

С.В. ФАЛАЛЕЕВ, Д.К. НОВИКОВ, А.С.ДЕМУРА

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ
И ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА СБОРКИ ГАЗОГЕНЕРАТОРА
ТРЕХВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ**

2007



САМАРА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»

С.В. ФАЛАЛЕЕВ, Д.К. НОВИКОВ, А.С. ДЕДУРА

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ
И ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ
ГАЗОГЕНЕРАТОРА ТРЕХВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2007

УДК 621.431.75.(075)+004.9(075)

ББК 39.55+32.973

Ф19



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Рецензенты: канд. техн. наук А. Е. Т р я н о в,
д-р техн. наук, проф. В. Б. Б а л я к и н

Фалалеев С.В.

Ф19 Изучение конструкции и электронное моделирование процесса сборки газогенератора трехвального двигателя НК с использованием 3D-моделей: учеб. пособие / С.В. Фалалеев, Д.К. Новиков, А.С. Демура.- Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. -75 с.

ISBN 978-5-78830-0516-5

Описана конструкция базового газогенератора трехвального авиационного двигателя и созданной на его основе энергетической установки. При описании использованы 3D-модели деталей и сборочных единиц, а также соответствующие файлы. В пособии также приводятся алгоритмы построения сборки газогенератора и анимации процессов сборки в пакете SolidWorks 2006. К пособию прилагается видеоролик, описывающий процесс сборки газогенератора.

Учебное пособие предназначено для студентов факультета двигателей летательных аппаратов очно-заочной формы обучения, изучающих дисциплины: «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок» и «Конструирование основных узлов авиационных двигателей и энергетических установок». Оно же может быть использовано при курсовом и дипломном проектировании, а также при проведении лабораторных работ. Разработано на кафедре «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» СГАУ.

УДК 629.7.036

ББК 39.55+32.973

ISBN978-5-78830-0516-5

© Фалалеев С.В., Новиков Д.К.,
Демура А.С., 2007

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ДВИГАТЕЛЯ	6
2 КОМПРЕССОР	6
2.1 Компрессор низкого давления.....	9
2.2 Компрессор высокого давления.....	14
3 КАМЕРА СГОРАНИЯ	22
4 ТУРБИНА	26
4.1 Турбина высокого давления.....	27
4.2 Турбина низкого давления.....	32
4.3 Силовая турбина.....	35
5 МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОЙ СБОРКИ В ПАКЕТЕ SOLID WORKS 2006	39
5.1 Создание сборки.....	39
5.2 Сборка компонентов при помощи менеджера свойств Mate (Сопряжение).....	40
6 СОЗДАНИЕ АНИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ SOLID WORKS ANIMATOR	50
6.1 Интерфейс пользователя модуля Solid Works Animator.....	50
6.2 Примеры создания анимации.....	55
6.2.1 <i>Пример создания анимации при помощи Помощника для создания анимации</i>	55
6.2.2 <i>Пример создания анимации без Помощника для создания анимации</i>	58
7 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ДВИГАТЕЛЯ	60
7.1 Технологический процесс сборки КВД и ТВД (ротора со статором).....	60
7.2 Описание технологического процесса сборки двигателя из модулей.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные стандарты в области информационной поддержки жизненного цикла изделий (ИПИ-технологий, или CALS-технологий) определяют, что 3D-модель является основным информационным объектом при проектировании и подготовке производства. В настоящее время только цифровая 3D-модель может быть передана из систем САПР в системы с ЧПУ. Это позволяет объединить технологии автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки программ для станков с ЧПУ в интегрированную информационную среду [1].

Основная задача моделирования — это устранение возможных ошибок и неточностей в процессе разработки конструкторской документации какого-либо изделия. Достигается это путем компьютерного моделирования отдельных деталей и их взаимодействия в сборке.

В то же время 3D-модель позволяет углубленно изучить конструкцию двигателя с использованием трехмерных изображений сборочных единиц и элементов конструкции. С помощью моделирования можно наглядно увидеть будущую деталь и оценить ее слабые места с помощью программ инженерного анализа еще на этапе проектирования, а так же оценить общую компоновку всего изделия путем создания трехмерных сборок. Это позволяет заранее увидеть будущие сложности в изготовлении и эксплуатации изделия. Трехмерное моделирование облегчает задачу маркетинговой службы предприятия, т.к. теперь появляются реальные преимущества в наглядном представлении заказчику будущего изделия в том виде, в каком он хотел бы его увидеть.

В предлагаемом пособии используется также возможность просмотра на компьютере различных фрагментов конструкции под различными углами обозрения. В сочетании с использованием разрезных макетов двигателей это позволяет значительно поднять качество процесса изучения конструкции двигателя.

В современных условиях чрезвычайно жесткой рыночной конкуренции жизнеспособность предприятия во многом зависит от уровня автоматизации всех этапов создания изделий. Среди них этап технологической подготовки сборочного производства (ТПСП) наименее автоматизирован.

В настоящее время ТПСП состоит приблизительно на 30% из работ, связанных с разработкой и внесением изменений в базовый комплект технологической документации, и на 70% из работ, связанных с подготовкой рабочего комплекта технологической документации (ТД) согласно программы на сборку. Срок подготовки ТПСП стал соизмерим со сроком нахождения изделия в сборочном производстве, а часто и превышает его. Качество, трудоемкость подготовки ТД также зачастую не отвечают современным требованиям.

При выполнении сборочных работ по разработанной конструкторской документации, к сожалению, встречаются случаи, когда в силу ряда причин возникает брак. Этими причинами зачастую является неясность конструкторской документации, либо забывчивость сборщика.

Для улучшения ситуации необходимо создать автоматизированную систему ТПСП (АСТПСП). Разработка и внедрение АСТПСП обеспечит более высокий уровень технологической готовности сборочного производства, повысит качество сборки и сократит время на технологическую подготовку сборочного производства. Одним из этапов создания такой автоматической системы является компьютерное моделирование процесса сборки узлов.

Анимирование сборки изделия позволяет ускорить изучение технологическим по сборке проектируемого изделия и на начальной стадии проектирования изделия по единой цифровой 3D-модели организовать процесс параллельной технологической подготовки сборки изделия и его элементов, проектировать необходимую оснастку, что значительно сокращает время на подготовку производства, а в учебных целях позволяет студентам быстро и наглядно понять особенности конструкции изделия и его сборки.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным воззрениям разработка новых двигателей ведется на основе использования базового газогенератора (ГГ) [2], что обеспечивает существенное ускорение процессов проектирования и доводки. Например, в ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова в качестве одного из базовых газогенераторов можно считать двигатель НК-25. На базе этого газогенератора создана целая серия авиационных двигателей и энергетических установок, таких как НК-32, НК-36СТ, НК-37, НК-361. НК-32 и НК-25 являются авиационными двигателями, а НК-36СТ, НК-37 и НК-361 - энергетическими установками различного назначения.

НК-36СТ предназначен для привода центробежного нагнетателя в составе газоперекачивающего агрегата, а приводной двигатель НК-37 - для электрогенератора единичной мощностью 25 МВт и является его модификацией. Эти двигатели сочетают в себе новейшие достижения в области авиастроения и большой опыт эксплуатации конвертированных двигателей НК-12СТ, НК-16СТ. Применяемость деталей, прошедших эксплуатационную проверку, составляет в конструкции 60%.

Одной из последних разработок этой фирмы является двигатель НК-361, предназначенный для привода генератора газотурбовоза. Для уменьшения эксплуатационных затрат ГТД работает на сжиженном природном газе. С целью сокращения стоимости и сроков разработки в ГТД НК-361 использован газогенератор двигателя НК-25.

Конструкция описанных выше двигателей отличается количеством каскадов и ступеней компрессоров, а также наличием свободной турбины.

Поэтому в предлагаемом пособии описывается конструкция наиболее простого из них - двигателя НК-361, и при этом активно используются 3D-модели деталей и сборочных единиц. В пособии также приводятся алгоритмы построения сборки ГГ и анимации процессов сборки в пакете SolidWorks 2006.

К пособию прилагается видеоролик, описывающий процесс сборки ГГ НК-361.

1 КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ДВИГАТЕЛЯ

Конструктивная схема базового трехвального двигателя НК-25 представлена на рис. 1а. Каскады низкого давления (НД) и среднего давления (СД) имеют трехопорные ротора, а каскад высокого давления (ВД) – двухопорный ротор. Для того чтобы исключить статическую неопределимость, на валах вентилятора и каскада НД реализован шарнир.

Компрессор НД имеет два подшипника – роликовый радиальный, размещенный в передней опоре 1, и задний – шариковый радиально-упорный (РУП), размещенный в задней опоре 2 компрессора НД вместе с передним РУП ротора каскада СД. Одноступенчатая турбина НД размещается консольно на роликовом подшипнике, установленном в заднем силовом поясе 3. В этом же поясе находится и роликовый подшипник турбины СД. Средний подшипник ротора СД является радиальным и размещается вместе с передним РУП ротора ВД в средней опоре 4. Радиальной опорой ротора ВД является межвальный подшипник.

Двигатель НК-361 также является трехвальным, однако назначение валов другое. Каскад НД (вентилятор) в этом двигателе отсутствует, каскад СД двигателя НК-25 стал в НК-361 каскадом НД, а каскад ВД остался без изменений. Задняя опора КНД НК-25 стала в НК-361 передней опорой 1 (рис. 1б), а турбина вентилятора - силовой турбиной (СТ). Следовательно, двигатель НК-361 получается из двигателя НК-25 удалением вентилятора (как ротора, так и статора), что не представляет особых трудностей при изготовлении.

Ротор двигателя – трехвальный, вал газогенератора двухопорный, вал НД и свободной турбины трехопорный. Подшипник задней опоры ротора газогенератора является межвальным. В силовую схему статора входят опоры двигателя, корпус компрессора, наружный и внутренний корпуса камеры сгорания, корпус турбины.

2 КОМПРЕССОР

Компрессор (рис. 2) предназначен для сообщения потоку воздуха, проходящему через двигатель, энергии, идущей на повышение полного давления (сжатие). Компрессор осевой, двенадцатиступенчатый, двухкаскадный. Каждая ступень имеет венец рабочих (вращающихся) и венец направляющих (неподвижных) лопаток. Для создания требуемых величин и направления скорости поступающего воздуха на входе в переднюю опору устанавливается предвходной направляющий аппарат (ПВНА).

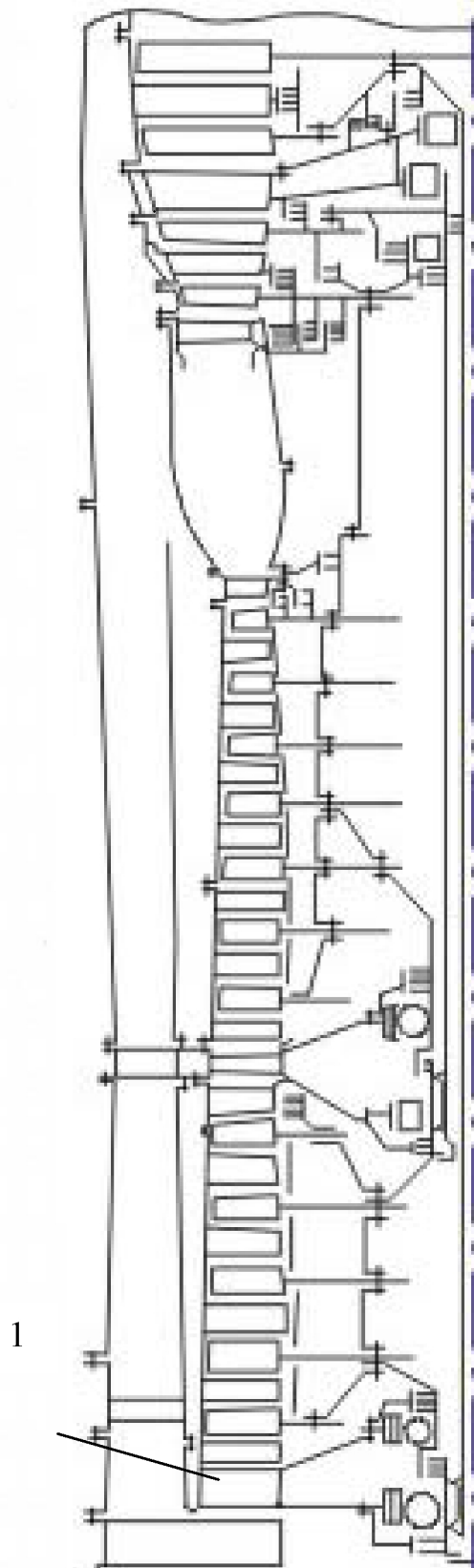
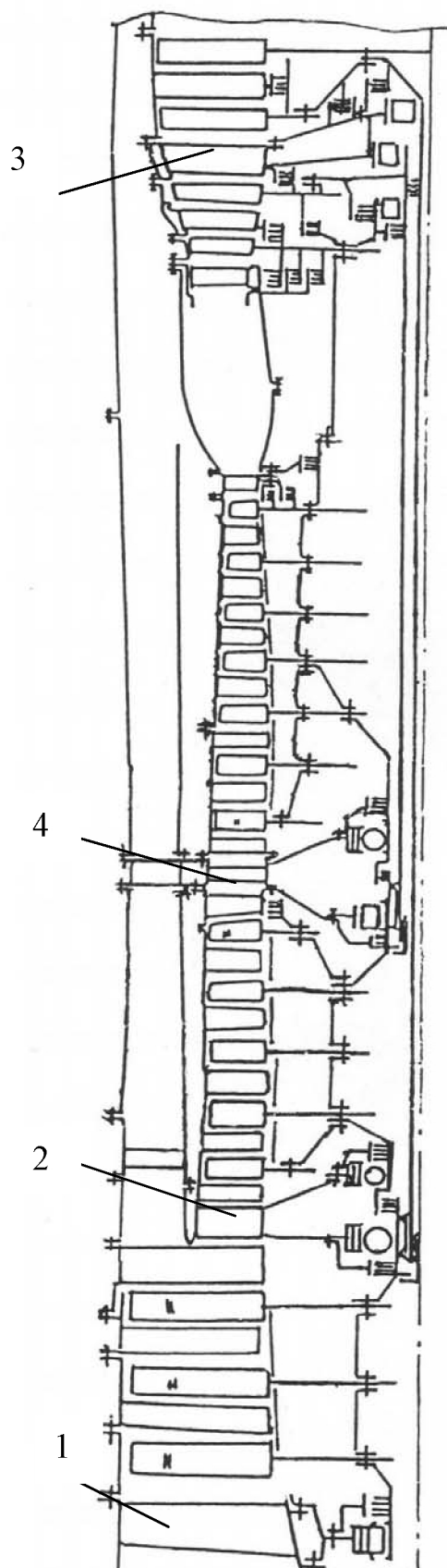
Компрессор двигателя включает в себя две самостоятельных сборочных единицы, соединенные между собою средней опорой:

- компрессор низкого давления (КНД);
- компрессор высокого давления (КВД).

Роторы обоих компрессоров - двухопорные.

Ротор КНД опирается на подшипники, расположенные в передней (радиально-упорный шариковый) и средней (радиальный роликовый) опорах.

Ротор КВД опирается на подшипники, один из которых (радиально-упорный шариковый) расположен в средней опоре, другой (радиальный роликовый) расположен за колесом турбины высокого давления.



