяют координатные средства измерений. Координатно-измерительная машина позволяет оптимизировать процесс контроля, возможность полной автоматизации как на этапе реализации координатного метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений. Во многом точность контроля зависит от разработанной методики измерения. В работе приведена последовательность разработки управляющей программы для контроля валов и дисков авиационных двигателей.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – закрепление теоретических знаний и получение практических навыков измерения валов и дисков авиационных двигателей.

Задачи:

- ознакомиться с современными средствами измерения геометрических валов и дисков авиационного двигателя;
- изучить общую последовательность разработки методик измерения деталей на координатно-измерительных машинах (КИМ);
- приобрести практические навыки измерения деталей типа «Вал»;
- научиться формировать отчеты по результатам измерений при помощи программного обеспечения КИМ.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении практической работы.

2. Изучить методические указания по выполнению данной практической работы.

3. Ознакомиться с практическими рекомендациями по созданию управляющей программы измерения детали типа «Вал» на КИМ.

4. Получить вариант задания (приложение 1).

6. Выполнить анализ измеряемых параметров, определить последовательность измерения детали типа «Вал».

7. Разработать управляющую программу.

8. Выполнить верификацию управляющей программы.

9. Выполнить измерение детали типа «Вал» на КИМ.

10. Сделать общие выводы.

11. Оформить отчет по работе (приложение 2).

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Программное обеспечение:

- программное обеспечение для координатно-измерительных машин PC-DMIS CAD++.

Оборудование:

- Трехосевая координатно-измерительная машина (DEA Global Performance 07.10.07);
- учебная координатно-измерительная машина.

4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Последовательность разработки методик измерения для координатно-измерительных машин следующая:

1. Анализ контролируемых геометрических параметров.
2. Выбор измерительных баз.
3. Выбор способа закрепления детали.
4. Выбор измерительных датчиков и наконечников, исходя из обеспечения доступности к измеряемым поверхностям.
5. Определение типа заменяющих элементов для контроля поверхностей деталей.
6. Определение расчетных схем геометрических параметров.
7. Определение последовательность измерения поверхностей детали.
8. Проверочный расчет на точность, расчет минимально необходимого количества измеряемых точек на поверхностях.
9. Определение критериев подтверждения достоверности результатов измерений.
10. Разработка и верификация управляющей программы.

Этапы 8 и 9 реализуются на базе теоретических и методических положений.

Особое значение в построении управляющих программ имеют системы координат детали. В программе измерения используется как минимум две вспомогательные системы координат деталей:

- черновая (стартовая);
- чистовая.

Черновое базирование решает проблему определения положения детали в пространстве относительно абсолютной системы координат КИМ. Это необходимо с целью указания местоположения детали при последующем использовании программы. Черновая система координат детали строится по элементам, измеряемым вручную. Это позволяет 'привязывать'

деталь к остальной части выполняемой программы, поскольку остальные команды измерения задаются относительно данной системы координат.

В результате чистового базирования определяется система координат детали, в которой будут производиться расчеты геометрических параметров.

Последовательность создания управляющей измерительной программы:

1. Объявление имени новой измерительной программы;
2. Импорт CAD модели;
3. Установка на измерительный стол детали, таким образом, чтобы оси системы координат детали совпали с осями абсолютной системы координат;
4. Если в процессе измерения деталь занимает произвольное положение и не используется специальная оснастка, то предусматривается создание 2 систем координат (черновая, чистовая).
5. Анализ детали для определения элементов, которые будут использоваться для черновой и чистовой системы координат.
6. Построение черновой системы координат в ручном режиме. Оператор измеряет базовые элементы детали.
7. Построение чистовой системы координат в ручном режиме путем измерения базовых элементов, проверка построенных осей путем поиска номиналов CAD модели.
8. Измерение геометрических элементов.
9. В случае необходимости выполняются дополнительные геометрические построения, определяются вспомогательные системы координат детали.
10. Вывод результатов в протокол.

5. ТИПЫ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

В последнее время в отечественном авиационном производстве широко используются координатно-измерительные машины (КИМ) различного типа [2]. Точность измерения зависит от количества измеренных точек. Использование малого количества точек приводит к большим погрешностям. На рисунке 1 показан случай измере-

ния внешнего цилиндра по четырем-восьми точкам с большими интервалами между ними, приводящий к большим погрешностям.

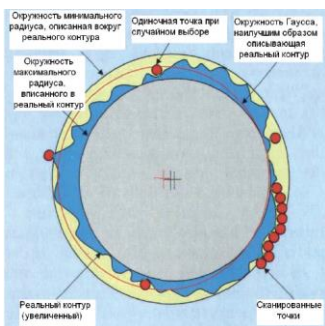


Рисунок 1 – Погрешности, возникающие при измерениях

Выборочно найденные четыре точки на внешнем контуре не могут дать верную информацию о размере детали. Детали с отклонением в размере не могут точно соответствовать фактическому шаблону. Определенную точность может гарантировать измерение по принципу контактного сканирования. Полученные данные могут быть обработаны различными методами. В таблице 1 приведены основные методы обработки результатов измерений.

Таблица 1 – Методы обработки результатов измерений

Метод	Уменьшенное изображение	Вычисление	Применение
Гаусса		Соответствие окружностей при условии наименьшей суммы квадратичных погрешностей	Классический метод. Можно использовать при измерении всего нескольких точек. Подходит для геометрических фигур без сильных отклонений размеров и формы.
Минимально описанные и максимально вписанные окружности		Минимальный диаметр (нет информации по внутренним точкам). Максимальный диаметр (нет информации по внешним точкам)	Сравнение диаметров. Предназначен для уточнения информации. Обычно используется в работе с большим количеством точек.
Чебышева		Диаметр в соответствие с условием: среднее между максимально описанной и минимально вписанной окружностью	Определение отклонения от формы в соответствии с приведенными условиями. Используется в работе с большим количеством точек.

Метод сканирования позволяет за один раз измерять 1000 и более точек. Необходимым условием успешного использования технологии сканирования является компетентный оператор, который может определить допуск данных, плотность расположения точек, начальную и конечную точки, оценить графические данные, которые обычно показаны на чертеже.

При многоточечном измерении можно получить более подробную информацию об отклонениях. Это показано на рисунке 2.

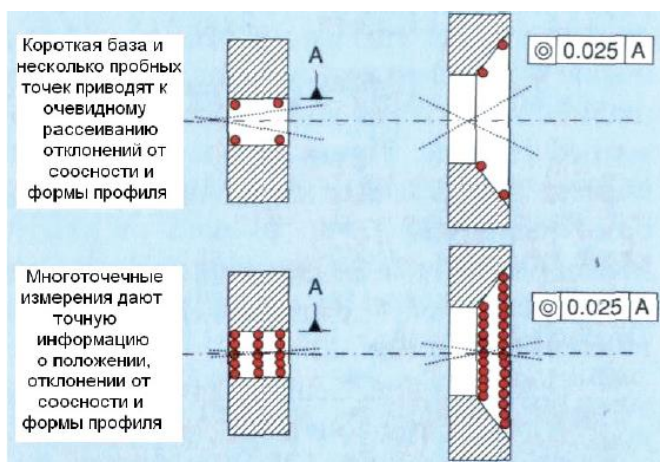


Рисунок 2 – Измерительные данные отверстий цилиндра, ясно показывающие необходимость многоточечного измерения

Контактные приборы для измерения, которые называются координатно-измерительными машинами (КИМ), измеряют одновременно в трех декартовых координатах.

Конструкция обеспечивает перемещение по осям измерительной головки с сенсорным управлением, работающей по принципу касания (контактный способ) или по оптическому принципу (бесконтактный способ). Шкала по каждой оси дает цифровое высокоточное измерение соответствующих позиций (например, 0,1 мкм). Традиционная конструкция представляет собой три взаимно ортогональных направляющих (см. рис. 3) — X, Y и Z.

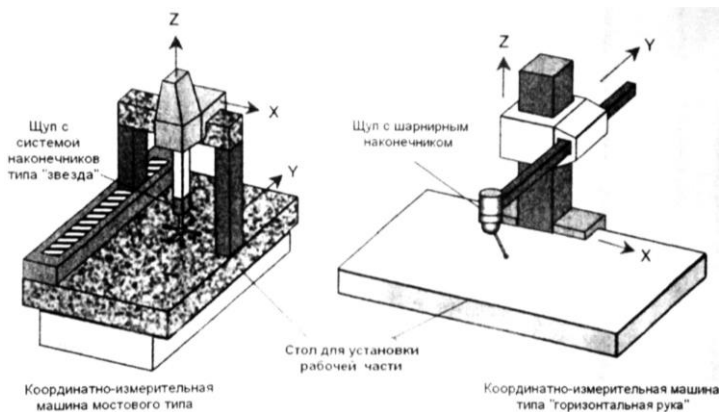


Рисунок 3 – Наиболее часто встречающиеся конструкции координатно-измерительных машин

Общий принцип действия координатно-измерительных машин состоит в том, что объект измерения измеряется по точкам щупом со сферическим наконечником на конце. Во время каждого контакта смещение на осях X, Y и Z считывается по шкале. Координаты точек, определенных измерительным наконечником затем передаются в компьютер для анализа.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Важным этапом измерения является определение системы координат, которая выполняет роль измерительных баз. Перед измерением изделия, установленного на столе КИМ, необходимо определить систему координат изделия, в которой будут производиться все вычисления. Система координат обычно вычисляется на техническом чертеже и строится на основе данных, например, плоскостей, цилиндров, конусов или контрольных точек на поверхности свободной формы. Она представляет собой систему с шестью степенями свободы, которая обозначается тремя нулевыми точками на оси и тремя углами (см. рис. 4). При определении системы координат вычисляются параметры шести степеней свободы и сохраняются в компьютерной программе для необходимых преобразований координат. Эта процедура, называемая «математическое выравнивание», позволяет не использовать механическое выравнивание.