а б
 Рис. 1. Конструктивная схема базового двигателя НК-25 (а)
 и созданного на базе ГГ двигателя НК-361 (б)

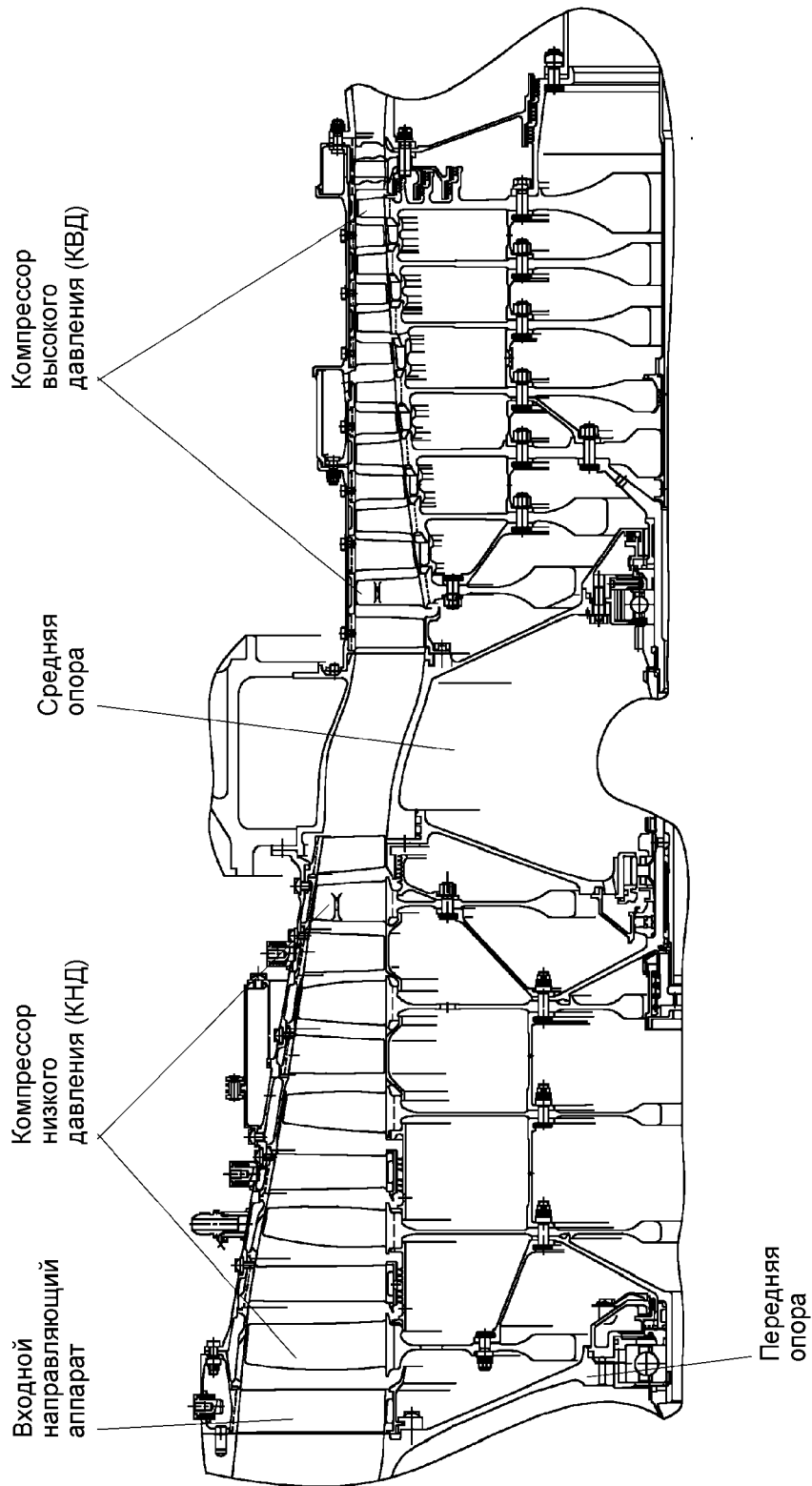


Рис. 2. Компрессор

Каждый ротор компрессора приводится во вращение соответствующей турбиной. Компрессор оборудован механизацией (клапаны перепуска), обеспечивающей устойчивую работу на нерасчетных режимах и при запуске двигателя, а также устройством для отбора воздуха на обогрев ПВНА и ВОУ. На корпусах компрессора расположены лючки контроля, позволяющие в процессе эксплуатации проводить осмотр лопаток компрессоров.

2.1 Компрессор низкого давления

Пятиступенчатый осевой компрессор низкого давления (рис. 3) включает в себя ротор КНД и статор КНД. На рисунках 3-8 изображены трехмерные изображения некоторых деталей и сборочных единиц КНД.

На рис. 4 четко видна антивибрационная полка 1 рабочей лопатки 5-й ступени. Также становится понятной конструкция замковой части 2, на которой также виден паз 3 для осевой фиксации лопатки.

На рис. 5 представлена задняя опора КНД НК-25, на которой видны задний конец 1 вала КНД и передний носок 2 вала КСД, подшипники 3 и 4, межвальное уплотнение 5, а также диафрагмы 6 и 7, в которых эти подшипники размещаются, и корпус 8 опоры.

В средней опоре НК-361 (рис. 6) также видны задняя 1 цапфа вала КНД и передняя 2 цапфа вала КВД, подшипники 3 и 4, размещенные в диафрагмах 5 и 6. Хорошо видно также корпус 7 опоры с ребрами 8 и штуцером подвода масла 9.

На рис. 7 представлен корпус передней опоры (позиция 8 на рисунке 5). Хорошо просматриваются отверстия 1 и 2, служащие для подвода различных коммуникаций через ребра 3 опоры, а также канал 4 с подводящей втулкой 5, служащий для отвода масла из опоры.

3D-модель компрессора (рис. 8) наглядно показывает, что он состоит из ротора 1 и корпуса 2. Ротор состоит из передней цапфы 3, задней цапфы 4, дисков 5-9, барабанных проставок 10-13 и трактовых колец 14-17.

Ротор компрессора низкого давления (рис. 9) состоит из следующих основных деталей и сборочных единиц: пяти рабочих колес, вала переднего, вала заднего, четырех трактовых колец, четырех промежуточных колец, лабиринта и стяжного устройства.

Ротор компрессора двухопорный барабанно-дисковой конструкции. Передним валом ротор опирается на радиально-упорный шариковый подшипник, который размещен в передней опоре. На переднем валу имеется резьба для крепления пакета деталей шарикового подшипника. Задним валом опирается на радиальный роликовый подшипник, который размещен в крышке средней опоры. Крутящий момент от турбины низкого давления на ротор компрессора передается через шлицы заднего вала. Крутящий момент от заднего вала на рабочие колеса передается центрирующими болтами. Валы турбины и компрессора соединяются стяжным болтом. Стяжное устройство воспринимает осевое усилие, действующее на ротор. Для стопорения стяжного болта используются шлицевая втулка и пружина.

Центрирование валов с дисками осуществляется по цилиндрическим поясам посадкой с натягом. Рабочие колеса состоят из дисков и лопаток, закрепленных в дисках при помощи замкового соединения типа «ласточкин хвост». Осевая фиксация лопаток в колесах

1-й и 5-й ступеней осуществляется пластинчатыми контровками, в колесах остальных ступеней - торцами трактовых колец, расположенных между ободами дисков. В колесах 1-й и 2-й ступеней осевая фиксация осуществляется кольцами, расположенными между торцами трактовых колец и ободами дисков.

На рабочих лопатках пятой ступени выполнены антивибрационные полки. На контактные поверхности полок нанесено износостойкое покрытие. Антивибрационные полки обеспечивают вибрационную прочность лопаток в условиях воздействия возмущений в потоке воздуха от ребер средней опоры.

Для обеспечения допустимой осевой силы, действующей на радиально-упорный подшипник, за компрессором между пятым рабочим колесом и средней опорой организована разгрузочная полость.

Статор компрессора низкого давления (рис. 10) включает в себя два корпуса, ВНА, пять направляющих аппаратов, пять рабочих колец, ресивер клапанов перепуска воздуха, механизм управления перепуском воздуха.

Корпуса статора компрессора низкого давления входят в силовую схему двигателя, соединяют переднюю опору со средней опорой.

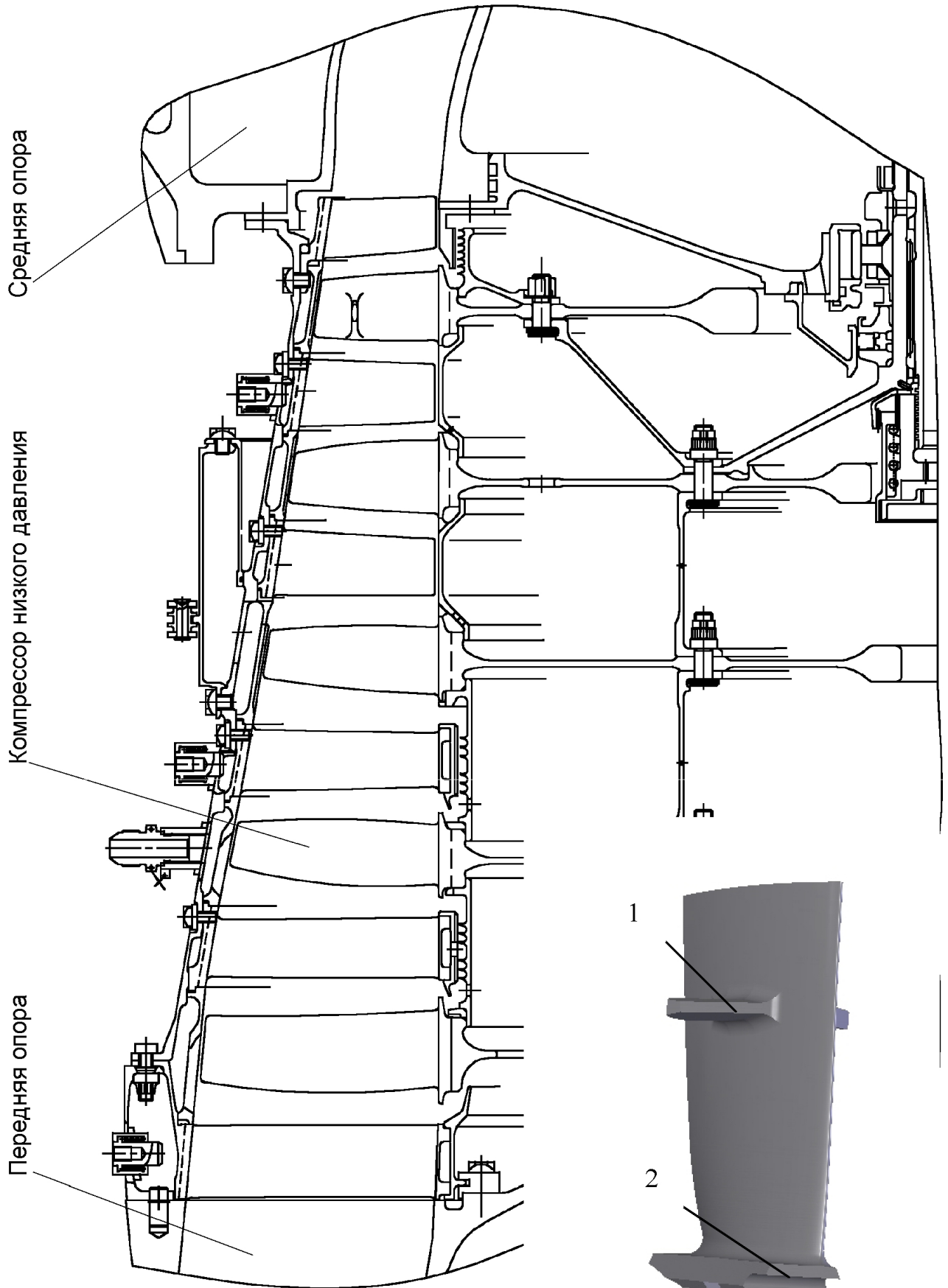


Рис. 3. Компрессор НД

Рис. 4. Лопатка КНД

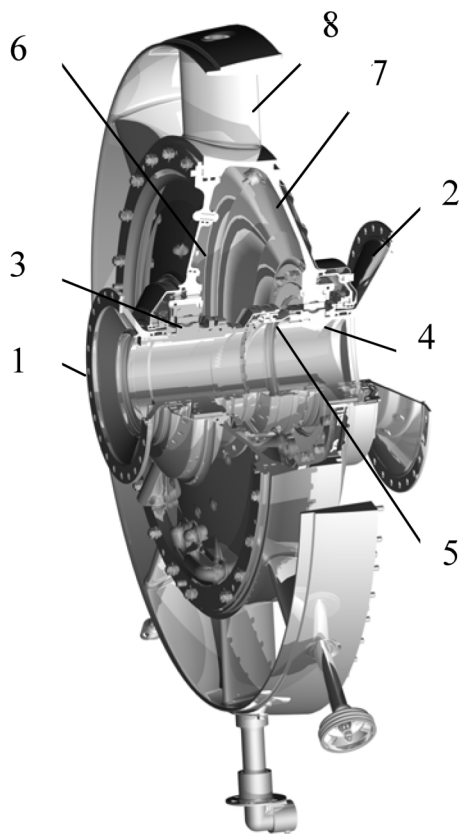


Рис. 5. Передняя опора

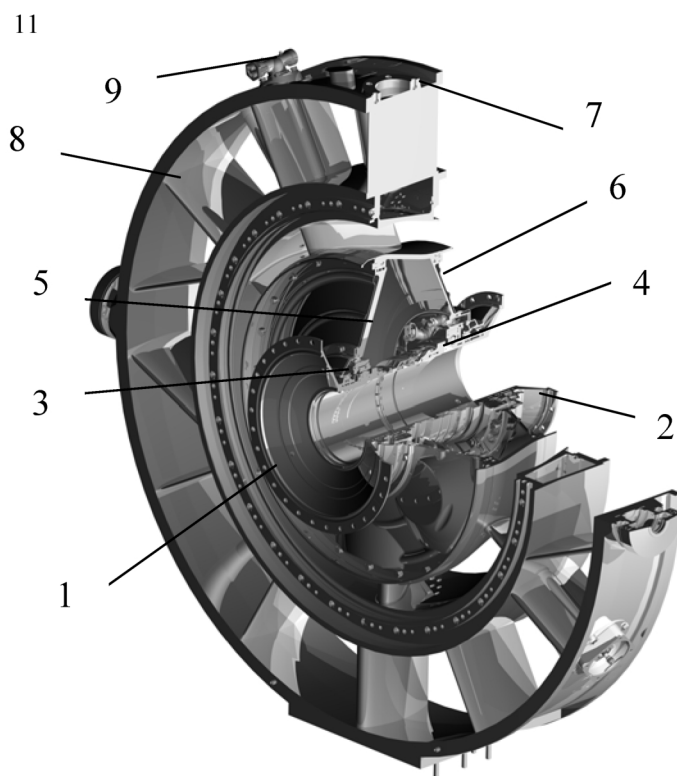


Рис. 6. Средняя опора

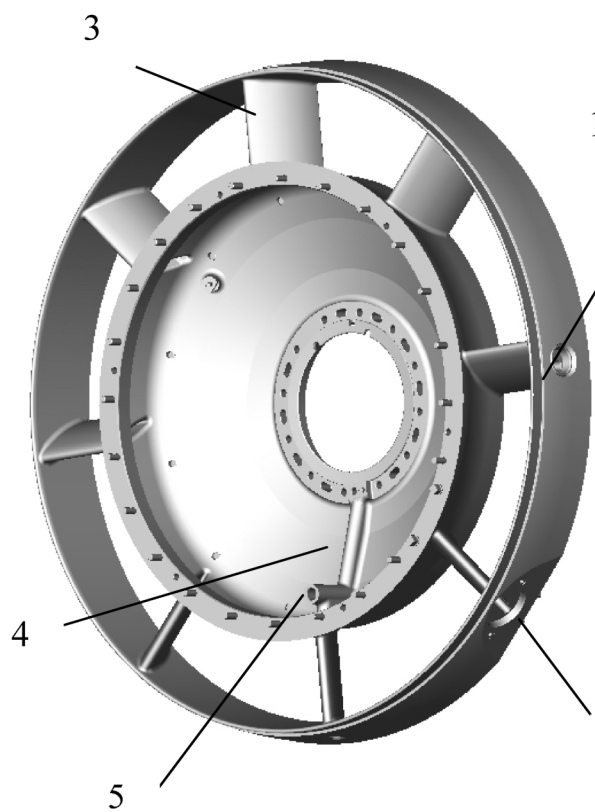


Рис. 7. Корпус опоры КНД

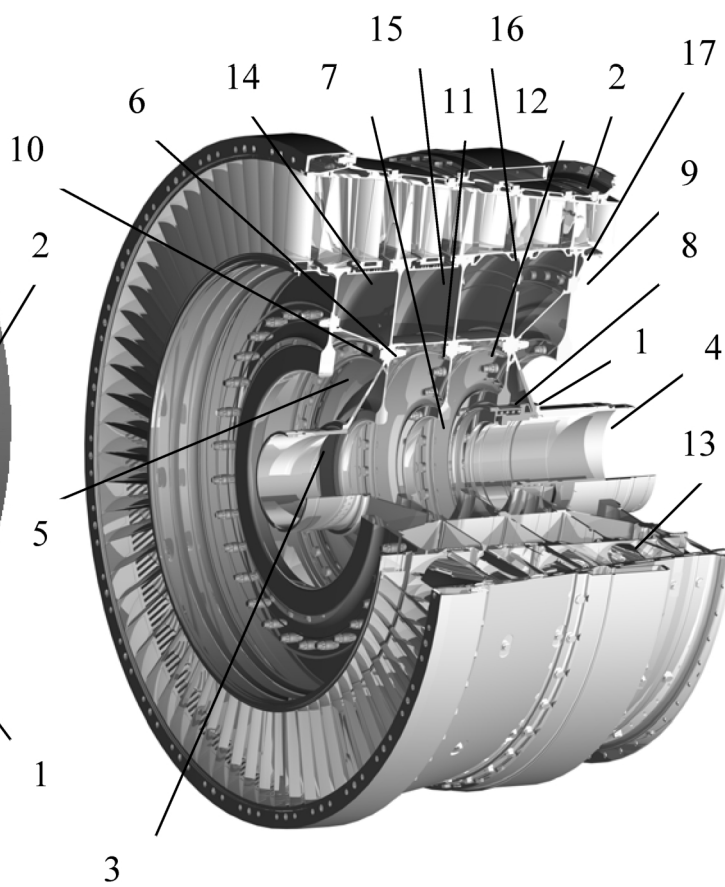


Рис. 8. Компрессор НД

На входе установлен ВНА, фланец наружного кольца которого закреплен между фланцами переднего и заднего корпусов статора. Фланец внутреннего кольца ВНА поджат к промежуточной опоре при помощи болтов.

Лопатки ВНА направляющих аппаратов 1-й и 2-й ступеней внутренними полками заведены во внутренние кольца аппаратов и установлены с натягом между наружными и внутренними кольцами, лопатки остальных аппаратов - консольные. Полки образуют внутреннюю проточную поверхность направляющих аппаратов.

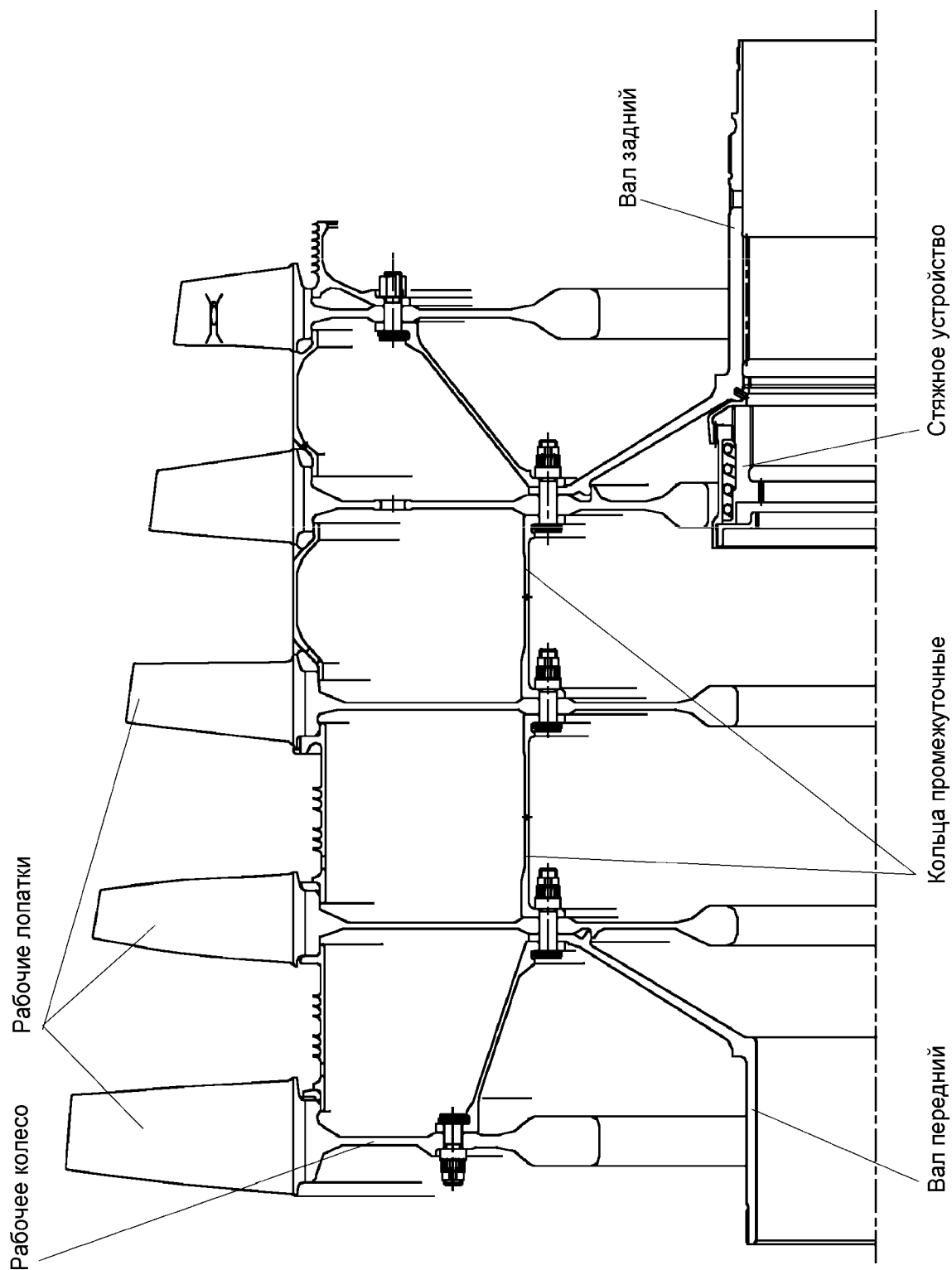


Рис. 9. Ротор компрессора НД

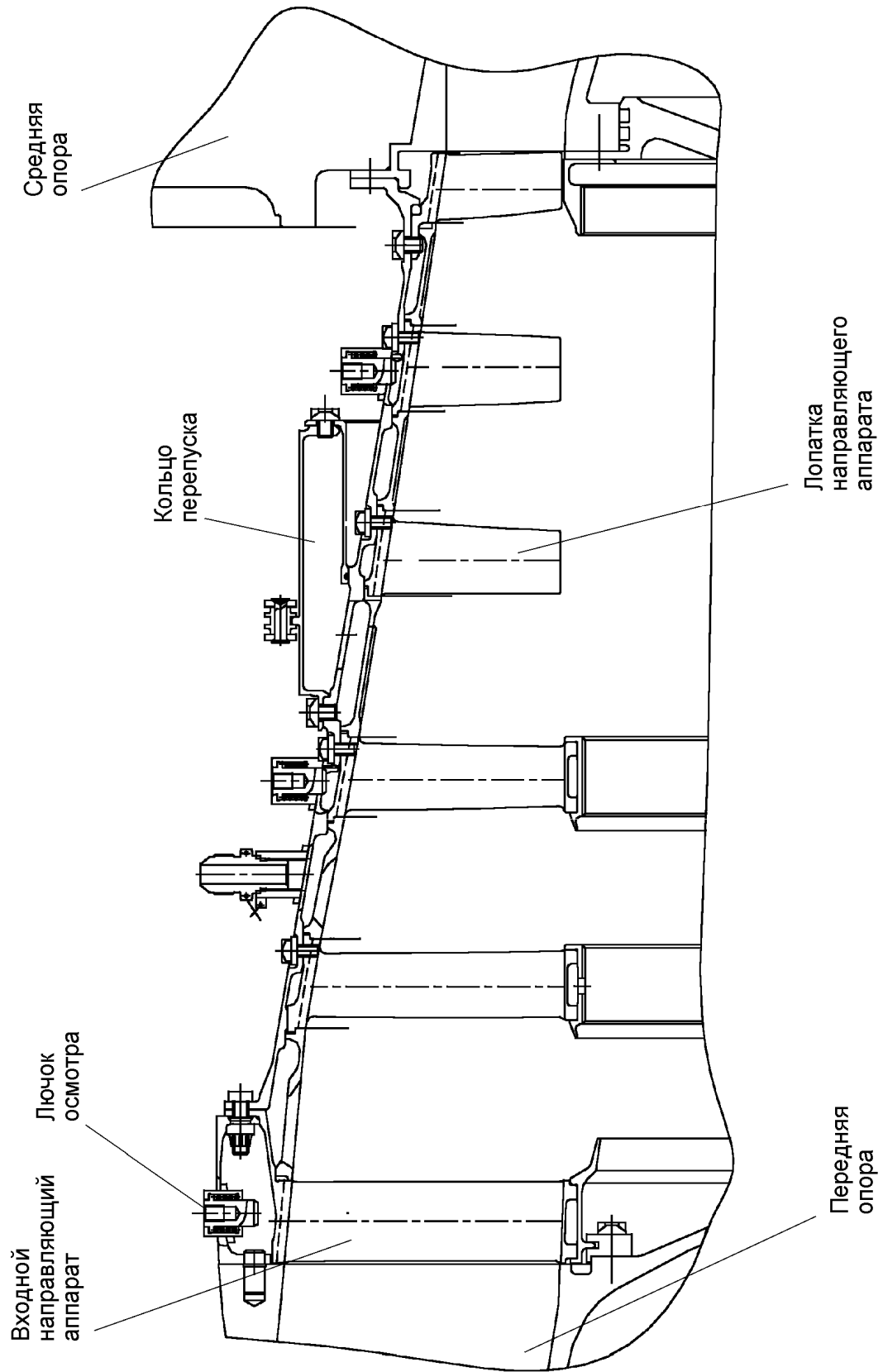


Рис. 10. Статор компрессора НД

Наружные кольца аппаратов имеют пазы типа «ласточкин хвост» для установки лопаток, посадочные поверхности для установки колец в корпус и резьбовые отверстия для крепежных болтов.

Лопатки ВНА и направляющие аппараты первой, второй ступеней выполнены двухопорными. Направляющие аппараты третьей, четвертой, пятой ступеней имеют консольные лопатки. Лопатки в наружных кольцах направляющих аппаратов закреплены хвостовиками типа «ласточкин хвост». Осевая фиксация лопаток осуществляется торцами рабочих колец и пластинчатыми контровками в направляющем аппарате пятой ступени.

Для повышения запасов газодинамической устойчивости присоединенные к проточной части объемы выполнены минимальными, а в кольцах рабочих 1-й и 2-й ступеней выполнена щелевая перфорация для осуществления замкнутого перепуска. Перфорация выполнена в виде пояса щелей прямоугольного профиля, ориентированных к оси компрессора специальным образом.

С целью уменьшения радиальных зазоров на рабочих кольцах 3-й, 4-й, 5-й ступеней, внутренних кольцах направляющих аппаратов 1-й и 2-й ступеней и корпусе лабиринта нанесен легко срабатываемый слой.

На заднем корпусе имеются окна для перепуска воздуха, радиально расположенные отверстия для болтов крепления направляющих аппаратов и кольца перепуска. На заднем фланце корпуса имеется буртик для центрирования статора на средней опоре.

Кольцо перепуска воздуха установлено на заднем корпусе статора над рабочим кольцом 3-й ступени и крепится к корпусу болтами через передний фланец. Полость кольца перепуска уплотнена от утечек из нее воздуха спереди за счет посадки кольца перепуска на корпус без зазора и нанесения на посадочные поверхности герметика, а с задней стороны с помощью металлической уплотнительной трубки, располагаемой в канавке посадочного пояса внутреннего кольца, и герметика, помещенного в канавку.

На кольце перепуска размещены пластинчатые клапаны перепуска воздуха (рис. 11). Для открытия клапанов на кольце перепуска установлено ведущее кольцо с роликами, при повороте которого нажимные ролики кольца воздействуют на кулачки клапанов. При этом клапаны отжимаются внутрь кольца перепуска и выпускают воздух из полости кольца. Поворот ведущего кольца осуществляется специальным гидроагрегатом с помощью рычагов и рессоры. Воздух из клапанов поступает в продувочный контур и далее через выхлопной патрубков в атмосферу.

На корпусах статора предусмотрены три лючка осмотра ЛКНД1, ЛКНД1-2, ЛКНД3-4. Маркировка лючков выполнена около крышек, расположенных на наружных оболочках и предназначенных для доступа к лючкам контроля.

Каждый лючок представляет собой устройство с уплотнением по цилиндрической поверхности и состоит из корпуса и заглушки с пружиной и стопором. Пружина создает усилие, необходимое для герметичности уплотняемых поверхностей.

Фиксация заглушки происходит сочленением граней квадратного выступа на стопоре и прямоугольного паза в корпусе. Все элементы ресивера изготовлены из титанового сплава.

В конструкции компрессора низкого давления предусмотрен отбор воздуха из второй ступени ($d_y=10$ мм) для охлаждения приборов: свечей зажигания, термопар замера T_g , узла установки вибродатчика на опоре турбины.

Основные детали сборочных единиц выполнены из титанового сплава.

2.2 Компрессор высокого давления

Семиступенчатый осевой компрессор высокого давления (рис. 12) включает в себя: ротор КВД, и статор КВД. На рис. 13 -15 представлены 3D-изображения КВД и его деталей, наглядно показывающее конструкцию этой сборочной единицы. Из рис. 13 можно легко представить конструкцию ресиверов 1 КПВ и 2, бандажные полки 3 рабочих лопаток первой ступени, передний 4 и задний 5 валы, а также фланец 6 крепления КВД к средней опоре. На

рис. 14 виден посадочный бурт 1 диска 3 ступени, ряды 2 и 3 крепежных отверстий, а также наклонные пазы 4 для крепления рабочих лопаток. Из рис. 15 видно, что передний вал КВД

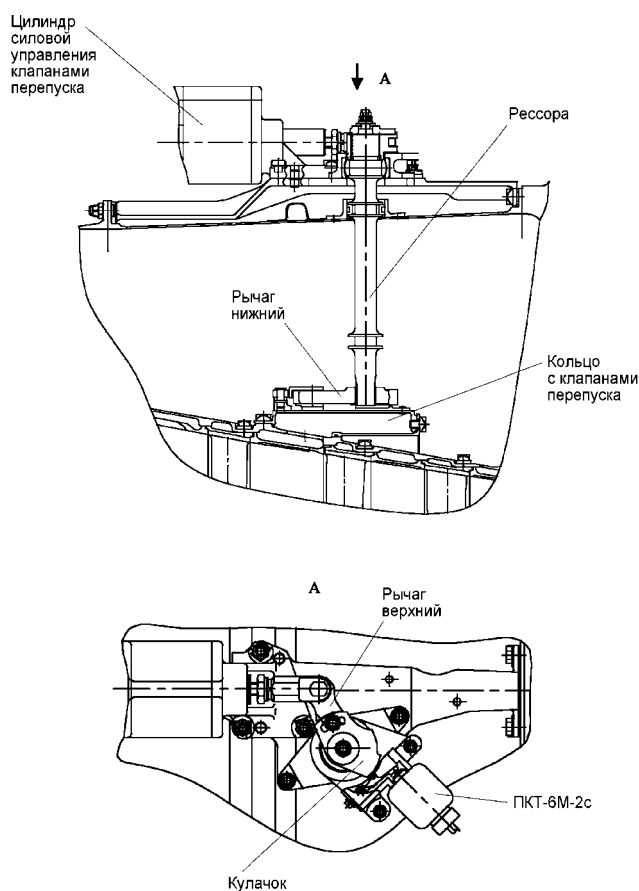


Рис. 11. Кольцо перепуска воздуха КНД

имеет упорный бурт 1, наклонную диафрагму 2 с отверстиями 3 для подачи охлаждающего воздуха к турбинной опоре, а также фланец 4 с отверстиями 5 для соединения с диском 3 ступени, причем эти отверстия должны совпадать с отверстиями 3 (рис. 14) диска.

Ротор (рис. 16) состоит из семи рабочих колес, восьми промежуточных колец, шести трактовых колец, переднего вала и воздухоразделительной трубы.

Ротор барабанно-дисковой конструкции. Ротор компрессора высокого давления совместно с турбиной высокого давления – двухопорный. Ротор передним валом опирается на радиально упорный шариковый подшипник, расположенный в средней опоре, задним валом турбины опирается на радиальный роликовый межвальный подшипник. К фланцу седьмого промежуточного кольца ротора компрессора высокого давления крепится вал турбины высокого давления. Крутящий момент и осевые силы от турбины передаются через центрирующие болты.

Передний вал закреплен к диску колеса третьей ступени компрессора. Центрирование вала с диском осуществляется по цилиндрическому пояску посадкой с натягом. На валу выполнены резьба для крепления пакета деталей шарикового подшипника и шлицы, передающие крутящий момент шестерне привода агрегатов. Два передних колеса закреплены на промежуточных кольцах консольно. Коническое промежуточное кольцо, установленное между дисками третьей и четвертой ступеней компрессора, передает осевое усилие на радиально-упорный шариковый подшипник и обеспечивает изгибную жесткость ротора. Центрирование промежуточных колец с дисками осуществляется центрирующими болтами. На все трактовые кольца, кроме кольца шестой ступени, нанесено легкосрабатываемое покрытие.

Рабочие колеса состоят из дисков и установленных в диски лопаток. На рабочих лопатках первой ступени выполнены antivибрационные полки. На контактные поверхности полок нанесено износостойкое покрытие. Антивибрационные полки обеспечивают вибрационную прочность лопаток в условиях воздействия возмущений в потоке воздуха от ребер средней опоры.

Лопатки ротора закреплены в дисках хвостовиками типа «ласточкин хвост». Лопатки зафиксированы в осевом направлении торцами трактовых колец. Лопатки первого, пятого и седьмого рабочих колес зафиксированы в осевом направлении в одну сторону пластинчатыми контровками.