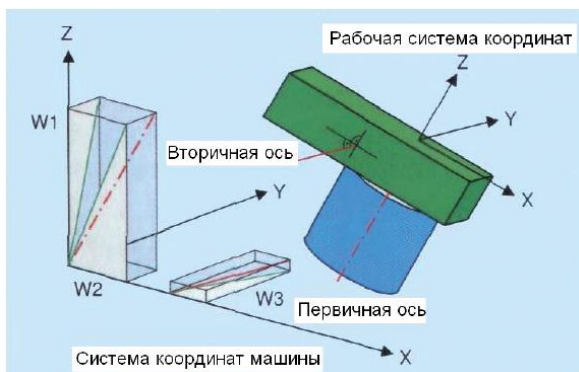


Рисунок 4 – Система координат изделия, построенная из осей W1 и W2 и нормали W3 на передней поверхности, спроектированной на плоскость XY. Нулевые точки X и Y лежат на осевом цилиндре, Z - на вершине поверхности.

7. КЛАССИФИКАЦИЯ ВАЛОВ

Вал – деталь, предназначенная для поддержания вращающихся вместе с ним деталей (шкивов, зубчатых колес, соединительных муфт и т.д.) и передачи вращающего момента.

При работе вал испытывает изгиб и кручение, а в отдельных случаях растяжение и сжатие.

Ось – деталь, предназначенная только для поддержания вращающихся вместе с ней деталей.

В отличие от вала ось не передает вращающего момента и работает только на изгиб. В машинах оси могут быть неподвижными или же могут вращаться с насаженными на них деталями (подвижные оси).

Оси представляют собой прямые стержни, а валы различают прямые (рис. 5, а); коленчатые (рис. 5, б); кривошипные (рис. 5, в) и гибкие (рис. 5, г).

Кривошипные и коленчатые валы используют для преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное (поршневые двигатели) или наоборот (компрессоры). Гибкие валы передают вращение между узлами машин, меняющими свое положение в работе (зубоврачебные машины) и др.

По конструктивным признакам валы и оси делят на гладкие (рис. 6) и ступенчатые (рис. 6, а).

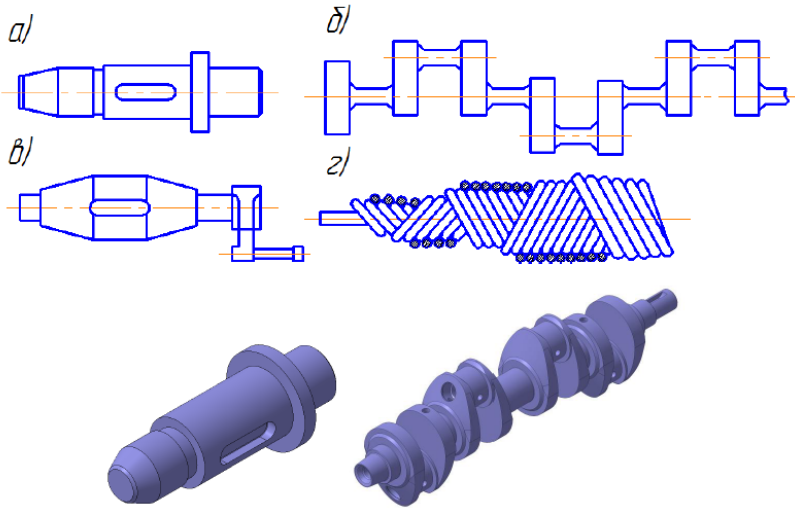
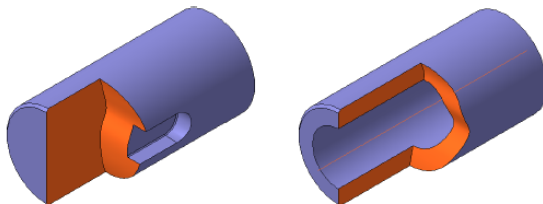


Рисунок 5 – Примеры валов

Наиболее распространены ступенчатые валы, т.к. их форма удобна для установки на них деталей, а также монтажа деталей при посадках с натягом.

По типу сечения валы и оси бывают: сплошные (рис. 6, а) и полые (рис. 6, б). Полыми валы изготовляют для уменьшения веса или когда через валы пропускают другую деталь, подводят масло и пр.



а)

б)

Рисунок 6 – Типы сечений валов:

а)сплошные; б)полые

Выходные концы валов выполняют коническими (рис. 5, а).

Преимущественное распространение приобретает коническая форма концевого участка вала, обеспечивающая точное и надежное соединение, возможность легкого монтажа и снятия устанавливаемых деталей.

8. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВАЛОВ

Конструкция валов определяется деталями, которые на них размещаются, и расположением опор.

При конструировании валов и осей принимают во внимание технологию сборки и разборки, механическую обработку, расход материала и пр.

В конструкции ступенчатого вала условно выделяют следующие элементы: концевые участки; участки перехода от одной ступени к другой; места посадки подшипников, уплотнений и деталей, передающих момент вращения. Каждый элемент имеет свое название (рис. 7).

Цапфа (Ц) – участок вала (оси), которым он опирается на подшипник.

Шипом называется цапфа, расположенная на конце вала (оси) и предназначенная для восприятия, в основном, радиальной нагрузки.

Пятой называется цапфа, расположенная на конце вала (оси) и предназначенная для восприятия, в основном, осевой нагрузки.

Шейкой называется промежуточная цапфа, расположенная в средней части вала (оси).

Заплечик (З) – переходная торцевая поверхность от одного сечения вала (оси) к другому, предназначенная для упора деталей, установленных на валу или оси.

Буртик (Б) – кольцевые утолщения вала (оси), составляющее одно целое с валом (осью).

Канавка (К) – углубление на поверхности меньшего диаметра между соседними ступенями валов: предназначена для плотного прилегания насаживаемой детали к заплечику (буртику), выхода шлифовального круга, при обработке поверхности меньшего диаметра, выхода резьбонарезного инструмента.

Галтель (Г) – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала (оси), к плоской части заплечика или буртика.

Фаска (Ф) – скошенная часть боковой поверхности вала (оси) у торца вала (оси), заплечика, буртика.

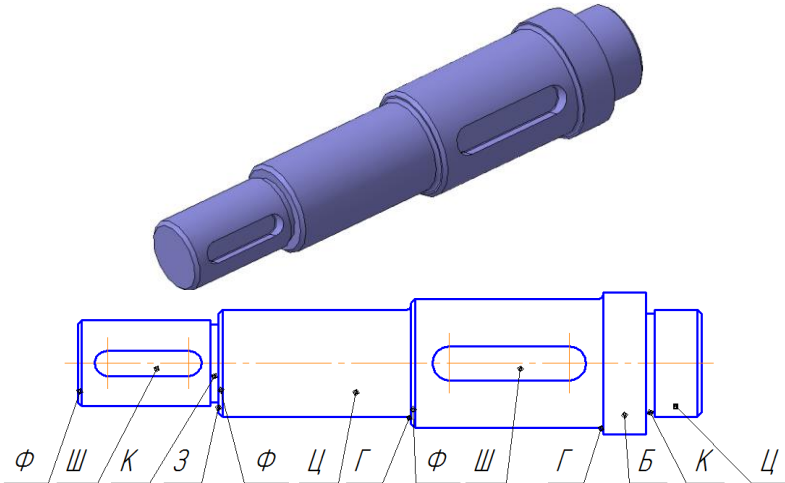


Рисунок 7 – Элементы валов

Шпоночный паз (Ш) – углубление в валах для установки шпонок. Выполняют на участках крепления деталей, передающих вращающий момент.

9. СХЕМЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ВАЛОВ НА КИМ

Под цилиндрической будем понимать деталь, у которой длина основной базы больше или равна её диаметру, т.е. $\frac{L}{D} \geq 1$. Любая цилиндрическая деталь имеет две плоскости симметрии, которые пересекаясь образуют ось. Эта особенность и позволяет использовать при базировании цилиндрической детали в качестве базы ось. Теоретическая схема закрепления цилиндрической детали с использованием двусторонних связей представлено на рисунке 8.

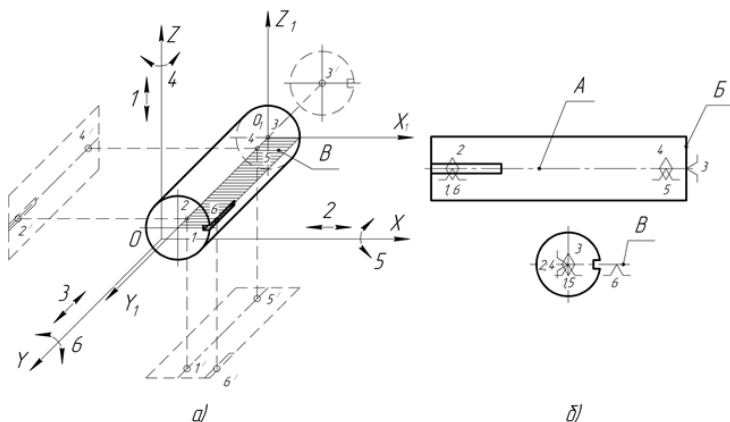


Рисунок 8 – Теоретическая схема закрепления цилиндрической детали: а) – в трехмерном изображении; б) – в проекциях на плоскостях.