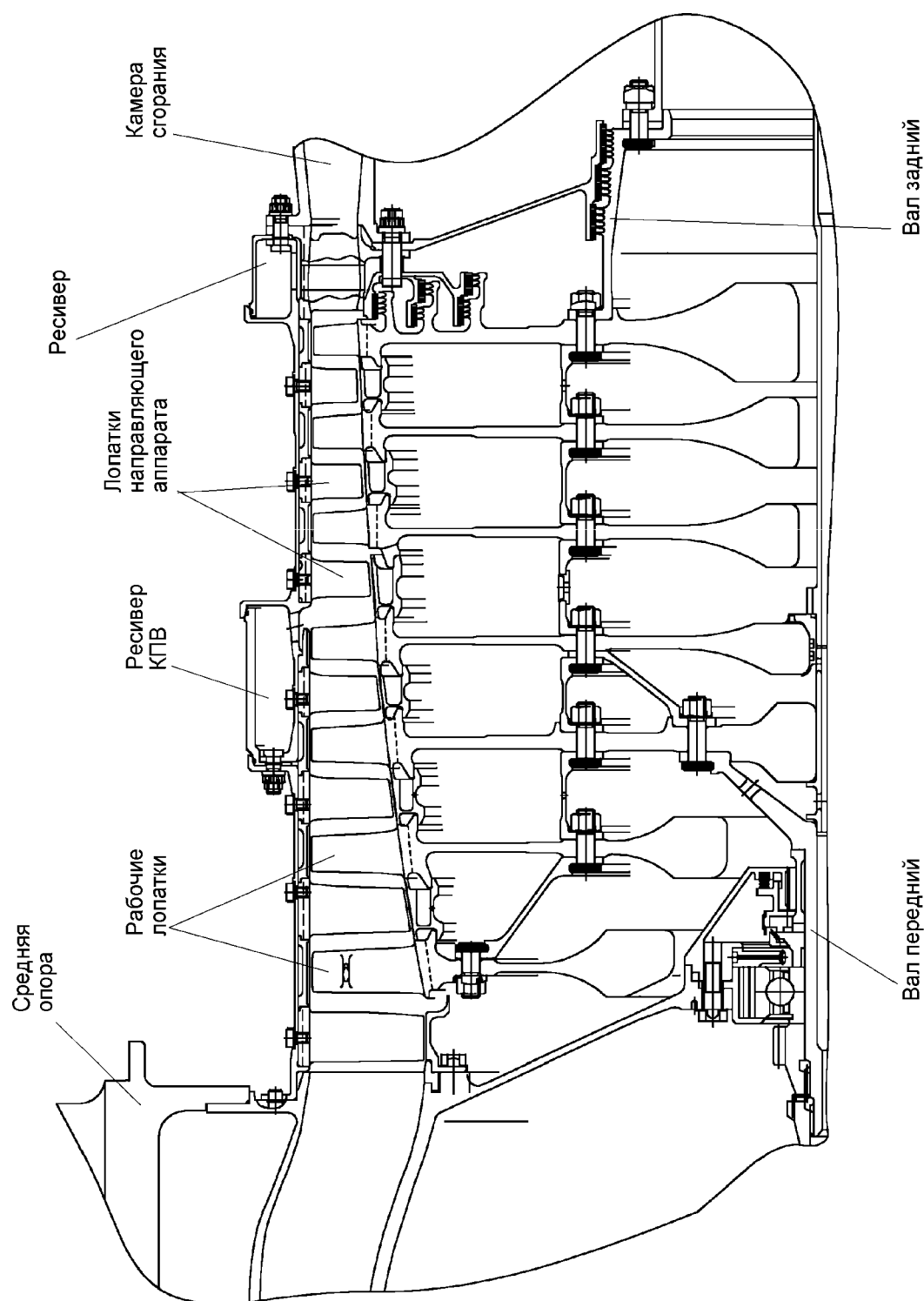


Рис. 12. КВД

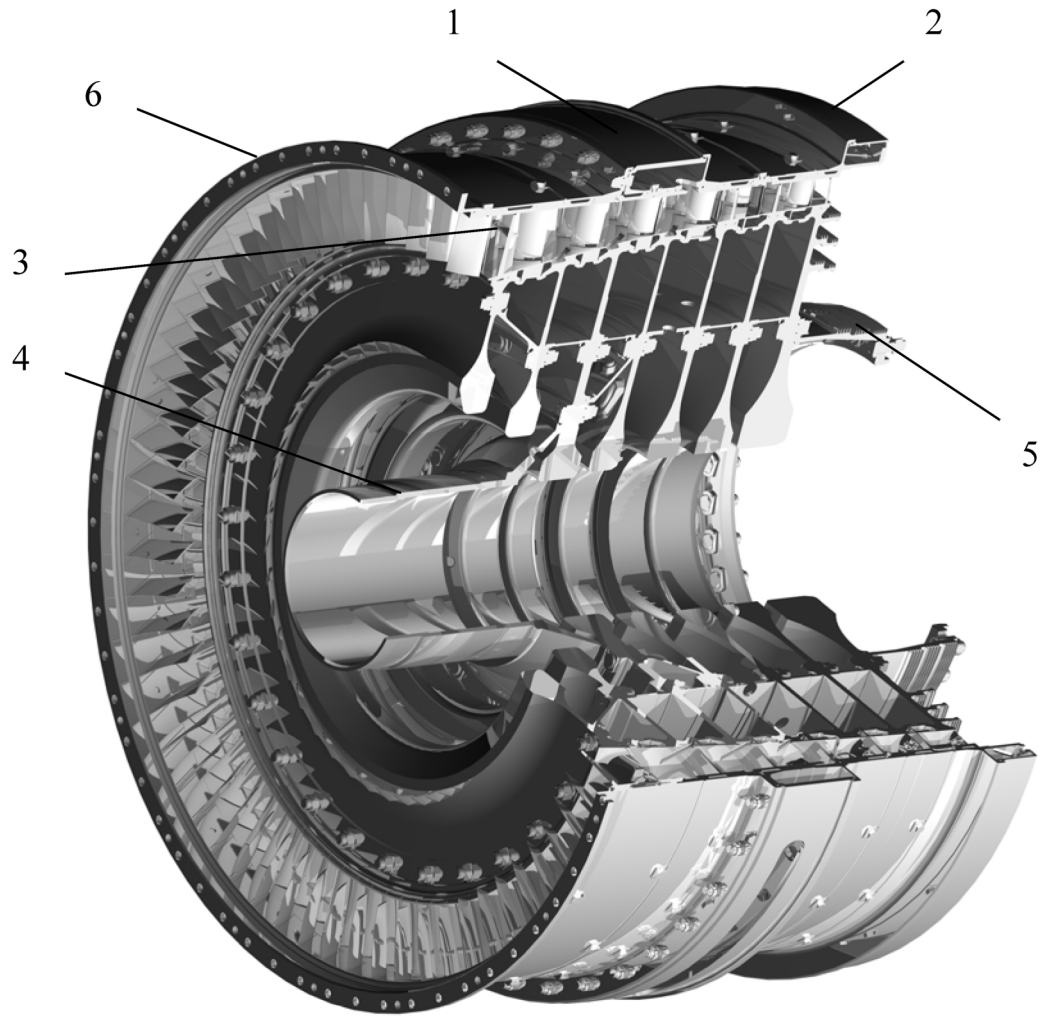


Рис. 13. Компрессор ВД

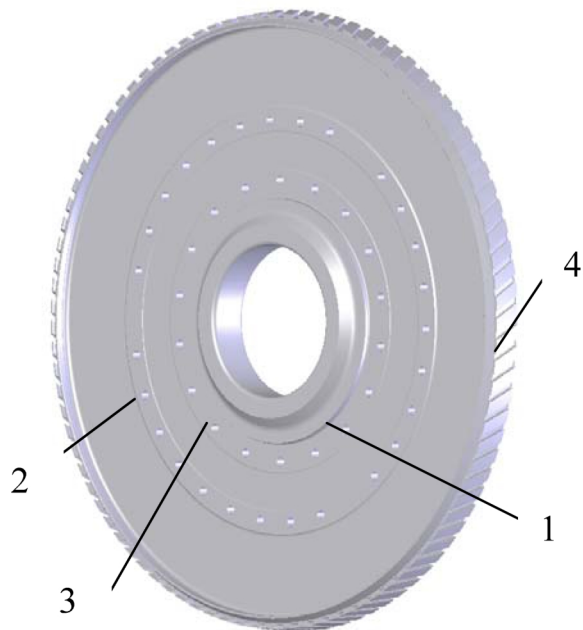


Рис. 14. Диск 3-й ступени КВД

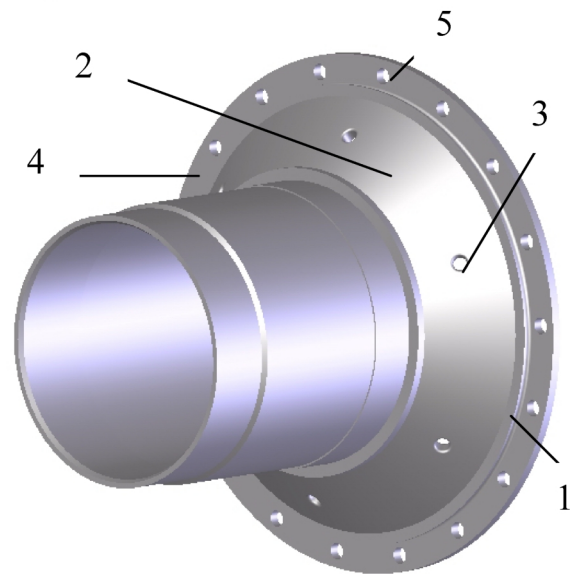


Рис. 15. Вал КВД

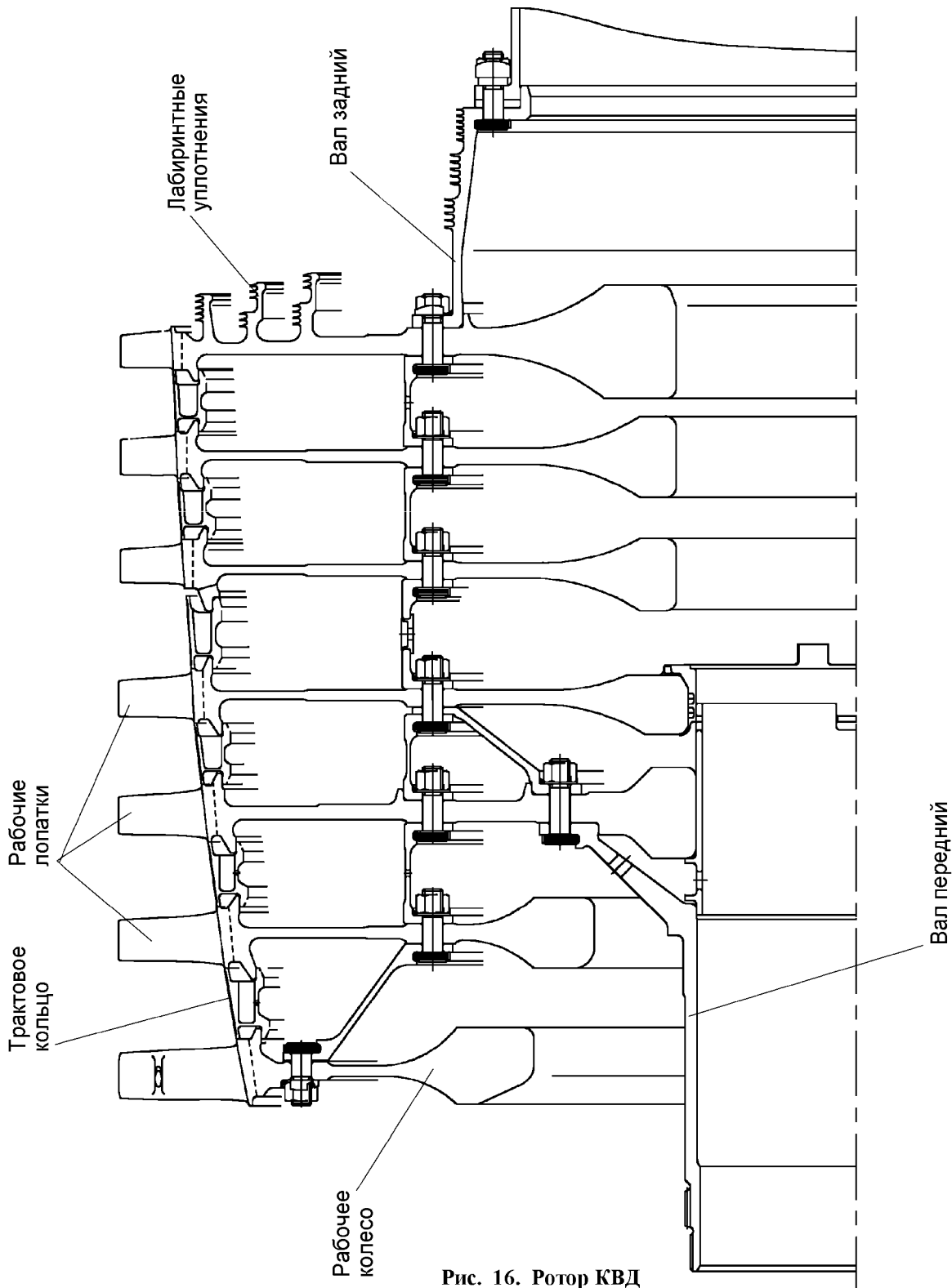


Рис. 16. Ротор КВД

Через кольцевую щель перед пятым колесом внутрь ротора отбирается воздух. Далее он проходит по полости, образованной воздухоразделительной трубой, охлаждает диски последних ступеней и поступает на наддув лабиринтов турбины. Труба сцентрирована с одной стороны по втулке диска четвертой ступени компрессора, с другой стороны - по втулке диска турбины высокого давления.

Для обеспечения допустимой осевой силы, действующей на радиально-упорный подшипник, за компрессором между седьмым рабочим колесом и корпусом лабиринтов камеры сгорания организована разгрузочная полость. Сброс давления воздуха из разгрузочной по-

лости осуществляется через пустотелые лопатки направляющего аппарата седьмой ступени. Для изоляции разгрузочной полости от проточной части на диске седьмого рабочего колеса и проставке седьмой ступени выполнены по три ряда лабиринтов, которые с ответными кольцами создают лабиринтные уплотнения. Ограничительная втулка служит для предотвращения сцепления ротора КНД с ротором КВД изделия в случае разрушения вала турбины НД. Втулка центрируется по внутренним поверхностям вала и диска колеса 3-й ступени, ее осевое перемещение ограничивается упорными буртиками и торцами переднего вала и диска.

Статор компрессора высокого давления (рис. 17) состоит из переднего и заднего кор-

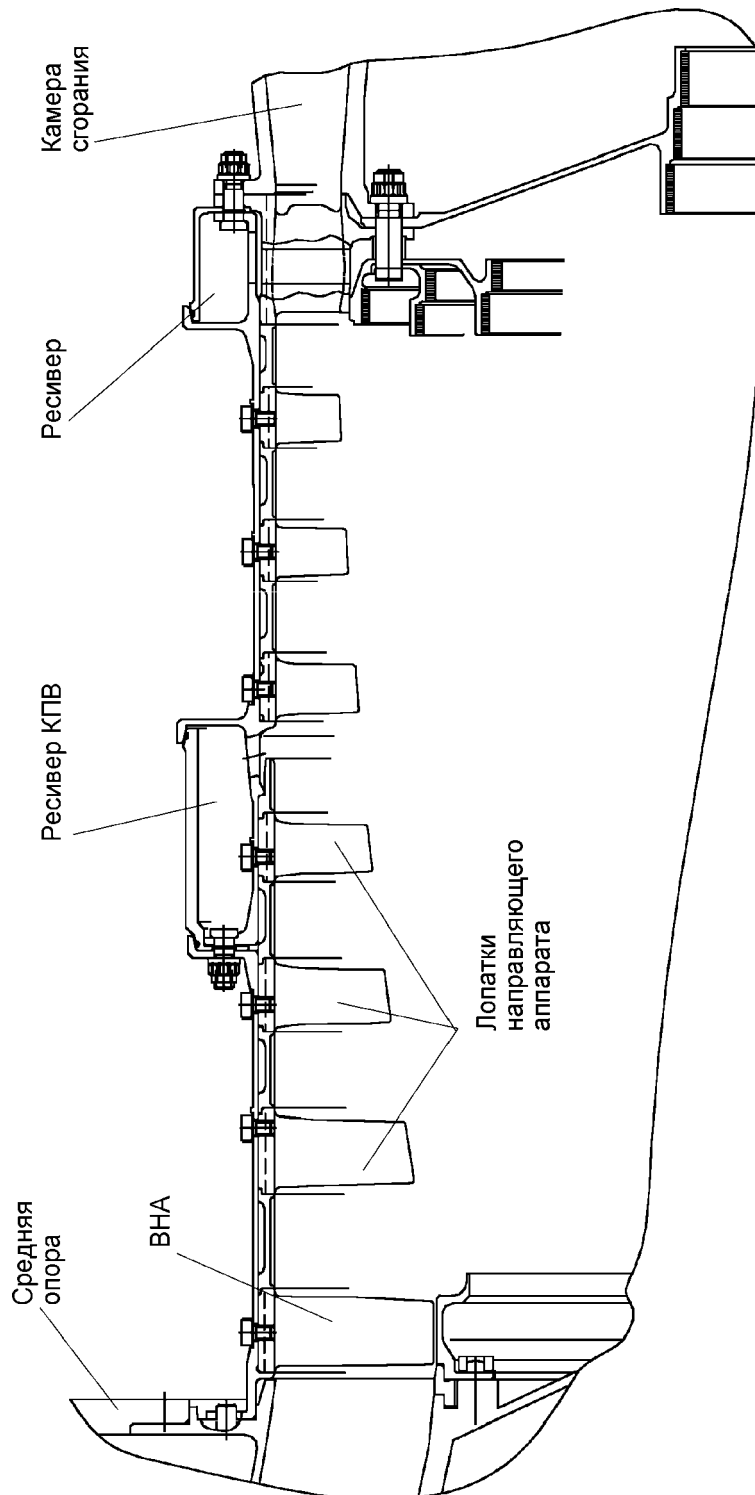


Рис. 17. Статор компрессора ВД

пусов, входного направляющего аппарата, семи направляющих аппаратов, семи рабочих колец, ресивера с патрубками перепуска воздуха и патрубками отбора воздуха, лючки осмотра газоздушного тракта. Корпуса и направляющий аппарат седьмой ступени входят в силовую схему двигателя. На корпуса действуют неуравновешенные осевые силы и крутящий момент от газовых сил компрессора, турбины и камеры сгорания. Лопатки 7-го направляющего аппарата имеют внутренние полки с проушинами. Внутренние полки образуют втулочный тракт аппарата. К проушинам крепятся болтами лабиринтные кольца с сотовыми уплотнениями.

В корпусах смонтированы направляющие аппараты и рабочие кольца. Лопатки всех направляющих аппаратов, кроме направляющего аппарата седьмой ступени, закреплены в наружных кольцах хвостовиками типа «ласточкин хвост». Лопатки от осевого перемещения фиксируются торцами рабочих колец. На всех рабочих кольцах нанесено легкосрабатываемое покрытие.

Направляющие аппараты от проворота закреплены к корпусам радиальными болтами. Рабочие кольца от проворота фиксируются пазами, которые выполнены на торцах хвостовиков лопаток направляющих аппаратов. Рабочие кольца центрируются по наружным кольцам направляющих аппаратов.

Воздух из проточной части за рабочим колесом четвертой ступени компрессора через кольцевую щель и окна в корпусе поступает в ресивер. Из этого ресивера производится отбор воздуха на нужды турбины. На этом же ресивере расположены патрубки для подвода воздуха к клапанам перепуска воздуха. На статоре компрессора высокого давления выполнены четыре лючки для осмотра лопаточной части ротора компрессора специальным оптическим прибором.

На рис.18 и 19 представлены 3D-изображения торцовых контактных уплотнений (ТКУ) и радиальных ТКУ (РТКУ). Основной элемент ТКУ – пара трения, состоящая из вра-

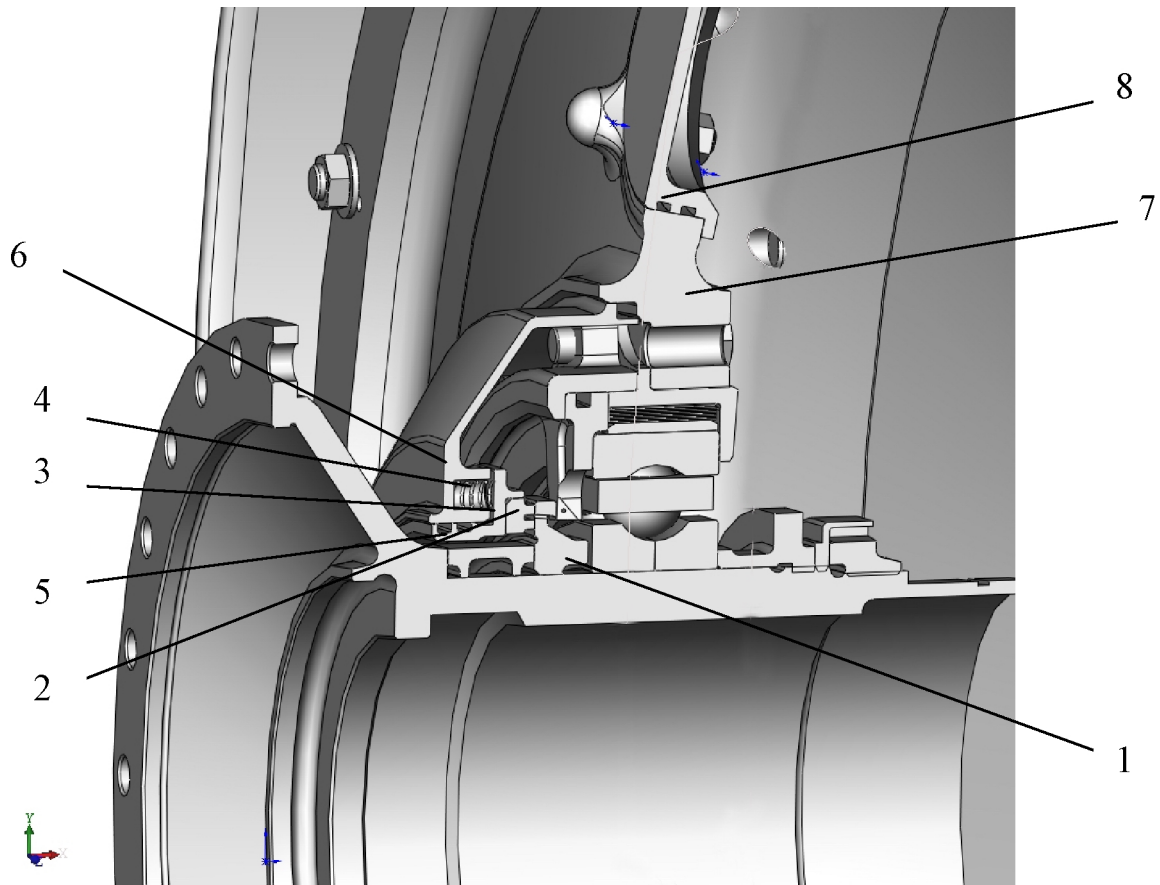


Рис. 18. Опора ротора с ТКУ

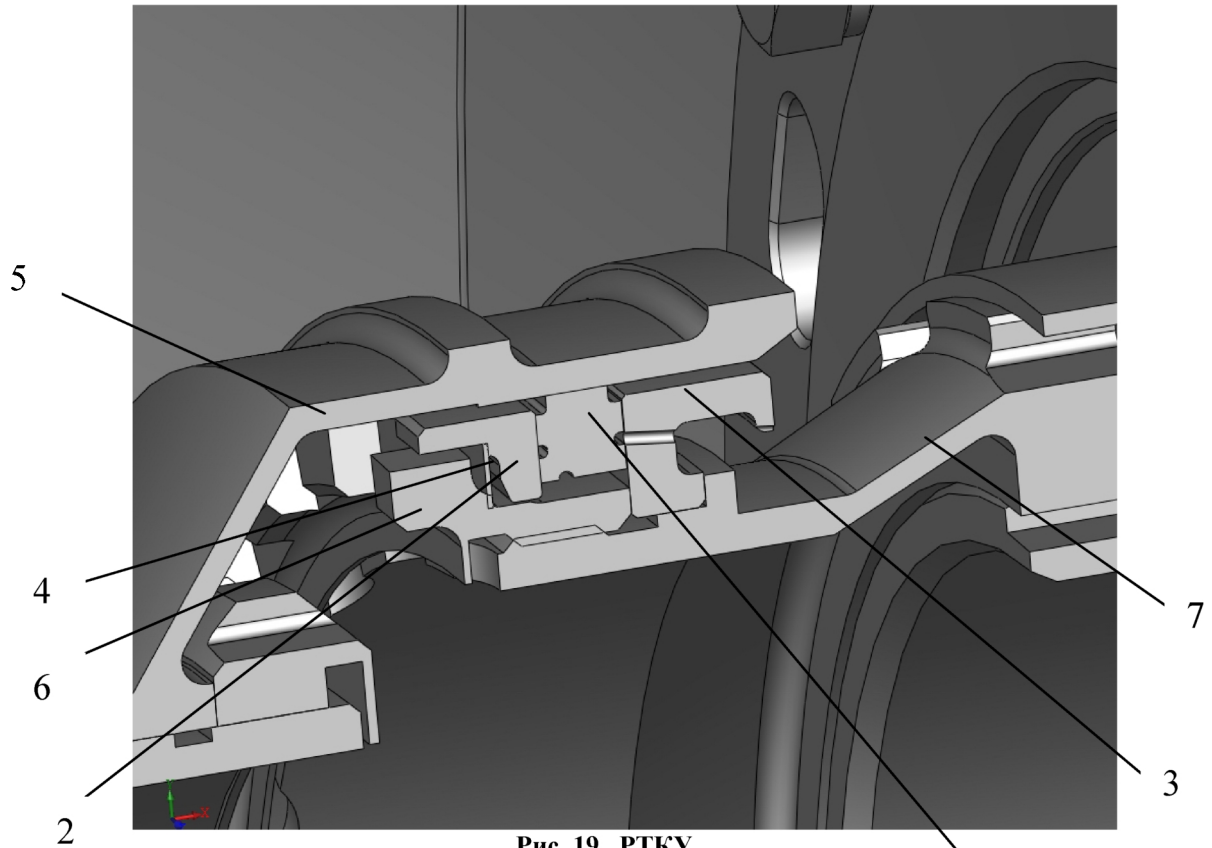


Рис. 19. РТКУ

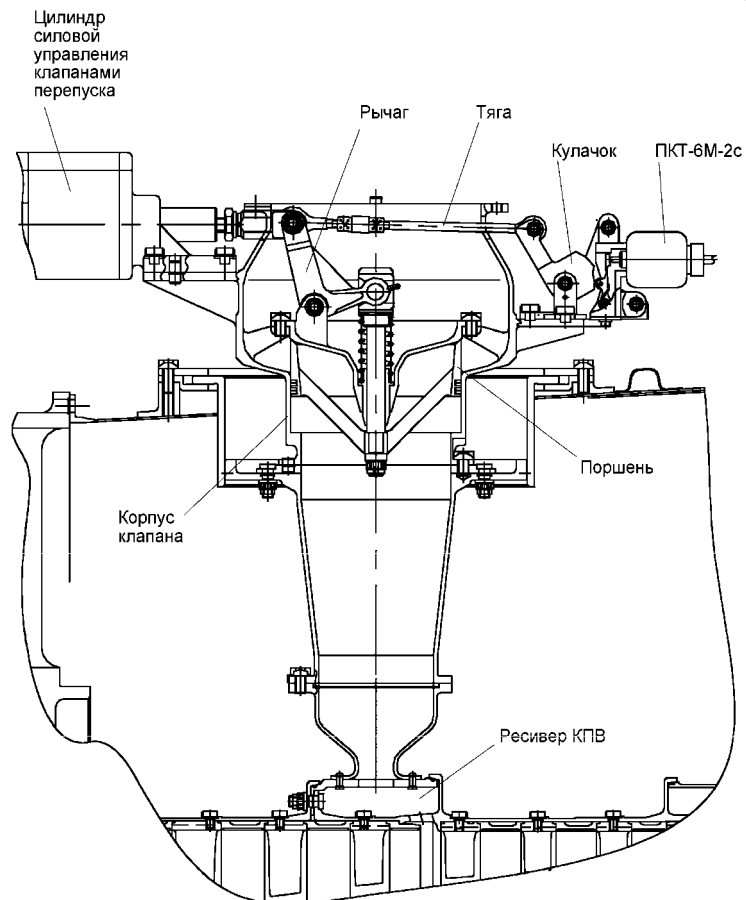


Рис. 20. Клапан перепуска воздуха КВД

шающегося стального кольца 1 и невращающегося графитового кольца 2, закрепленного в обойме 3. Графитовое кольцо вместе с обоймой устанавливается подвижно в осевом направ-

лении, поджатие к кольцу 1 осуществляется с помощью пружин 4, а уплотнение возвратно-поступательных перемещений - резиновыми кольцами 5. Все уплотнение монтируется в крышке 6, закрепленной на силовом кольце 7, монтируемом в диафрагму 8 передней опоры.

РТКУ (рис. 19) уплотняет полости между роторами КНД и КВД. Оно состоит из графитового кольца 1, к обоим торцам которого поджимаются стальные кольца 2 и 3. К кольцу 3 графит поджимается давлением воздуха, находящимся в полости вала НД, а кольцо 2 к графиту – за счет силы упругости кольца 4. Графитовое кольцо уплотняет по торцовым поверхностям и цилиндрической поверхности, которой оно вставляется во втулку 5 вала КНД. На валу КВД РТКУ фиксируется гайкой 6 до упора в буртик 7. Смазка торцевой зоны трения осуществляется через отверстия 8.

В качестве клапанов перепуска воздуха (рис. 20) используются два гильзовых клапана с приводом от гидроцилиндра.

3 КАМЕРА СГОРАНИЯ

Блок камеры сгорания предназначен для подвода тепла к воздуху сжатому в компрессоре. Камера сгорания выполнена в соответствии с рисунками 21 - 25. Корпус наружной камеры сгорания 10 (рис. 21) является силовым узлом двигателя, воспринимающим осевые нагрузки, крутящий и изгибающий моменты и усилия от внутреннего давления. Корпус выполнен точеным из жаропрочного нержавеющей сплава. На корпусе имеются фланцы для установки форсунок, воспламенителей, подвесок, лючка осмотра и штуцеров. Корпус наружный задний 14 воспринимает те же нагрузки, что и корпус камеры сгорания. Корпус внутренний 17 сварной из точеных фланцев и листовой обечайки. Корпуса 10 и 17 образуют диффузор камеры сгорания.

Жаровая труба 11 кольцевого типа, сварной конструкции состоит из отформованных листовых секций, соединенных контактной сваркой с наружным 15 и внутренним 16 кожухами, и приваренных к ним дуговой сваркой двух полуплит 18. В передней части жаровой трубы 11 установлены горелки 19 первого и второго контуров. Горелки 19 вставлены в отверстия полуплит 18 и затянуты гайками, соединяя наружный и внутренний кожуха. На кожухах 15 и 16 установлено по 60 воздухоподводящих патрубков 13 для разбавления продуктов сгорания до необходимой температуры и обеспечения потребных характеристик температурного поля (радиальной эпюры, окружной неравномерности). Охлаждение кожухов жаровой трубы конвективно-пленочное. На кольцах кожухов отформованы кольцевые зиги, в которых выполнены отверстия для подачи охлаждающего воздуха. В передней части наружного кожуха выполнено одно отверстие для осмотра камеры сгорания и соплового аппарата турбины, два отверстия под воспламенитель и восемь бобышек для установки пальцев подвески жаровой трубы в наружный корпус. Соединение жаровой трубы с сопловым аппаратом турбины телескопическое - для компенсации тепловых расширений камеры сгорания.

Форсунки 20 установлены в корпусе камеры сгорания по подвижному соединению. На форсунку установлена уплотняющая сфера 2, упругие шайбы 1, поджимаемые с определенным усилием гайкой 4, и стакан 3, неподвижно закрепленный на корпусе. Упругие шайбы компенсируют износы деталей уплотнения форсунки.

Соединение жаровой трубы с корпусом выполнено подвижным. В бобышки жаровой трубы ввернуты пальцы 6, на которые установлены самоустанавливающиеся сферы 2 и кольца 5. Для компенсации износа обоймы поджимаются тарельчатыми пружинами 8. Все детали подвески установлены в неподвижно закрепленный на корпусе 10 корпус подвески 7.

Для подвода топливного газа к форсункам установлены два коллектора с подводными трубопроводами. Коллекторы одинаковой конструкции, выполнены сварными из трубы и точеного кольца. На коллекторе имеется подводный патрубок, 14 штуцеров, установленных на винтах, и шесть мест крепления узлов подвески 7 и 8 (рис. 22) коллектора к корпусу.