При закреплении цилиндрической детали в качестве баз используются ось и две плоские поверхности, которые образуют комплект баз, включающий в себя двойную направляющую (ось А) и две опорные базы (плоскости Б и В), представлены на рисунке 8.

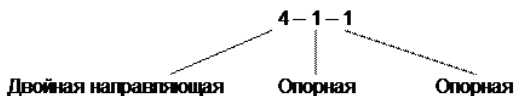


Рисунок 9 – Комплект баз цилиндрической детали

Двойной направляющей базой **называется** база, которая накладывает 4 двусторонние связи и лишает, тем самым, деталь 4-х перемещений. На практических схемах двойная направляющая база отображается 4 опорными точками. Например. На рисунке 9 первая двусторонняя связь лишает деталь перемещения вдоль оси OZ , вторая – вращения вокруг оси OX , третья — перемещения в вдоль оси OY , четвертая — вращения вокруг оси OZ . Из двух опорных баз у цилиндрической детали пятая опорная точка лишает деталь перемещения вдоль оси OY , а шестая – вращения вокруг оси OY .

Опорная база (плоскость В) должна располагаться, как можно дальше от оси, в горизонтальной или вертикальной плоскости симметрии и может быть реализована в виде паза, лыски на цилиндрической поверхности детали или силами трения.

При измерении поверхностей вала на координатно-измерительных машинах деталь устанавливают в центрах (жестких и плавающих), а также применяют закрепление в призме.

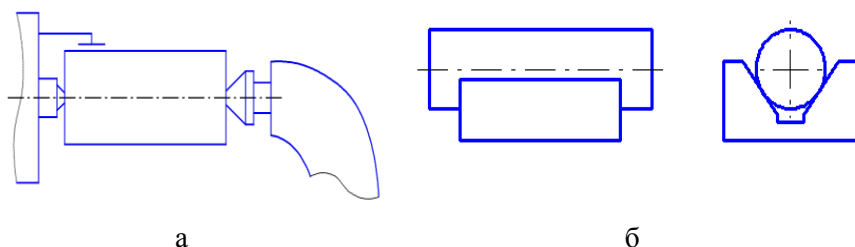


Рисунок 10 – Закрепление валов: а) закрепление в центрах; б) закрепление в призме

Теоретическая схема закрепления в центрах представлена на рисунке 10. Левый центр лишает трёх степеней свободы, а правый двух степеней свободы.

10. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Основные контролируемые поверхности вала авиационного двигателя представлены на рисунке 11.

1- допуск цилиндричности поверхностей для подшипников качения задают, чтобы ограничить отклонение геометрической формы поверхностей и тем самым ограничить отклонения геометрической формы дорожек качения колец подшипников (по ГОСТ 3325-85 следует контролировать отдельные составляющие этого допуска: допуск круглости, допуск профиля продольного сечения, допуски непостоянства диаметра);

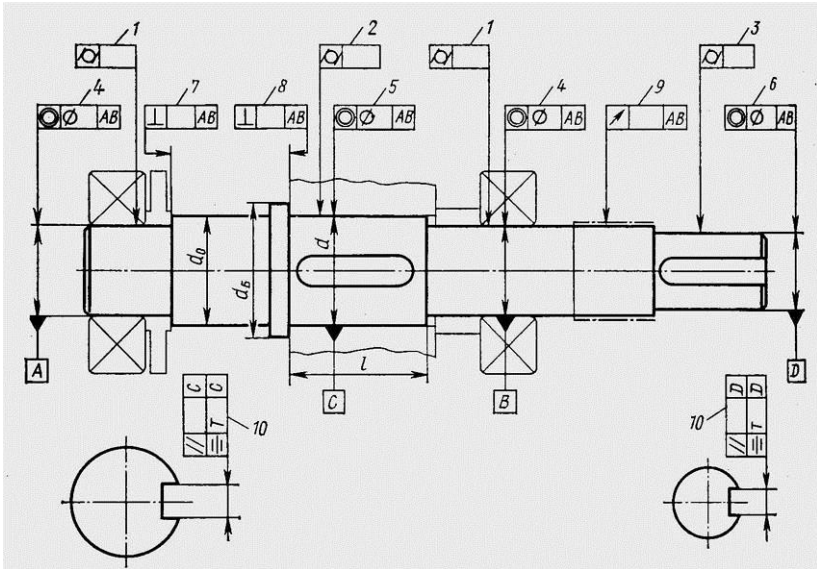


Рисунок 11 – Чертеж вала

- 2-3 – допуски цилиндричности посадочных поверхностей вала в местах установки на них зубчатых (червячных) колес;
- 4 – допуск соосности посадочных поверхностей для подшипников относительно их общей оси, задают, чтобы ограничить перекосящие колеса подшипников;
- 5 – допуск соосности посадочной поверхности вала для зубчатого (червячного) колеса (см. табл. 14), задают, чтобы обеспечить нормы кинематической точности и нормы контакта передач;
- 6 – допуск соосности задают при $n > 1000$ мин⁻¹;
- 7 – допуск перпендикулярности на диаметре d_0 . Степень точности допуска при базировании подшипника: шариковых – 8, роликовых – 7;
- 8 - допуск перпендикулярности на диаметре d_b задают только при $l/d < 0.7$;
- 9 - допуск радиального биения. Задается при частоте вращения больше 1000 мин⁻¹;
- 10 – допуски параллельности и симметричности шпоночного паза.

11. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДИСКОВ

Диски компрессора и турбины, соединенные между собой и с валом, образуют ротор двигателя. Конструктивная форма дисков зависит как от вида их соединения, так и от условий работы дисков и ротора в целом. В процессе эксплуатации диски испытывают большие центробежные нагрузки в условиях значительного и неравномерного нагрева.



Рисунок 12 – Диск с пазами «ёлочкиного» типа для установки рабочих лопаток

1 – обод диска; 2 – выступ диска; 3 – паз для лопатки; 4 – полотно; 5 – ступица; 6 - фланец; 7 – дефлектор; 8 – профильная часть рабочей лопатки; 9 – замок; 10 - нижняя полка; 11 – ножка.

Например, ободы дисков турбин нагреваются до температур 550 ... 800 °С, а ступицы - до 300 ... 500 °С. Это вынуждает использовать для их изготовления высокопрочные и жаропрочные сплавы. Для того чтобы обеспечить высокую жесткость ротора при его минимальной массе, используют сложные формы дисков, которые снижают их технологичность.

12. СХЕМЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДИСКОВ НА КИМ

Диском будет называть деталь, у которой длина основной базы меньше её диаметра. Вследствие малой длины диск

теряет свою устойчивость при базировании на цилиндрическую часть, поскольку опорные точки 2 и 5 (см. рис.13) слишком близко бы расположились друг другу. Как было уже описано выше, наибольшую устойчивость и точность положения несёт поверхность наибольших габаритов, которая несёт на себе 3 опорные точки. Такой поверхностью у диска является торцевая поверхность. Поэтому опорные точки 2 и 5 переносятся на торцевую поверхность. Теоретическая схема базирования диска представлена на рисунке 13.

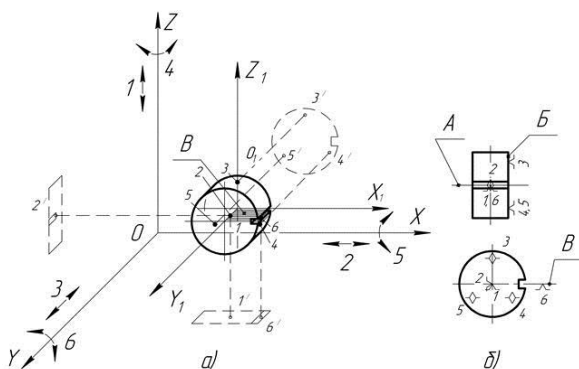


Рисунок 13 – Теоретическая схема закрепления детали типа «диск»: а) – в трехмерном изображении; б) – в проекциях на плоскостях.

При базировании детали типа «диск» в качестве баз используются ось и две плоскости, которые образуют комплект, включающий в себя установочную (плоскость Б), двойную опорную (ось А) и опорную базы (плоскость В), приведенные на рисунке 13.

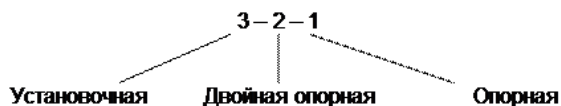


Рисунок 14 - Комплект баз деталей типа «диск».

Двойной опорной базой называется база, которая накладывает 2 двусторонние связи и лишает деталь 2 перемещений во взаимно перпендикулярных направлениях. Обе двусторонние связи проектируются на ось (ось А на рис. 4.11), но одна в горизонтальной, а другая в вертикальной плоскости симметрии.