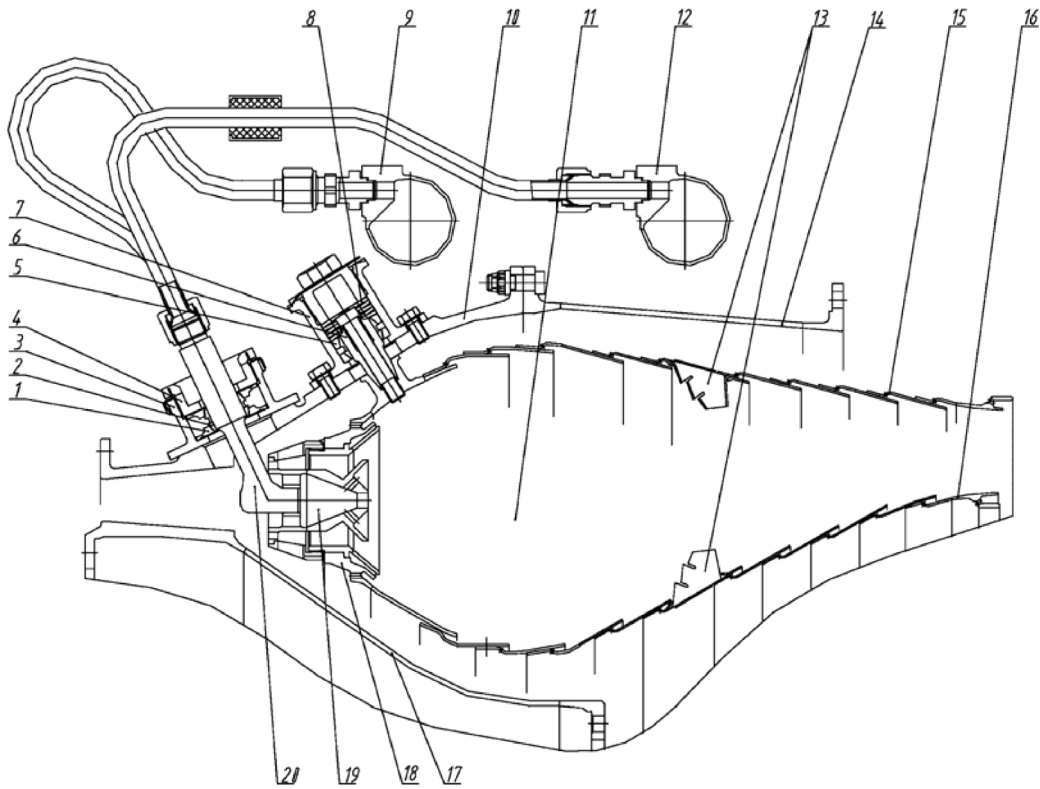


Рис. 21. Камера сгорания:

1 – шайба; 2 – сфера; 3 – стакан; 4 – гайка; 5 – кольцо; 6 – палец; 7 – корпус подвески; 8 – пружина тарельчатая; 9 – коллектор; 10 – корпус наружный; 11 – труба жаровая; 12 – коллектор; 13 – патрубки воздухоподводящие; 14 – корпус наружный задний; 15 – кожух наружный; 16 – кожух внутренний; 17 – корпус внутренний; 18 – полуплита; 19 – горелка; 20 – форсунка

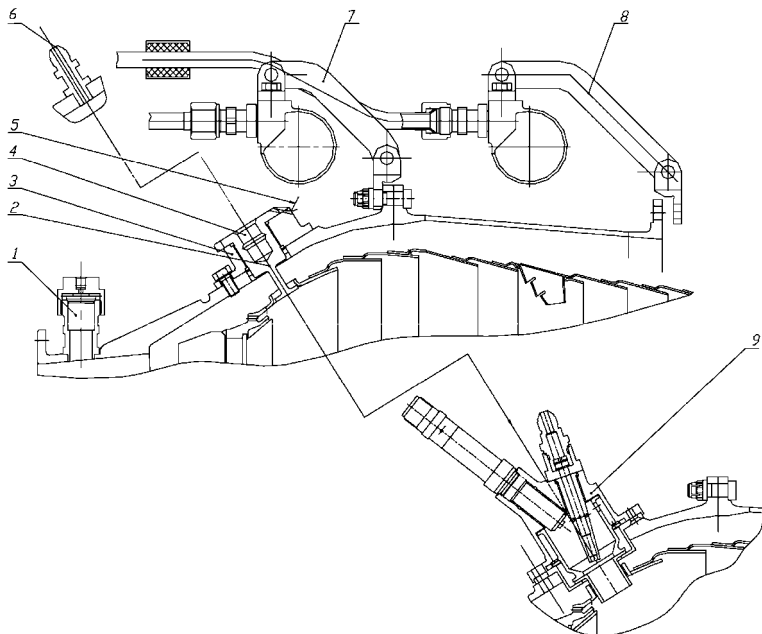


Рис. 22. Размещение воспламенителя и подвеска коллекторов:

1-штуцер; 2-лючок осмотра камеры сгорания и соплового аппарата турбины; 3-фланец; 4-резьбовая заглушка; 5-контровочная проволока; 6-штуцер; 7-подвеска коллектора первого контура; 8-подвеска коллектора второго контура; 9-воспламенитель

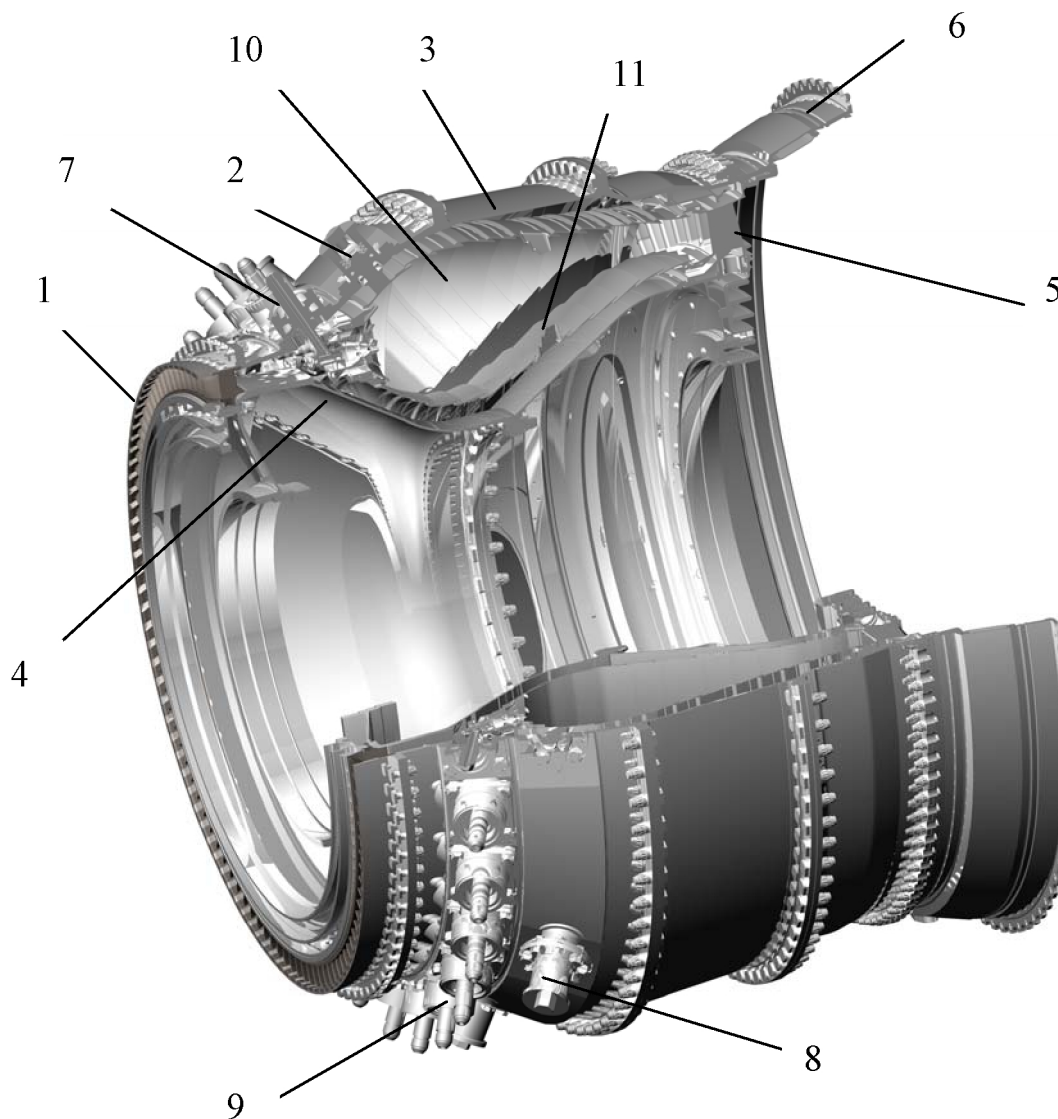


Рис. 23. Блок камеры сгорания

На камеру сгорания установлены два воспламенителя 9.

На рис. 23 показано трехмерное изображение блока камеры сгорания, на котором видны спрямляющий аппарат 1 КВД, наружный 2, задний 3, внутренний 4 корпуса камеры сгорания и первый сопловой аппарат 5 с кольцом 6 турбины ВД. Хорошо видны также такие детали и узлы камеры, как воспламенитель 7, палец 8, форсунки 9 и жаровая труба 10 с воздухоподводящими патрубками 11.

Горелка состоит из завихрителей 4, 5, 6, гайки 7, стабилизатора 8 и диффузора 9 (рис. 24). Форсунка состоит из собственно форсунки 2, шнека 3 и жиклера 1.

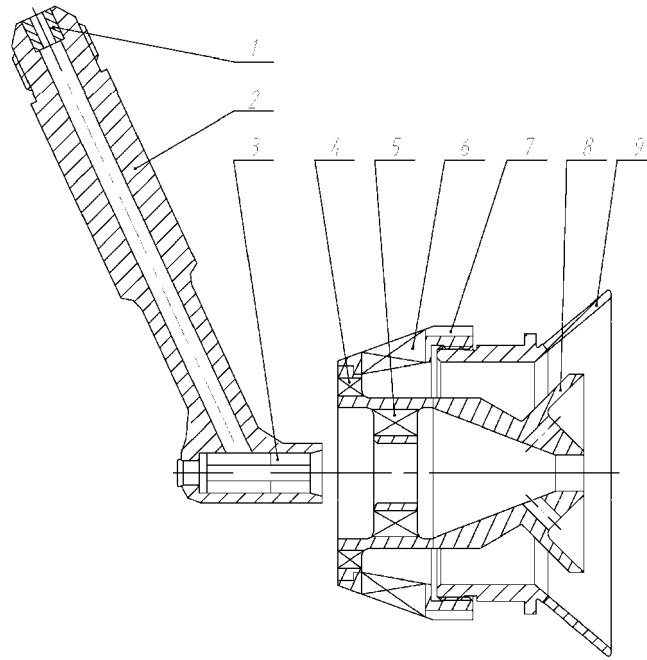


Рис. 24. Горелка:

1 – жиклер; 2 – форсунка; 3 – шnek; 4, 5, 6 – завихрители; 7 – гайка;
8 – стабилизатор; 9 – диффузор

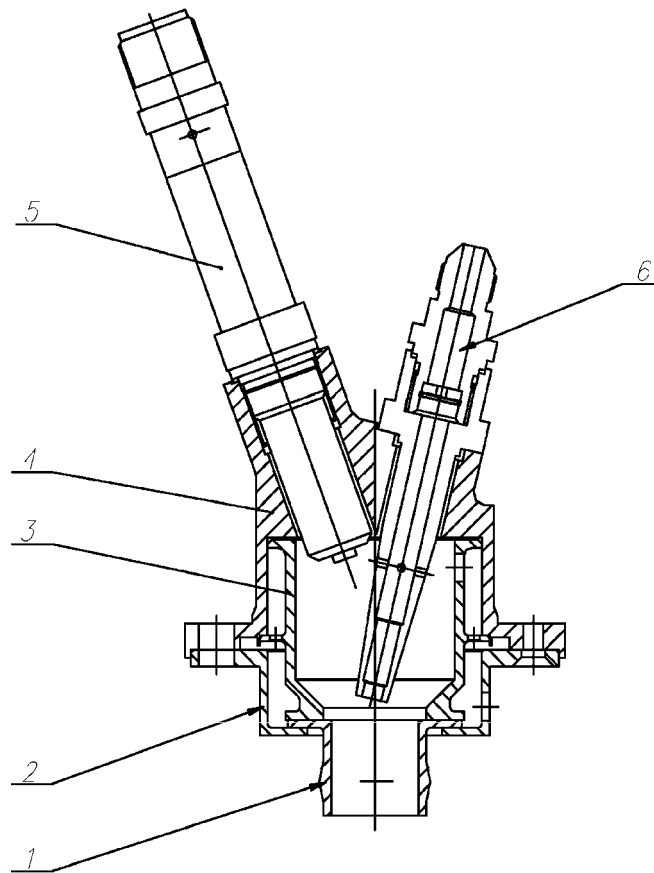


Рис. 25. Воспламенитель:

1 – сопло; 2 – втулка; 3 – камера; 4 – корпус; 5 – свеча электрическая; 6 – форсунка

Воспламенители состоят из корпуса 4 (рис. 25), камеры 3, сопла 1, пусковой форсунки 6 и свечи 5. Сопло 1 выполнено в виде плавающей втулки для компенсации температурных перемещений. Корпус воспламенителя литой с двумя бобышками для установки пусковой форсунки и свечи. Пусковая форсунка состоит из собственно форсунки и штуцера с дозирующим жиклером. Свеча СП-99НК – полупроводниковая поверхностного разряда.

4 ТУРБИНА

Турбина двигателя состоит из двух частей: из турбины газогенератора и СТ. Турбина (рис. 26) выполнена из следующих основных узлов: турбины ВД, турбины НД, опоры турбины, составляющих собой турбину газогенератора, и СТ.

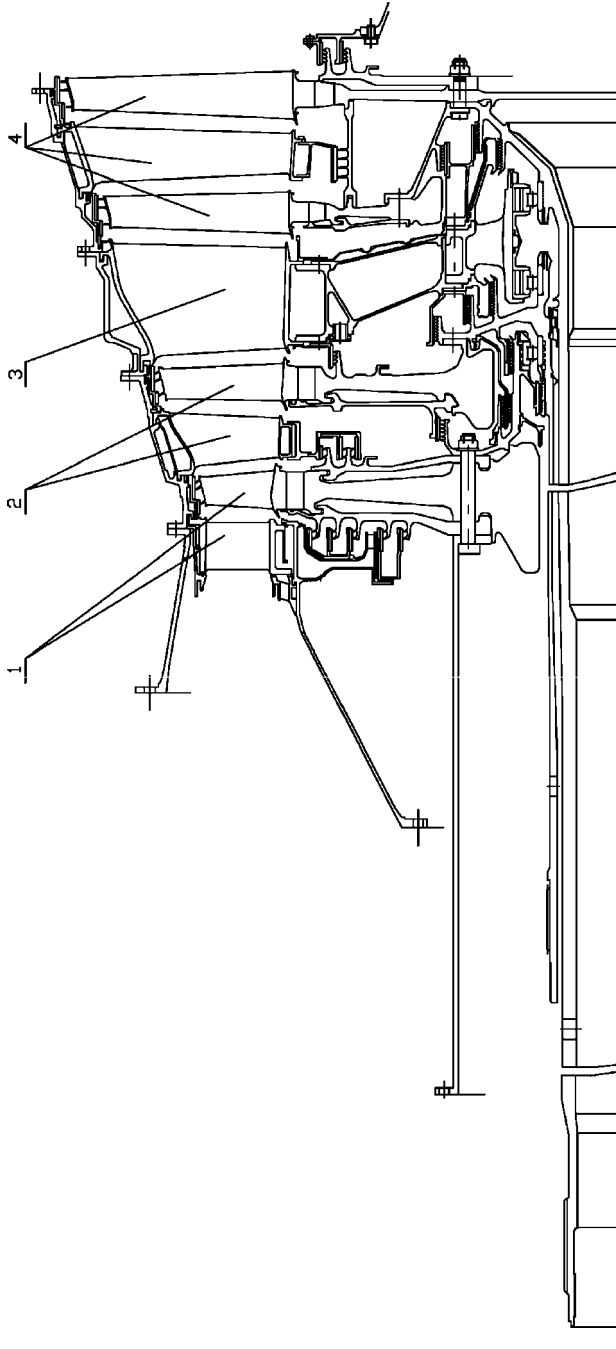


Рис. 26. Турбина:

1 – турбина ВД; 2 – турбина НД; 3 – опора турбины; 4 – силовая турбина

Турбина газогенератора - двухкаскадная, двухступенчатая, осевая, реактивная. Первый каскад - турбина ВД (1-я ступень), приводящая во вращение компрессор ВД, второй каскад - турбина НД (2-я ступень), приводящая во вращение компрессор НД. Силовая турбина двухступенчатая (3-я и 4-я ступени), приводит во вращение силовой и вспомогательный электрогенераторы.

Опорами роторов каскада ВД являются: межвальный роликовый подшипник, расположенный между валами турбин ВД и НД, и шариковый, расположенный в корпусе средней опоры двигателя.

Опорами роторов каскада НД являются роликовый подшипник, установленный в опоре турбины, и задний вал компрессора НД. Опорами ротора СТ являются роликовый подшипник, установленный в опоре турбины, и шариковый, расположенный в корпусе передней опоры двигателя. Опора турбины расположена между вторым и третьим рабочими колесами и совмещена с третьим сопловым аппаратом.

Рабочие и сопловые лопатки всех ступеней - литые. В периферийной части рабочих лопаток предусмотрены бандажные полки, снижающие вибрационные напряжения на лопатках и увеличивающие КПД турбины. В полости между удлиненными ножками рабочих лопаток ставятся уплотнители, уменьшающие утечки газа из тракта. Кольца и сегменты лабиринтных уплотнений - паяные, сотовой конструкции.

Для обеспечения работоспособности турбины предусмотрено охлаждение сопловых лопаток 1-й ступени, продувка дисков и опоры. Охлаждение сопловых лопаток 1-й ступени осуществляется вторичным воздухом камеры сгорания. Охлаждение конвективно-пленочное. Сопловая лопатка - двухполостная. Воздух в переднюю полость лопатки подводится с двух сторон: снизу - на создание защитной пелены (завесы) входной кромки, сверху - на завесу спинки и корыта. Охлаждение задней полости лопатки - конвективное с вихревой схемой охлаждения зоны выходной кромки лопатки. Воздух в заднюю полость поступает сверху. Рабочие лопатки 1-й ступени, сопловые и рабочие лопатки 2-й ступени неохлаждаемые.

Наддув уплотнений масляной полости опоры производится воздухом, отбираемым из за 8-й ступени компрессора. Для снижения температуры деталей опоры они защищены от горячего газа экранами и теплоизоляцией. Для охлаждения деталей опоры и ротора после останова используется воздух от внешнего источника. Воздух через специальный клапан подается по трубопроводам сброса воздуха в полость опоры. Подача воздуха осуществляется в течение 30 минут после останова двигателя и происходит автоматически.

Подшипники турбины смазываются и охлаждаются маслом, подаваемым масляным насосом по трубопроводам, проходящим внутри сопловых лопаток 3-й ступени, к форсунке. Через отверстия в форсунке масло поступает к демпферам и распределяется на подшипники. Отработанное масло поступает в полость корпуса подшипников и далее по маслоотводящим трубопроводам откачивается масляным насосом.

4.1 Турбина высокого давления

Турбина ВД (рис. 27) – одноступенчатая, включает в себя статор 1 и ротор 2. На рисунках 28-34 представлены изображения ротора и вала турбины.

Ротор турбины ВД (рис. 28) включает в себя вал 1, колесо 2 первой ступени, соединенное с валом стяжными болтами 3. Передним фланцем вал ВД соединяется с ротором компрессора ВД. Центровка с валом и дефлекторами осуществляется по буртикам. Крутящий момент на вал компрессора передается через болты.

Колесо 1-й ступени (рис. 29) включает в себя диск 1, 83 рабочие лопатки 3, передний 2 и задний 4 дефлекторы, задний вал 5. Некоторые из этих деталей хорошо просматриваются на рис. 30, 31. Например (рис. 30), задний вал 1, стяжными болтами 2 и гайками 3 соединенный с задним дефлектором 4 и диском 5, а также рабочие лопатки 6 с бандажными полками 7, размещенными в диске.

Конструкцию заднего вала можно ясно представить себе из рис. 31, на котором видны крепежные отверстия 1, отверстия 2 для прохода охлаждающего воздуха, а также отверстия 3 для наддува лабиринтных уплотнений 4 и гребешки 5 наружных лабиринтных уплотнений. Задний вал разделяет воздушную и масляную полости. Видны также цилиндрическая поверхность 6 с упорным буртом 7, служащие местом посадки наружной обоймы роликового межвального подшипника.

Рабочие лопатки (рис. 32) - литые, полые, имеют бандажную полку 1 с гребешками 2 лабиринтных уплотнений. Видна щель 3 подачи охлаждающего воздуха в замке и щель 4 на задней кромке пера для его выхода. В диске лопатки закрепляются елочным замком 5.

Диск турбины (рис. 33) имеет на ободке пазы 1 под елочные замки. Видны также выступы 2, образующие байонетный замок, фиксирующий передний дефлектор, крепежные отверстия 3 и центрирующий пояс 4.

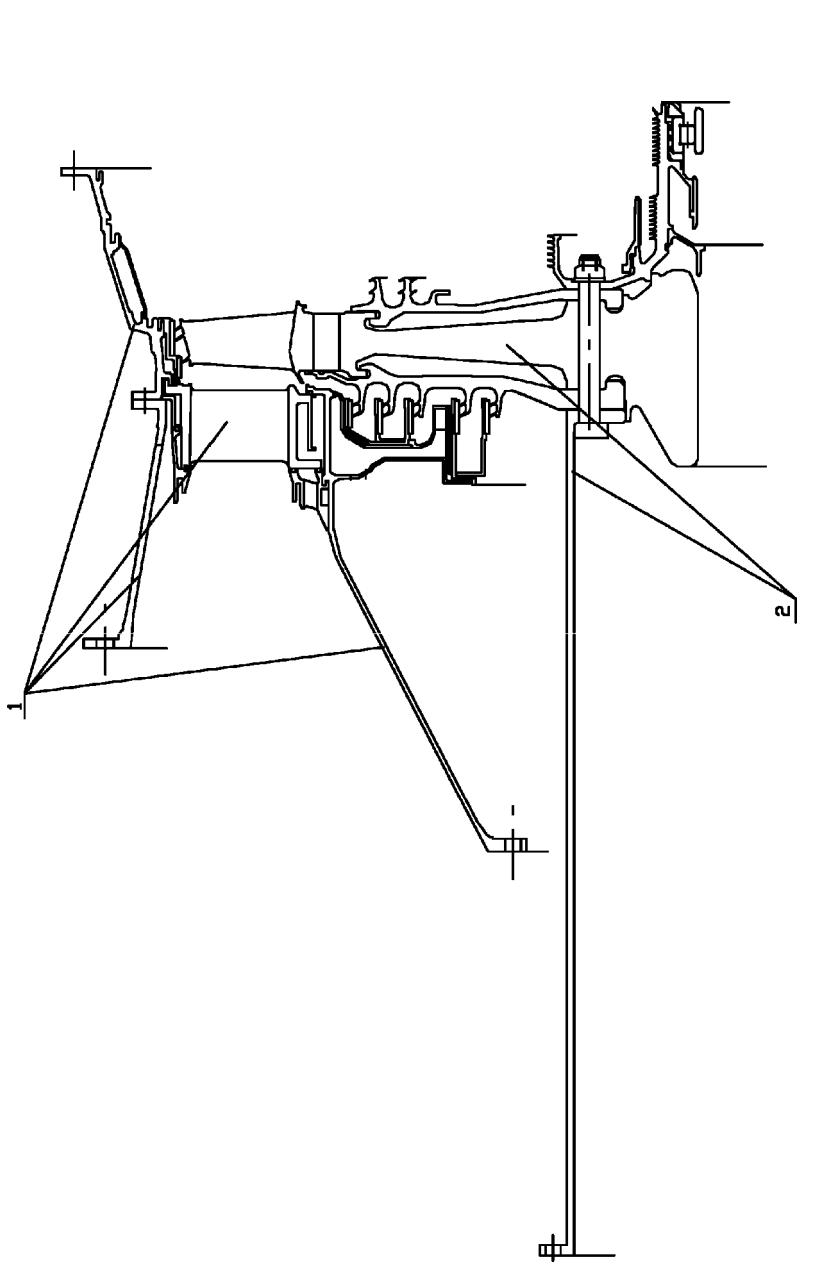


Рис. 27. Турбина ВД

1 – статор; 2 – ротор

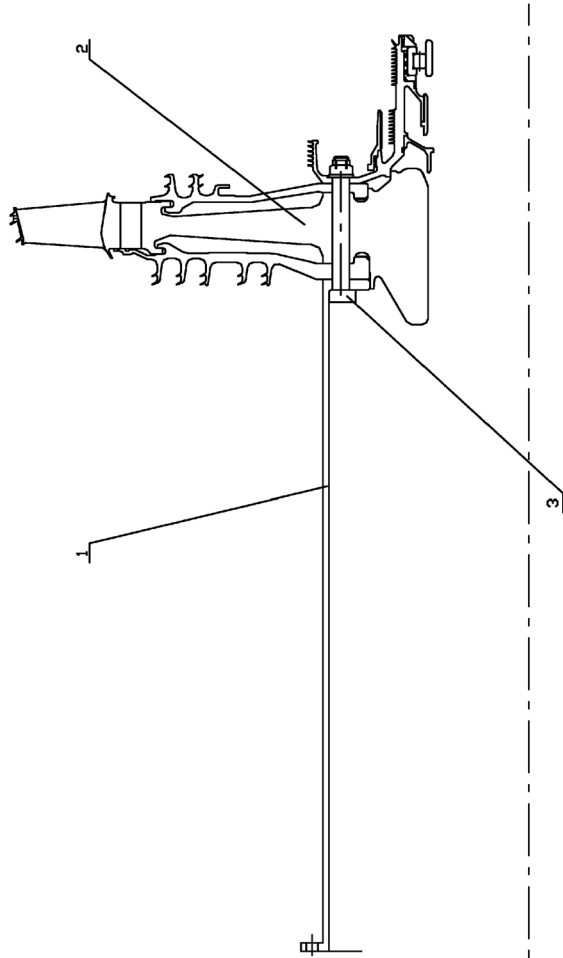


Рис. 28. Ротор ТВД

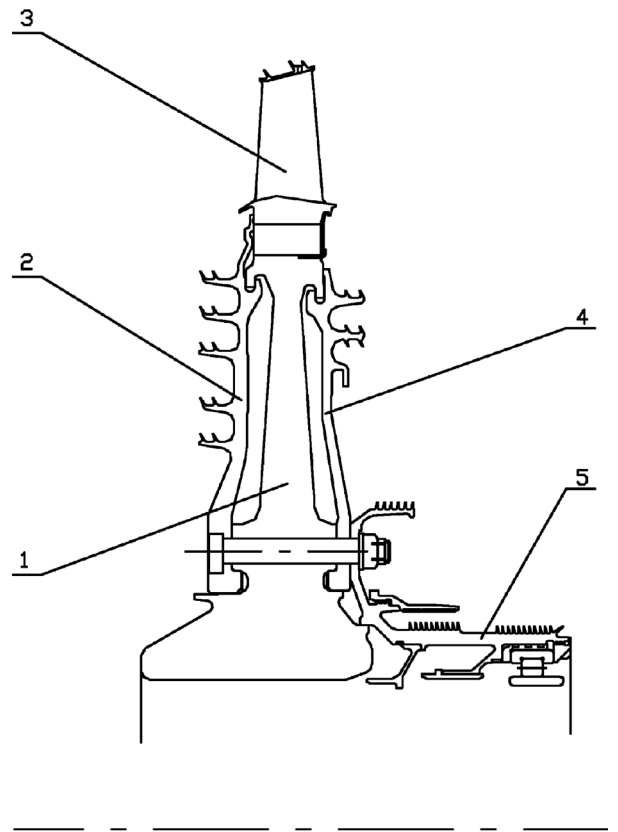


Рис. 29. Ротор ТВД без вала

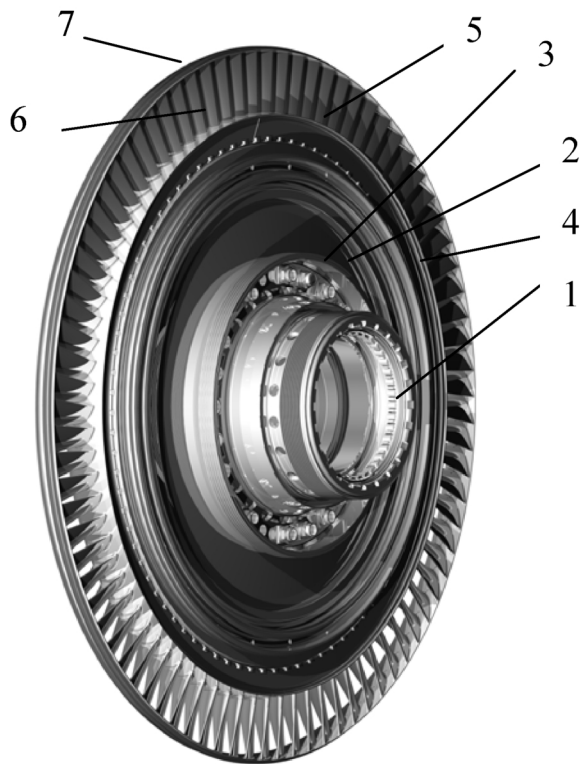


Рис. 30. Ротор турбины ВД

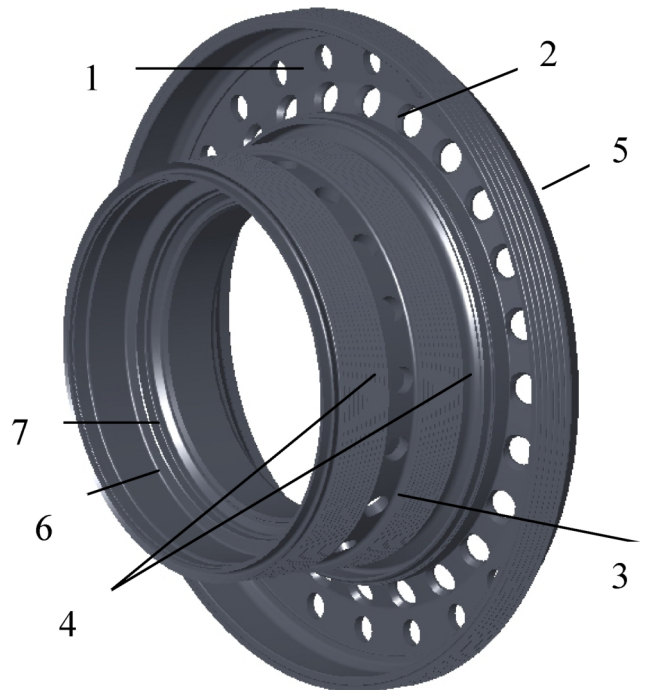


Рис. 31. Задний вал турбины ВД

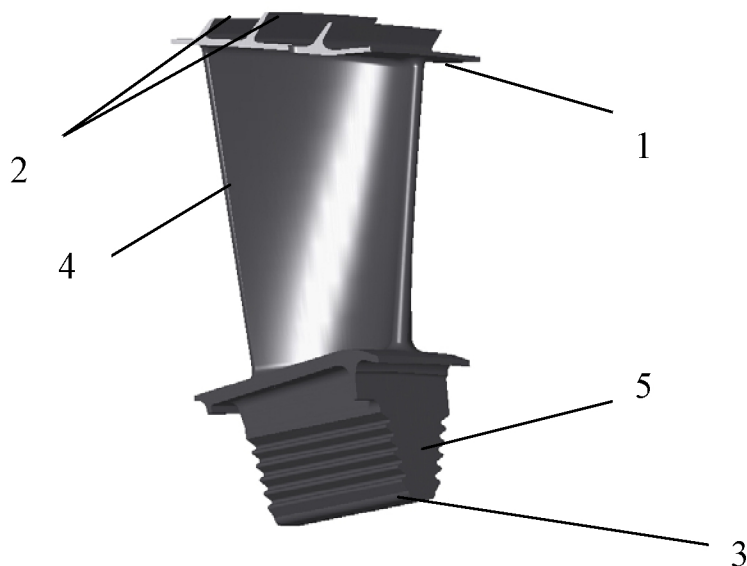


Рис. 32. Лопатка ТВД

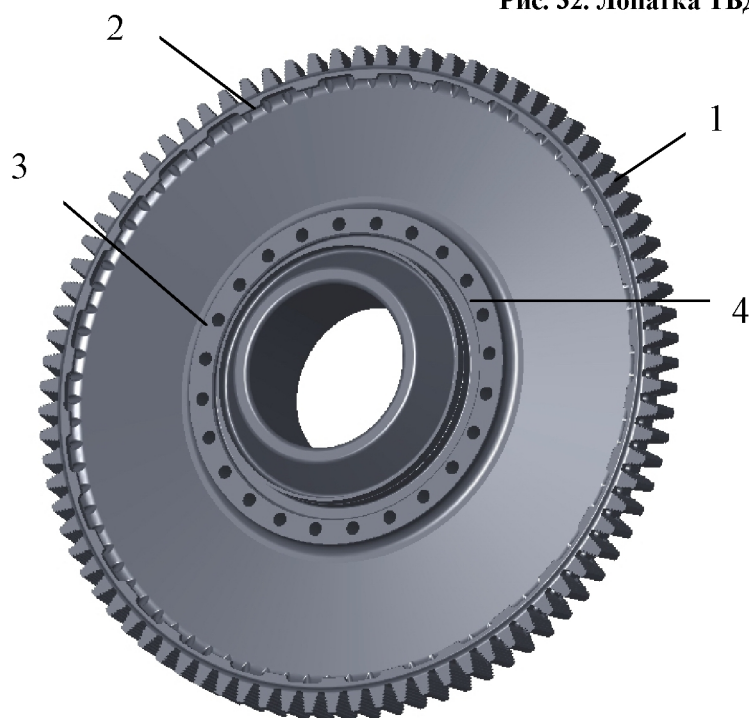


Рис. 33. Диск ТВД

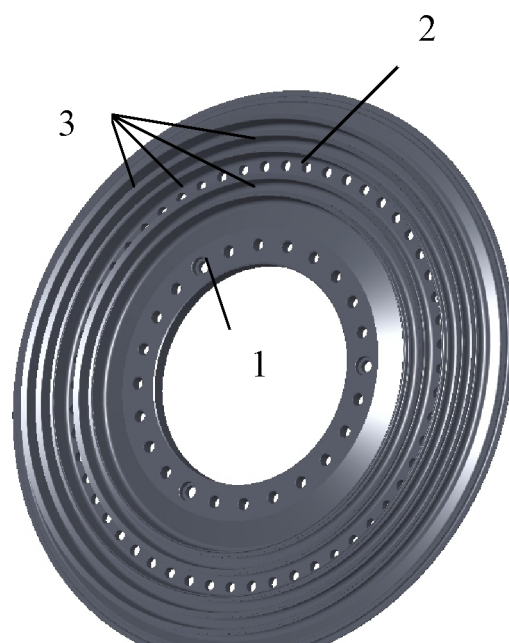


Рис. 34. Дефлектор ТВД

Дефлекторы - тонкостенные, дисковой конструкции, образуют с диском 1-й ступени полости, продуваемые небольшим количеством воздуха, препятствующего втеканию горячего газа из тракта. На рис. 34 показан передний дефлектор. Видны крепежные отверстия 1 для соединения с диском, отверстия 2 для подачи охлаждающего воздуха, а также четыре полки 3 лабиринтных уплотнений.