Опорная база (плоскость В на рис. 14) должна располагаться, как можно дальше от оси, в горизонтальной или вертикальной плоскости симметрии и может быть реализована в виде паза, лыски на цилиндрической поверхности детали или силами трения.

На рисунке 15 представлены варианты базирования детали типа «Диск» на КИМ.

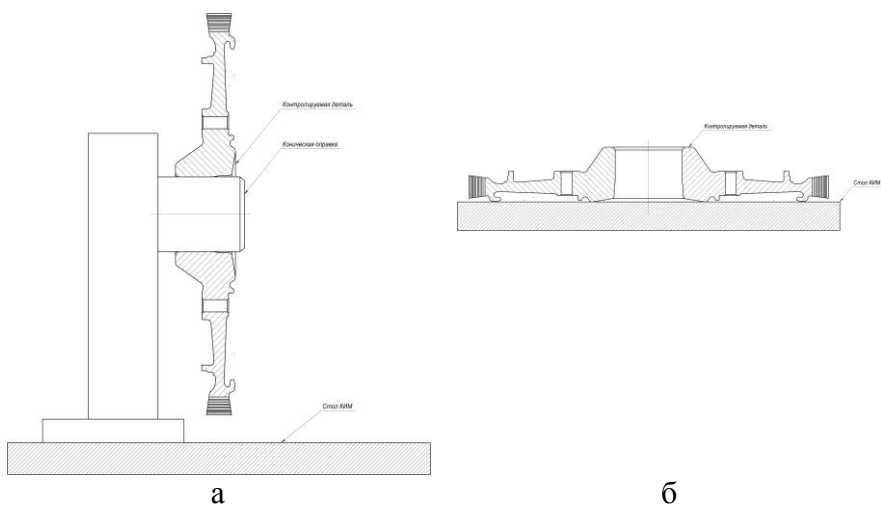


Рисунок 15 – Схема закрепления деталей типа «Вал» а) закрепление с помощью конической оправки; б) горизонтально на столе КИМ

12. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДИСКОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Основные контролируемые поверхности диска авиационного двигателя представлены на рисунке 16.

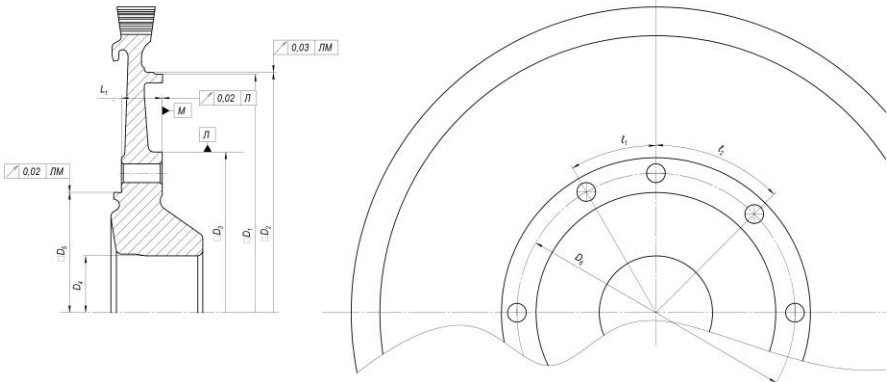


Рисунок 16 – Чертеж диска

Зачастую на дисках контролируются геометрические параметры следующих поверхностей:

- присоединительных, к которым относятся торцевые (база М) и цилиндрические (база Л);
- рабочих (диаметры D1, D2, к которым относятся биения).

К контролируемым параметрам относятся параллельность, радиальные и торцевые биения, перпендикулярность и радиально-угловое расположение поверхностей, диаметры и длины.

13. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛИ ТИПА «ВАЛ»

Укрупнённо последовательность создания управляющей программы на КИМ включает в себя следующие этапы:

1. Включить КИМ и провести ее идентификацию в соответствующем программном обеспечении компьютера.
2. Открыть программный пакет геометрических измерений PC-DMIS, дважды кликнув на иконке PC-DMIS.
3. Создать новую программу измерений под именем например «Измерение вала».

4. Объявление имени новой измерительной программы.
5. Импорт CAD модели.
6. Установка на измерительный стол детали, таким образом, чтобы оси СКД совпали с осями СКМ.
7. Если в процессе измерения деталь занимает произвольное положение и не используется специальная оснастка, то предусматривается создание 2 систем координат (черновая, чистовая).
- Анализ детали для определения элементов, которые будут использоваться для черновой и чистовой системы координат.
8. Построение черновой системы координат в ручном режиме. Оператор измеряет базовые элементы детали.
9. Построение чистовой системы координат в ручном режиме путем измерения базовых элементов, проверка построенных осей путем поиска номиналов CAD модели.
10. Измерение геометрических элементов.
11. В случае необходимости проведение дополнительных геометрических построений, определение вспомогательных СКД.
12. Вывод результатов в протокол.

Чистовое базирование осуществляется с помощью:

- ручного режима по измерению детали;
- панели инструментов Auto Features по элементам CAD модели в режиме программирования.

В качестве примера рассмотрим деталь типа «Вал» (рис. 17).

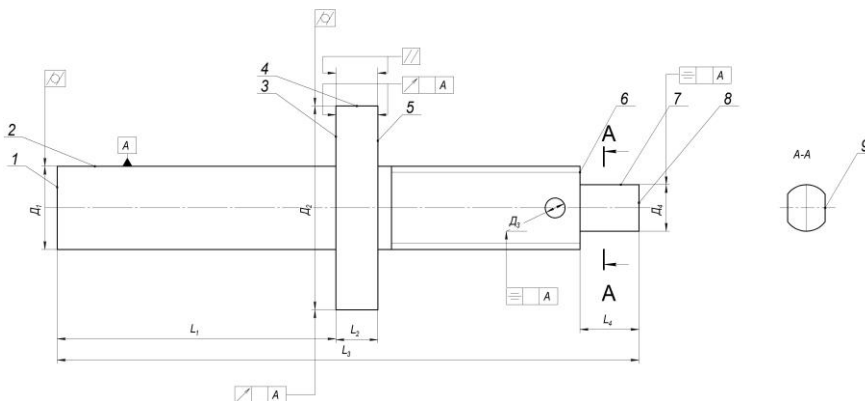


Рисунок 17 – Чертеж вала

Рассмотрим последовательность создания управляющей программы для контроля детали типа «Вал» с использованием программы PC-DMIS CAD++ в режиме offline (без соединения с КИМ).

1) Выполняется задание измеряемых точек на торцевой плоскости пояска вала в режиме программирования. Включение режима программирования показано на рисунке 18.



Рисунок 18 – Включение режима программирования

После его включения в графическом окне появляется изображение щупа. Задание элементов в режиме программирования осуществляется путем подведения и касания левой клавишей мыши поверхности 3D модели, соответствующей поверхности детали. После касания по поверхности на ней появляется измеряемая точка. Красные стрелки представляют собой нормали в точках. Задание точек измерение (рисунок 19).

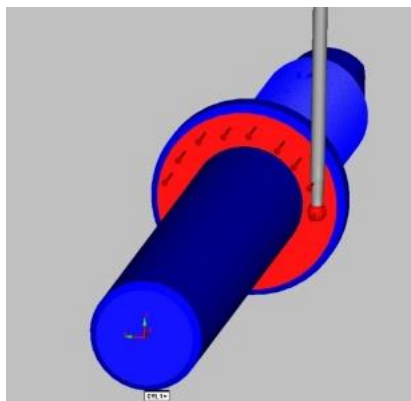


Рисунок – 19 Задание точек измерения

2) Производится задание безопасной плоскости, в которую будет возвращаться измерительный наконечник после очередного измерения при помощи команды «Move to clear plane» (рисунок 20).

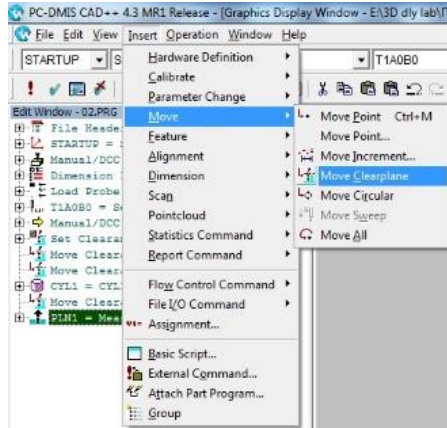
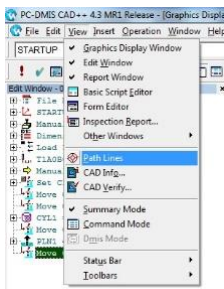
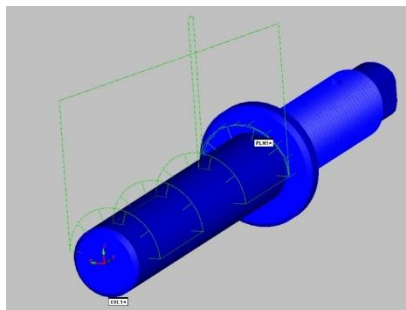


Рисунок 20 – Генерация траектории движения ИН

3) Для визуальной проверки правильности задания контрольных точек производится генерация траектории движения измерительного наконечника с помощью команды View - Path Lines. На рисунке 21 представлен выбор команды из диалогового окна и визуализация траектории измерения цилиндрической части детали вал.



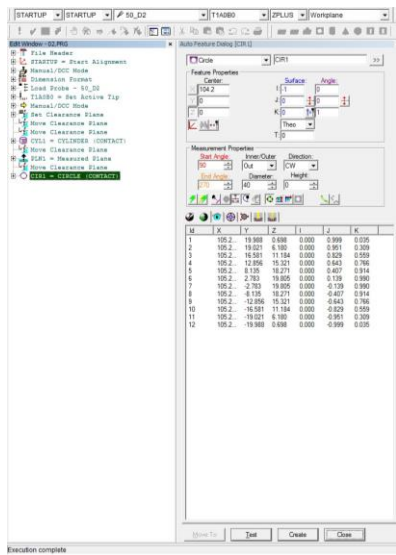
а



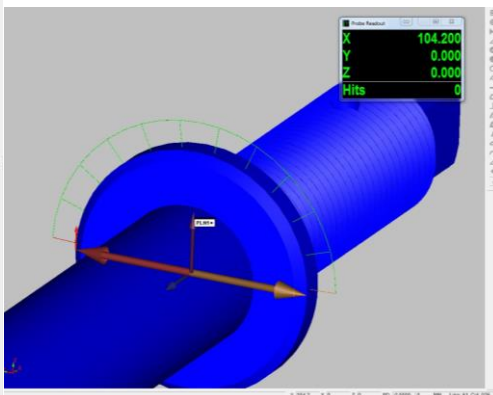
б

Рисунок 21 – Генерация траектории движения измерительного наконечника: а) выбор пункта меню View - Path Lines; б) траектории движения ИН

4) Для создания стратегии измерения пояска вала удобно использовать элемент авто-цилиндр (auto cylinder). При вызове элемента авто-цилиндр, появляется окно, приведенное на рисунке 22.



а



б

Рисунок 22 – Задание параметров измерения пояска вала: а) окно ввода параметров; б) траектории движения ИН

Для указания измеряемой поверхности необходимо коснуться левой кнопкой мыши по ней. В результате появится расчетная траектория как показано на рисунке 22. Настройка траектории осуществляется в области Contact Path Properties (опции контактной траектории). Здесь задается количество касаний (измеряемых точек в сечении), уровней (сечений), отступ от верхней и нижней границы, который вводится с целью предотвращения попадания измерительного наконечника на кромку детали, рисунок.

В области Measurement Properties (опции измерения) указываются параметры измеряемой поверхности, рисунок 22. Измеряемая деталь установлена на призме и измерительный наконечник не может измерить весь диаметр пояска, для этого изменяем траекторию параметры движения задаем Start Angle = 90, End Angle = 270, рис. 41. Охватываемый сегмент составил $270-90=180$ град., при начальном смещении 45 град. Задаем диаметр (Diameter) равный 40 мм. Количество измеряемых точек 12.

5) Для измерения отверстия воспользуемся элементом автоцилиндр (auto cylinder), появляется окно, приведенное на рисунке 23.

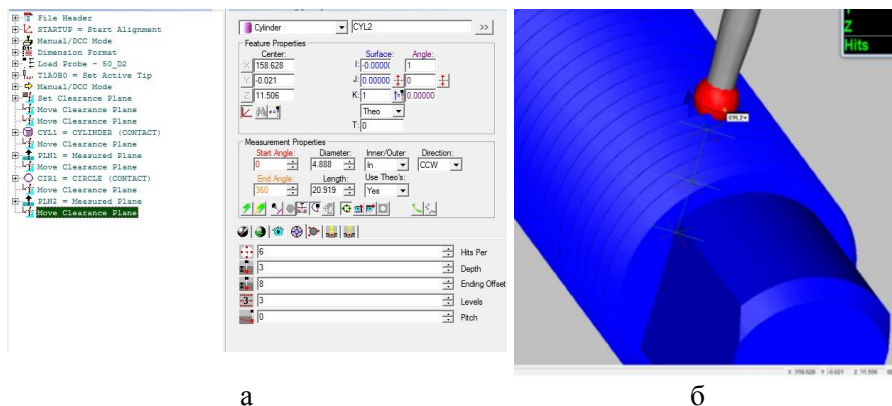


Рисунок – 23 Задание параметров измерения отверстия вала:
а) окно ввода параметров; б) траектории движения ИН

Для указания измеряемой поверхности необходимо коснуться левой кнопкой мыши по ней. Настройка траектории осуществляется в области Contact Path Properties (опции контактной траектории). Изменяем следующие параметры, представленные в таблице 1. Другие параметры оставляем по умолчанию.

Таблица – 2 Параметры задание траектории измерения отверстия

Количество касаний	6
Глубина	3
Конечная точка касания	8
Количество сечений	3
Наклон	0

б) Для измерения следующей поверхности вала повторить последовательность, описанную в пункте 1. Задание точек измерение (рисунок 24).

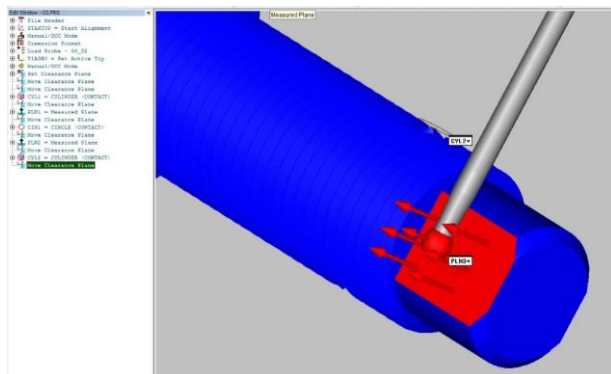


Рисунок – 24 Задание точек измерения

7) Для измерения цилиндрической части повторить последовательность, описанную в пункте 2. Траектория измерения цилиндра (рисунок 25). Последовательно в пункте 2 повторить для симметричной поверхности.

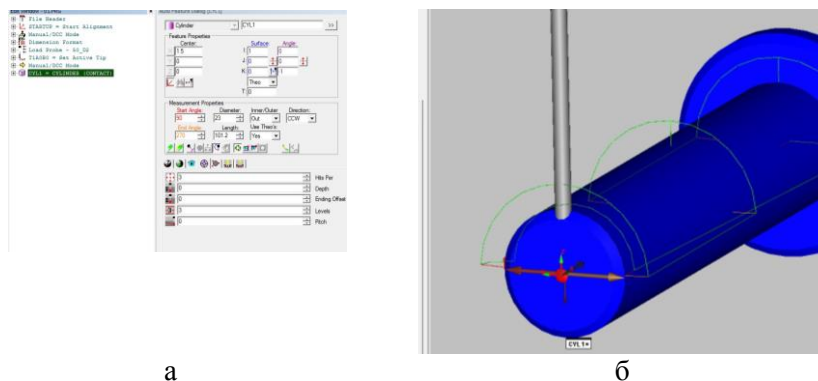


Рисунок 25 – Траектория измерения цилиндра:
а) окно ввода параметров; б) траектории движения ИН

8) Задание команды измерения точки поверхности осуществляется с использованием команды Vector point, расположенной в командном меню Auto Features. Задание точек измерения (рисунок 26).

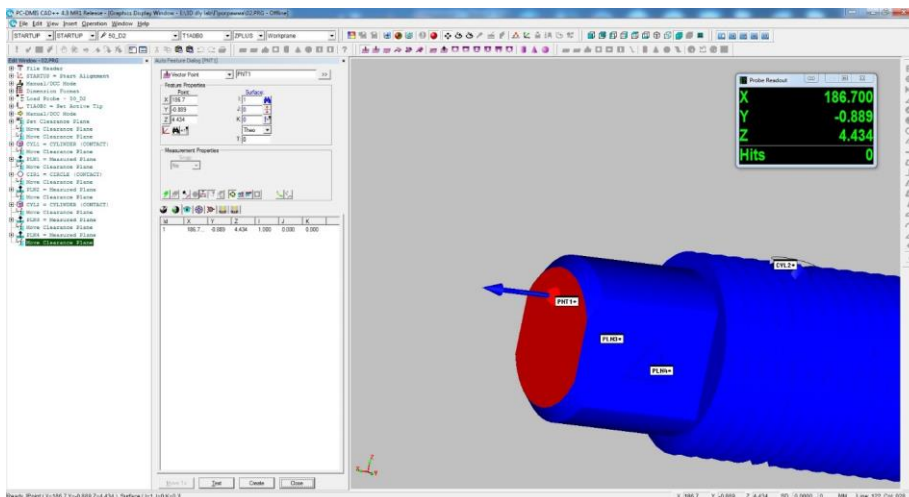


Рисунок 26 – Задание точки измерения

Задание измеряемой точки осуществляется путём касания курсором по измеряемой поверхности. Затем в открытом диалоге нажимается кнопка Create.

9) Вызов системы координат

После окончания задания измерения базовых элементов, необходимо производить создание вспомогательных СКД (производить математическое базирование). В соответствии с требованиями чертежа деталь имеет главную ось вращения, заданную поверхностью 4, которая обозначается X, другая ось задается поверхностью 1, обозначаемая Z.

Таким образом, зададим СК следующим образом (рис.27):

- направим ось X вдоль оси цилиндра, соответствующего поверхности 4;
- направим ось Z вдоль оси цилиндра, соответствующего поверхности 1;
- установим начало оси X на плоскости, соответствующей поверхности 6;

- установим начало оси Y и Z на оси цилиндра, соответствующего поверхности 4.

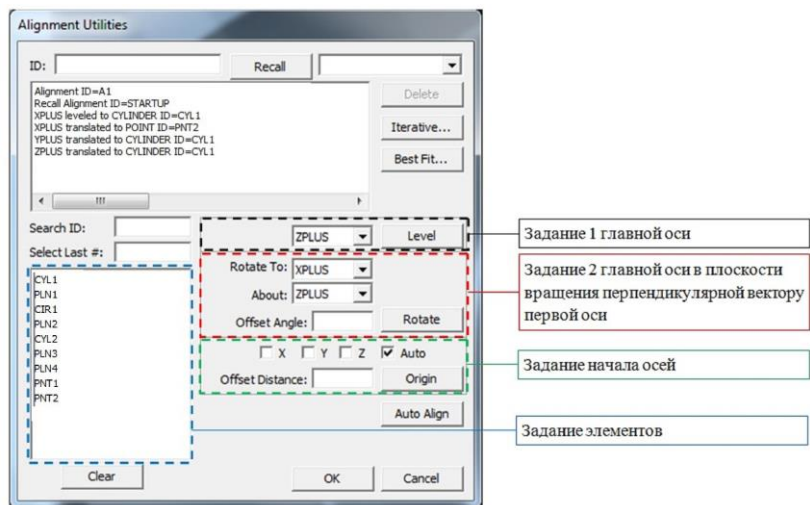


Рисунок 27 – Задание системы координат

Построение СК осуществляется в следующем порядке:

1. **задание 1 главной оси** (необходимо выделить $Cyl1$ в поле задания элементов, установить ось XPLUS и нажать кнопку Level в поле задания 1 главной оси);
2. **задание 2 главной оси** в плоскости вращения перпендикулярной вектору первой оси (необходимо выделить $Cyl2$ в поле задания элементов, установить ось ZPLUS вокруг XPLUS и нажать на кнопку Rotate в поле задания 2 главной оси);
3. **задание начала осей** (необходимо выделить PLN3 в поле задания элементов, установить флажок напротив X и нажать на кнопку Origin в поле задания начала осей; выделить $Cyl3$, установить флажки напротив Y и Z, нажать на кнопку Origin в поле задания начала осей).
4. Нажать на кнопку ОК.

В следующих пунктах будет описываться последовательность создания управляющих команд для вывода размерной информации в протокол.

Таким образом, необходимо провести построение средней плоскости.

10) Панель инструментов Construction Features позволяет строить различные элементы по ранее измеренным (рис.28). Выбираем в ней построение плоскости, в результате чего открывается окно Plane Construction (рис.28). Данное окно разделено на две части. В первой задаются элементы доступные для проведения построений из них. Во второй задается операция, путем переключения опций построения, которые подписаны на рис. 30. Таким образом, выделяем плоскости PLN2 и PLN1 в первой части, выбираем операцию Midplane (средняя плоскость), нажимаем на кнопку Create (создать). В результате создается плоскость с названием PLNMID.

После того, как были произведено создание всех измеряемых элементов и созданы необходимые построения, следует выводить размерную информацию в протокол. В панели инструментов Dimension содержатся инструменты, позволяющие измерять линейные, угловые параметры, отклонения от формы и расположения, задавать допуски на них (рис.28).

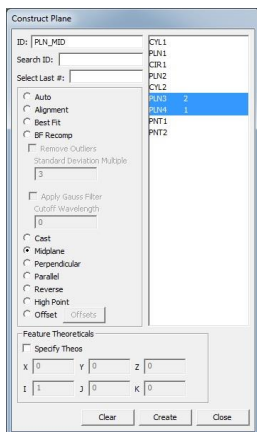


Рисунок 28 – Построение средней линии

11) После того, как были произведено создание всех измеряемых элементов и созданы необходимые построения, следует выводить размерную информацию в протокол. В панели инструментов Dimension содержатся инструменты, позволяющие измерять линей-

ные, угловые параметры, отклонения от формы и расположения, задавать допуски на них (рис.29).



Рисунок 29 – Панель размеров Dimension (размеры)

Общие функции и формат команд инструментов панели размеров рассмотрим на примере измерения расположения геометрического элемента с помощью опции **Location**.

Опция меню Location высчитывает расстояние от фигуры до начала отсчета координат X, Y, Z параллельно соответствующей ей оси. Диаметр, угол и вектор так же являются частью подсчетов.

В нашем случае необходимо вывести координату z средней плоскости PLN5. Это делается в следующей последовательности:

- выбираем элемент PLN5 для определения размеров в поле **Feature List**;
- выбираем ось z в поле Axes (оси);
- заполняем верхнее и нижнее отклонение в поле Plus и Minus соответственно, которые являются допускаемыми в соответствии с конструкторским чертежом;

- Вводим номинальное значение в поле Nominal Size (для отклонения симметричности равно 0, для других размерных параметров может быть отлично от 0).

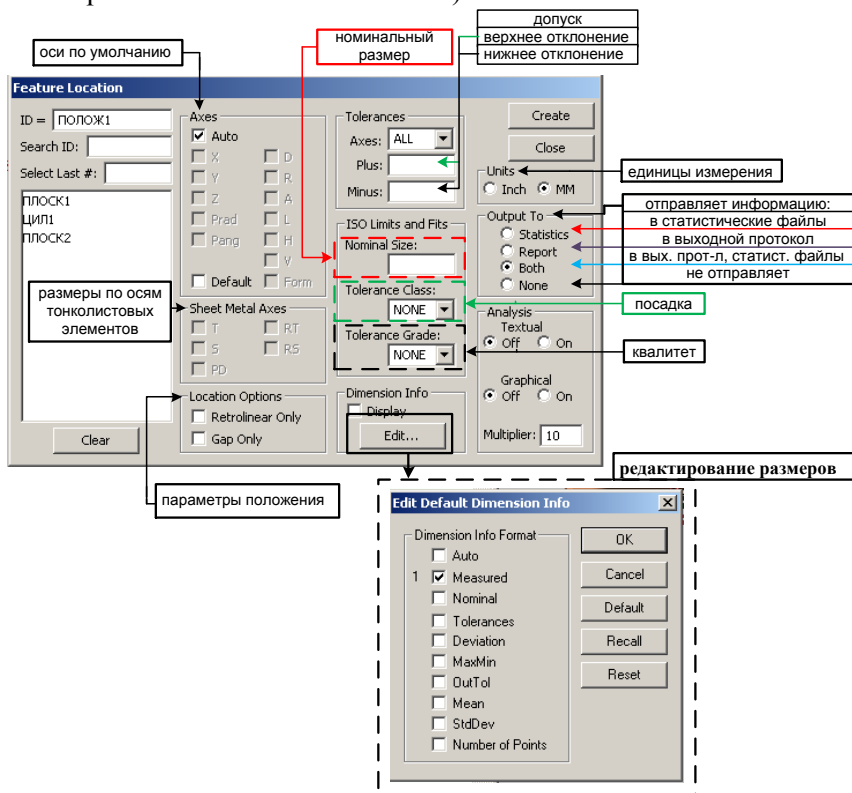


Рисунок 30 – Диалоговое окно Feature Location.

12) Для вывода в протокол информации о смещении оси отверстия необходимо использовать диалог Feature Location. В списке элементов диалога необходимо выбрать полученную построением точку центра PNT_CENT. В разделе Axes необходимо поставить галочку по оси Y. Координата Y рассматриваемой точки будет характеризовать смещение оси измеренного отверстия. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 31.

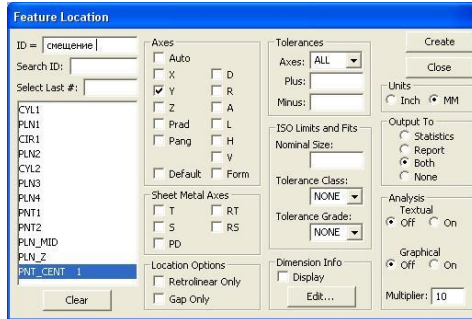


Рисунок 31 – Диалоговое окно вывода информации об смещение оси

13) Для вывода в протокол информации о смещении плоскости паза необходимо использовать диалог Feature Location. В списке элементов диалога необходимо выбрать полученную построением точку центра PNT_MID. В разделе Axes необходимо поставить галочку по оси Y. Координата Y рассматриваемой точки будет характеризовать смещение плоскости паза. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 32.

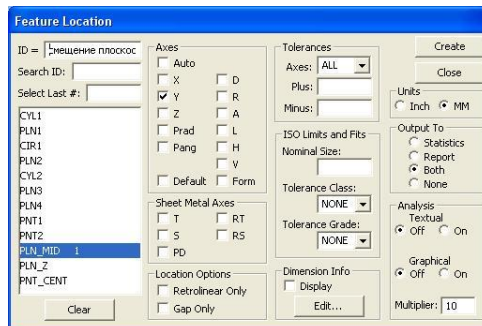


Рисунок 32 – Диалоговое окно вывода информации об смещение плоскости паза

14) Для вывода в протокол информации об расстояния необходимо использовать диалог Distance. В списке элементов диалога необходимо выбрать плоскости PLN2 и PNT2. В разделе Relation-

ship необходимо поставить галочку по оси To X Axis. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 33.

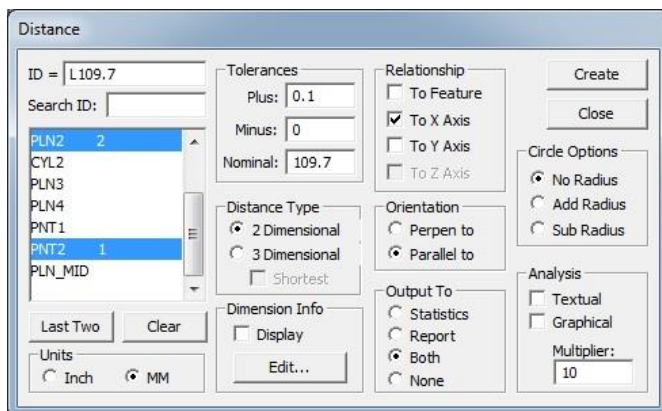


Рисунок 33 – Диалоговое окно вывода информации об измерении расстояния

15) Для вывода в протокол информации об смещении плоскости паза необходимо использовать диалог Cylindricity. В списке элементов диалога необходимо выбрать измеренный цилиндр CYL1. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 34.

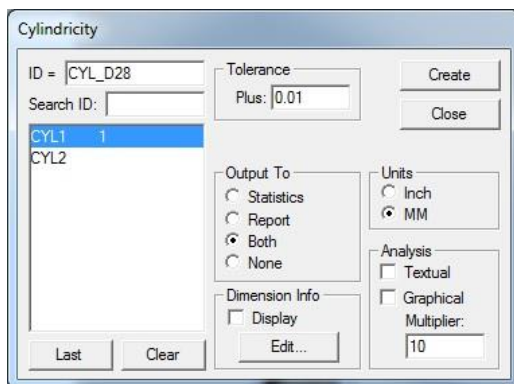


Рисунок 34 – Диалоговое окно вывода информации об цилиндричности

16) Для вывода в протокол информации об отклонении перпендикулярности необходимо использовать диалог Perpendicularity. В списке элементов диалога необходимо выбрать плоскость и цилиндр CYL1 и PLN1. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 35.

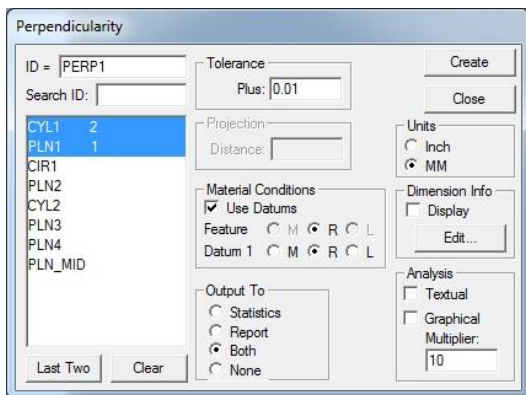


Рисунок 35 – Диалоговое окно вывода информации об перпендикулярности

17) Для вывода в протокол информации об отклонении параллельности необходимо использовать диалог Parallelism. В списке элементов диалога необходимо выбрать плоскости PLN2 и PLN1. Диалоговое окно вывода размерной информации представлено на рисунке 36.

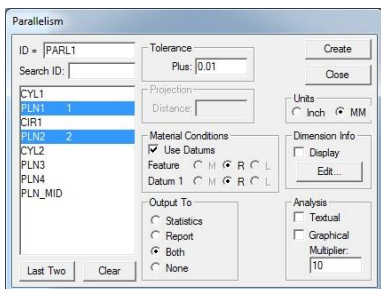


Рисунок 36 – Диалоговое окно вывода информации об параллельности

18) Для построения вспомогательной плоскости Z необходимо использовать диалог Construct Plane. Поставить галочку Alingment. Диалоговое окно построения плоскости Z представлено на рисунке 37.

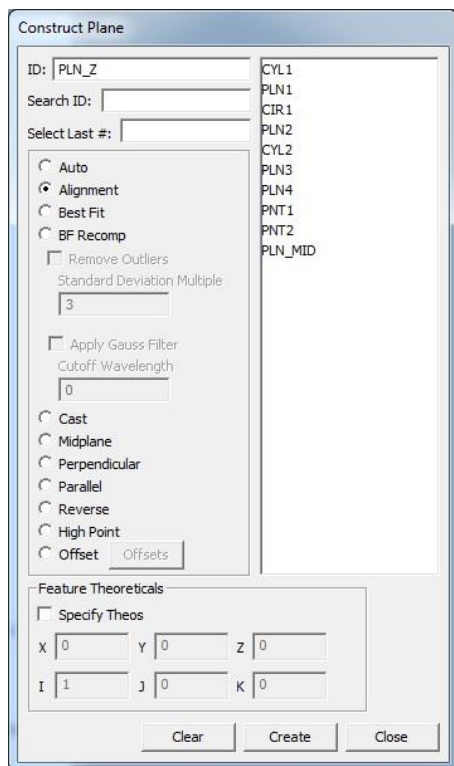


Рисунок 37 – Диалоговое окно построения плоскости Z

19) Для построения пересечения точки и плоскости необходимо использовать диалог Construct Plane. В списке элементов диалогового окна необходимо выбрать PLN_Z и CYL2. Поставить галочку Pierce. Диалоговое окно построения пересечения плоскости и точки представлено на рисунке 38.

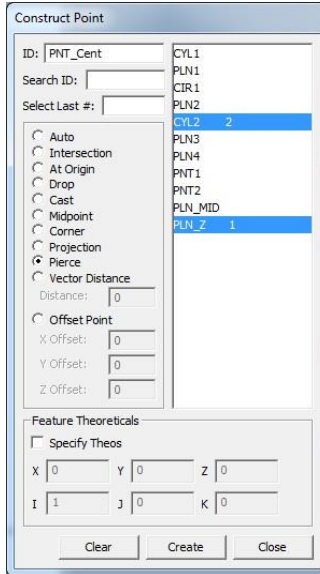


Рисунок – 38 Диалоговое окно построения пересечения точки и плоскости Z

20) Программа измерения представлена на рисунке 39.



Рисунок 39 – Программа измерения

21) Для вывода протокола измерения необходимо обновить программу, нажав на команду. Следующим этапом в главном меню в вкладке Window выбрать режим протокола.

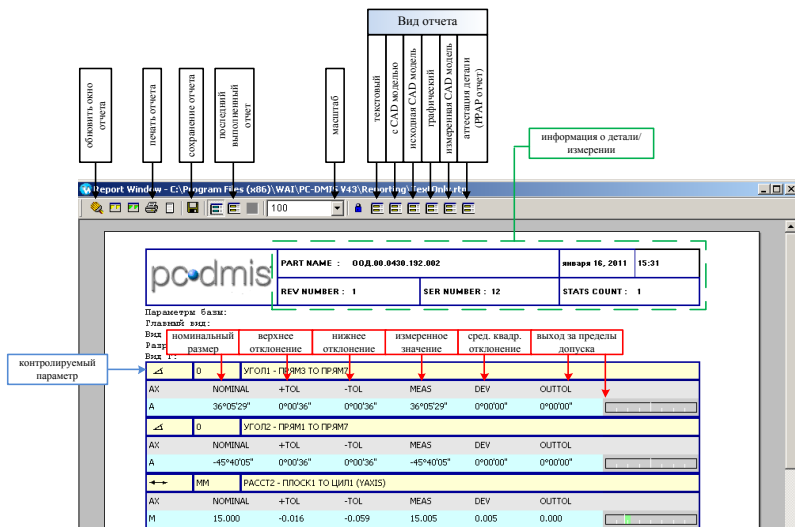


Рисунок 51 – Вид окна протокола

15. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В процессе выполнения работы оформляется протокол измерения, сохраняемый из программы. В отчете приводятся: название вала, требуемые результаты измерения; приводятся результаты измерения. В дополнение к отчёту описываются общая последовательность, а также выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Последовательность разработки методик измерения для координатно-измерительных машин.
2. Виды вспомогательных систем координат детали и базирования детали на КИМ.
3. Общая последовательность создания управляющей программы на КИМ.
4. Последовательность измерения геометрических параметров деталей типа «Вал».
5. Инструменты программы PC-DMIS для вывода результатов измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению практических занятий содержат материал позволяющий сформировать у обучающихся необходимые начальные навыки по разработке последовательности и управляющих программ для контроля геометрических параметров деталей типа «вал» и «диск». Описание последовательности разработки управляющих программ приводится на примере использования системы PC-DMIS CAD++.

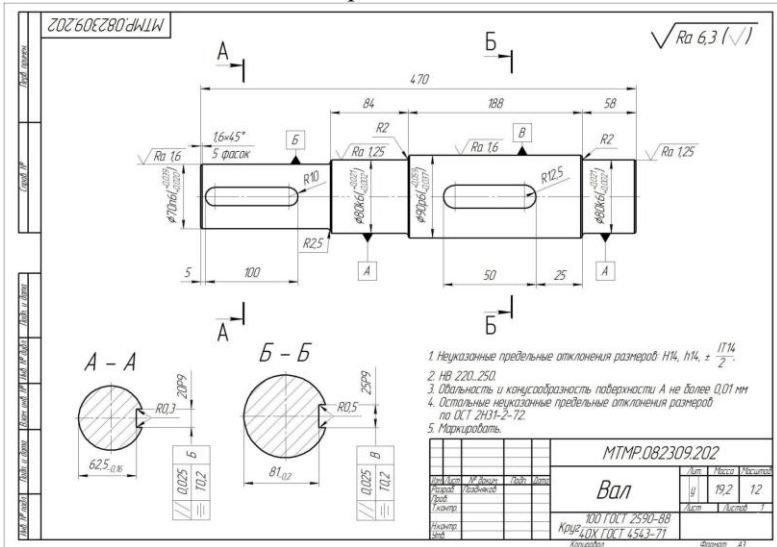
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цитович, Б.В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: лаб. практикум /Б.В. Цитович, В.Л. Соломахо, Л.Д. Ковалев. – Минск: Выш. шк., 1987. – 134 с.

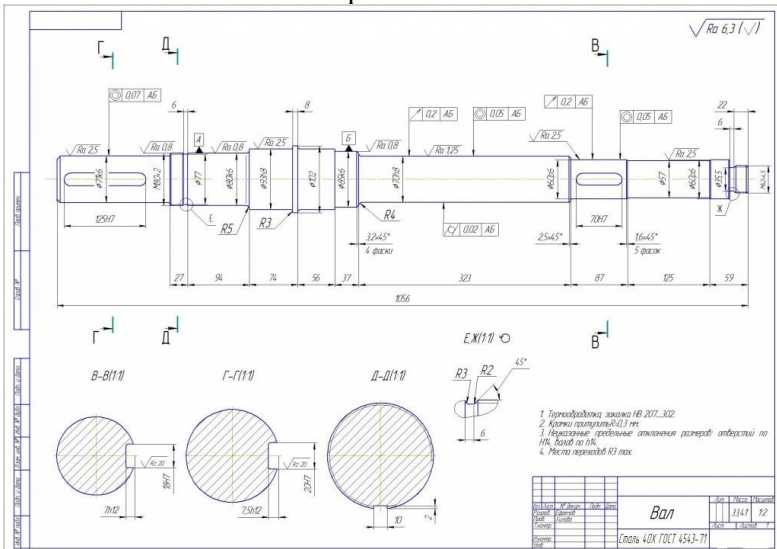
2. Гапшис, А.А. Координатные измерительные машины и их применение/ А.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов М.:Машиностроение, 1988. – 328 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

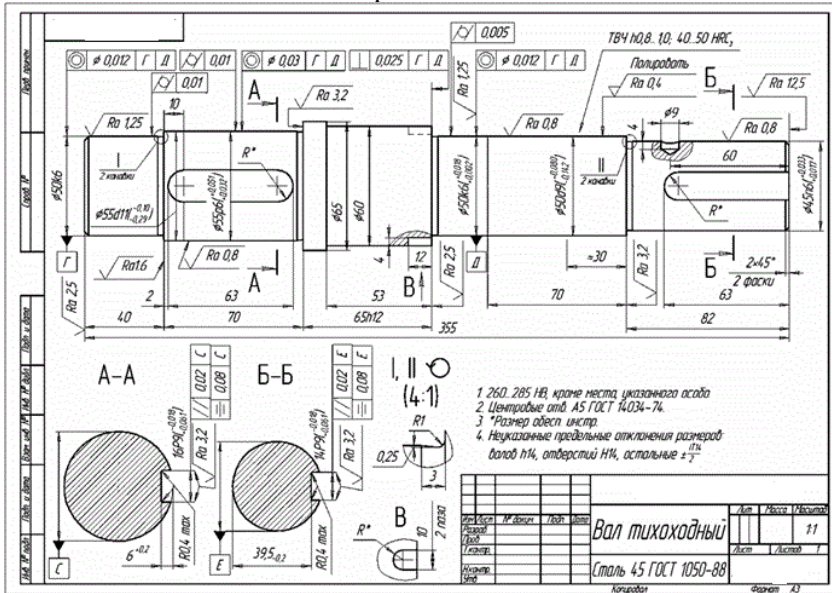
Вариант №1



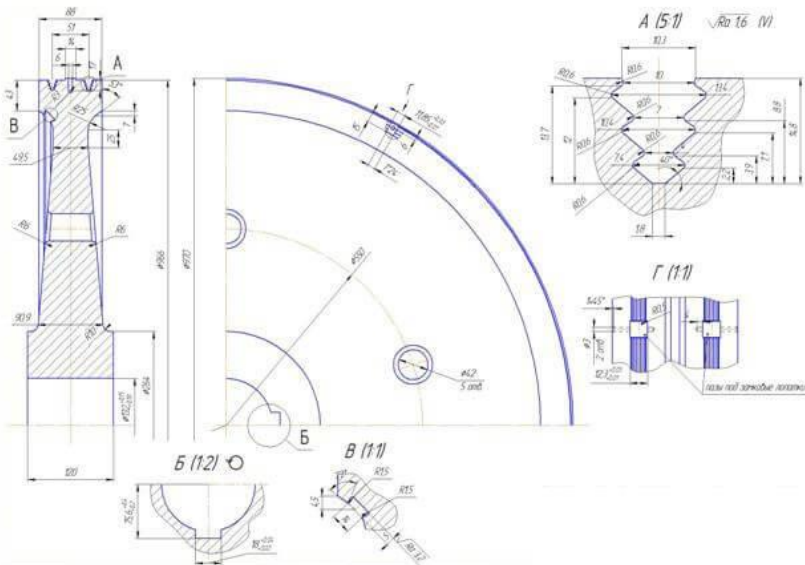
Вариант №2



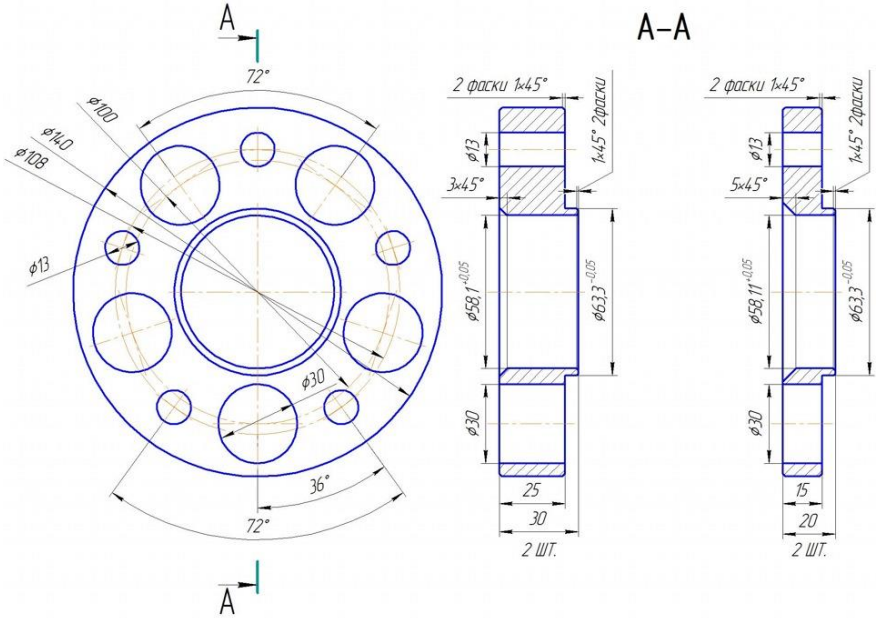
Вариант № 3



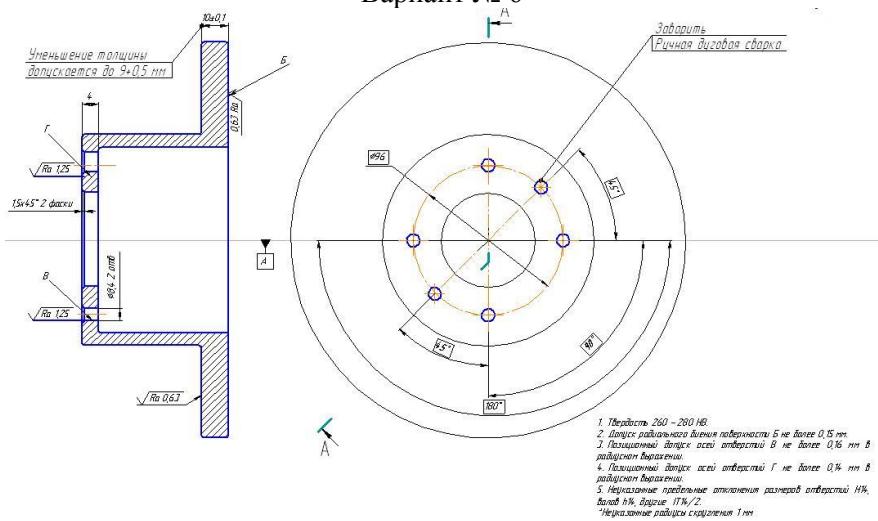
Вариант №4



Вариант №5



Вариант №6



*Кафедра
технологий производства
двигателей*

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЕТ

по лабораторной работе «РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВ И ВАЛОВ
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ»

1. Программа измерений
2. Задание
3. Протокол
4. Выводы по работе

Преподаватель _____

Учебное издание

Болотов Михаил Александрович

Грчев Илья Александрович

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВ И ВАЛОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Методические указания к практическим занятиям

Редактор
Доверстка

Подписано в печать . Формат
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ.л.
Тираж экз. Заказ . Арт. -

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЁВА»
(Самарский университет)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского университета. 443086, Самара, Московское шоссе, 34