Основные элементы статора турбины ВД (рис. 35): сопловой аппарат 1-й ступени, сегменты уплотнений. Статор турбины ВД соединяется с наружным и внутренним корпусами камеры сгорания и с опорой турбины.

Сопловой аппарат 1-й ступени (рис. 35) образуют: сорок восемь сопловых лопаток, наружное кольцо статора, наружный козырек, внутренний козырек, внутренний корпус.

Сопловые лопатки - двухполостные, секционного типа, отлиты по три лопатки в секции (рис. 36). Внутренняя полость сопловой лопатки разделена литой перегородкой на переднюю и заднюю. В передней полости выполнены ряды перфорации, предназначенные для создания

защитной пелены на входной кромке, спинке, корыте. В передней полости устанавливается фигурный дефлектор, обеспечивающий подвод воздуха к отверстиям входной кромки со стороны внутренней полки, а к отверстиям на спинке и корыте - со стороны наружной полки. В заднюю полость устанавливается перфорированный дефлектор, который фиксируется развальцовкой на наружной и внутренней полках.

Центрируются сопловые секции в наружном кольце буртиками, выполненными на наружных полках лопаток; в тангенциальном направлении секции фиксируются штифтами. В стыке сопловых лопаток по наружным и внутренним полкам ставятся уплотнительные элементы, уменьшающие утечки газа из тракта. В местах установки сопловых секций имеются торцевые уплотнения.

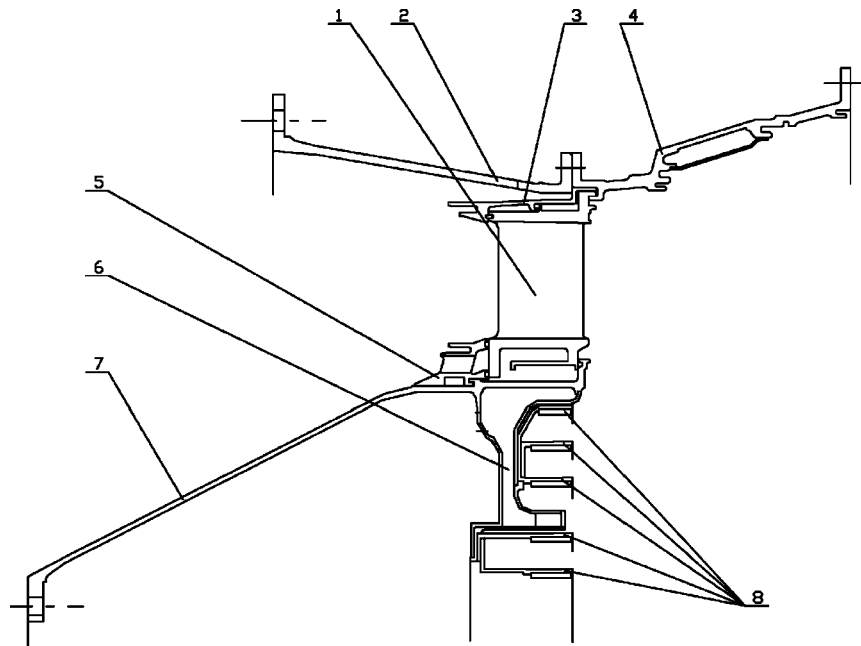


Рис. 35. Сопловой аппарат 1-й ступени:

1 – сопловые секции; 2 – кольцо статора; 3 – наружный козырек; 4 – наружное кольцо; 5 – внутренний козырек; 6 – внутренний корпус; 7 – коническая проставка; 8 – кольца лабиринтных уплотнений.

Кольцо статора с наружным козырьком образует кольцевую полость для подачи охлаждающего воздуха; с наружным кольцом кольцо статора соединяется центрирующими болтами. На наружном козырьке выполнены окна для подачи воздуха на охлаждение спинной и

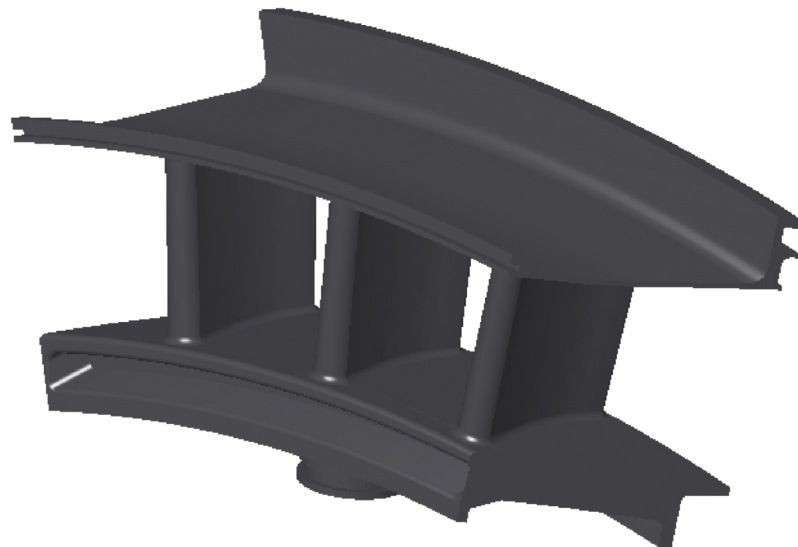


Рис. 36. Секция первых СА

корытной части сопловых лопаток. На внутреннем козырьке выполнены окна для подачи воздуха на охлаждение входных кромок сопловых лопаток. Внутренний корпус является частью внутреннего тракта камеры сгорания. К нему крепится корпус лабиринтных колец. Сегменты являются элементами газового уплотнения.

4.2 Турбина низкого давления

Турбина низкого давления (НД) (рис. 37) - одноступенчатая, включает в себя статор, сегменты уплотнения и ротор НД.

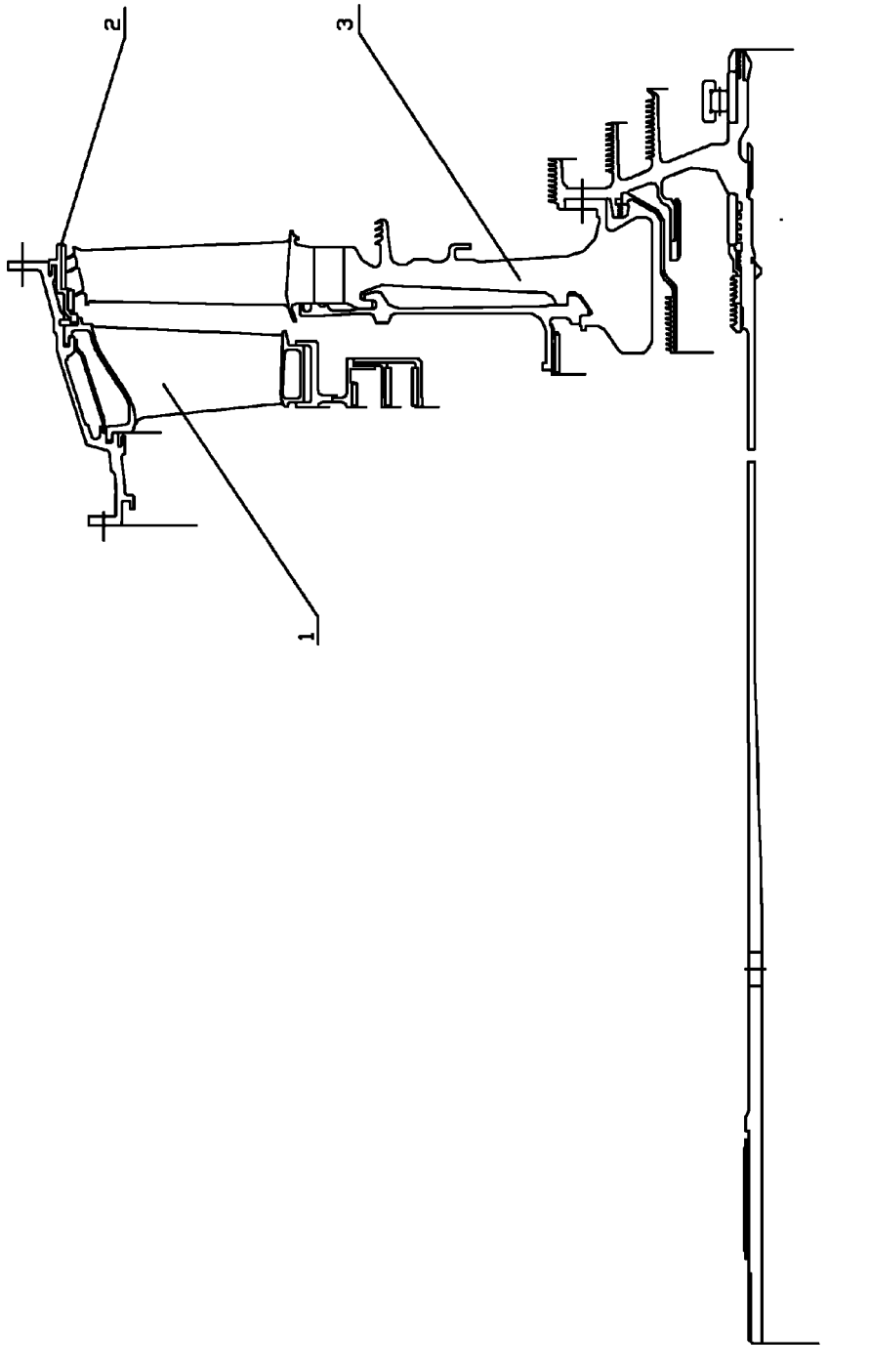


Рис. 37. ТНД:

1 – статор НД; 2 – сегменты уплотнений; 3 – ротор НД

На рис. 38, где изображена опора турбины, хорошо виден силовой пояс, образованный двумя диафрагмами 1, 2, размещенными на наружной цилиндрической поверхности 3 корпуса подшипников и соединенными с сопловыми аппаратами 4. На рисунках хорошо видны также штуцера 5 подвода масла к подшипникам, а также наружные обоймы 6 и 7 самих роликовых подшипников.

Сложную конструкцию корпуса подшипников легко понять из рис. 39, где четко видны силовые ребра 1, внутренняя корпусная втулка 2, отверстие 3 в полом ребре и присоединительные фланцы 4, 5.

Статор НД включает в себя: сопловой аппарат 2-й ступени, сегменты уплотнений.

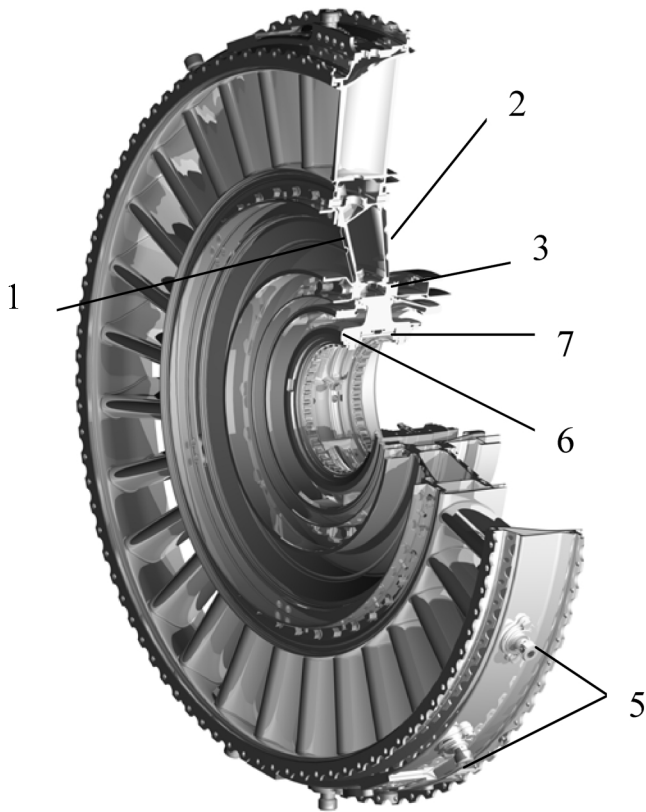


Рис. 38. Опора турбины

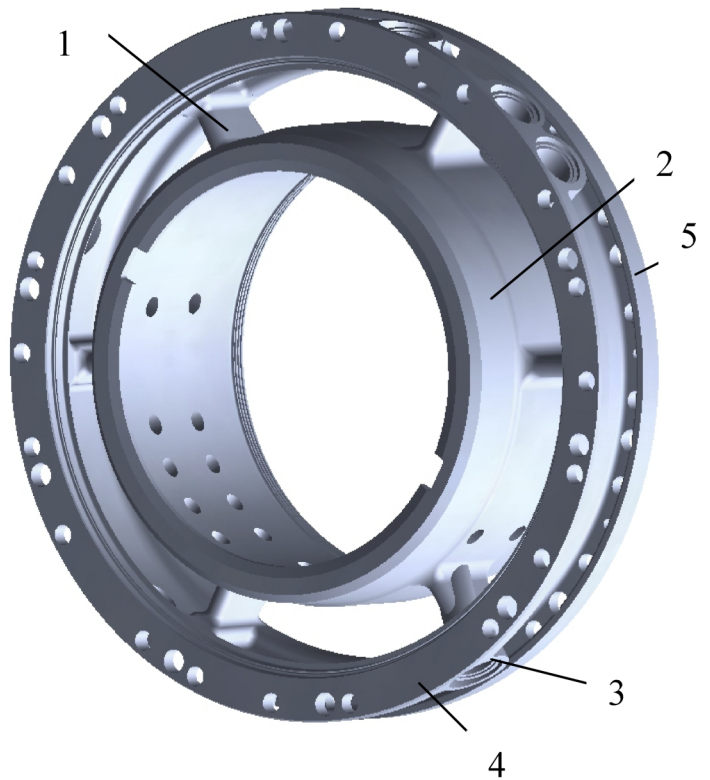


Рис. 39. Корпус подшипников

В сопловой аппарат 2-й ступени (рис. 40) входят: 57 сопловых лопаток 1, внутренний корпус 2 и стопорное кольцо 3. Сопловые лопатки 2-й ступени - полые, литые, отлитые по

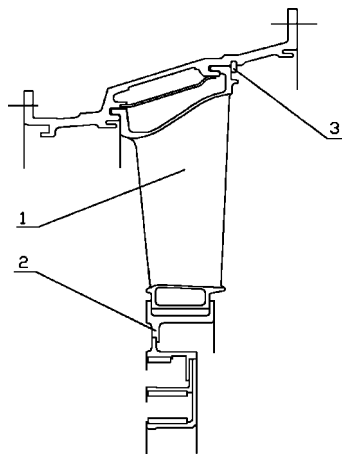


Рис. 40. Сопловой аппарат 2-й ступени:

1 – сопловые секции; 2 – внутренний корпус; 3 – стопорное кольцо

три лопатки в секции; секции сопловых лопаток центрируются в наружном кольце буртиками наружных полок, фиксируются от перемещения в тангенциальном направлении штифтами, в осевом направлении - замковым кольцом. Во внутреннюю полость сопловой лопатки устанавливается перфорированный дефлектор; в зоне выходной кромки на внутренней поверхности выполнена вихревая матрица.

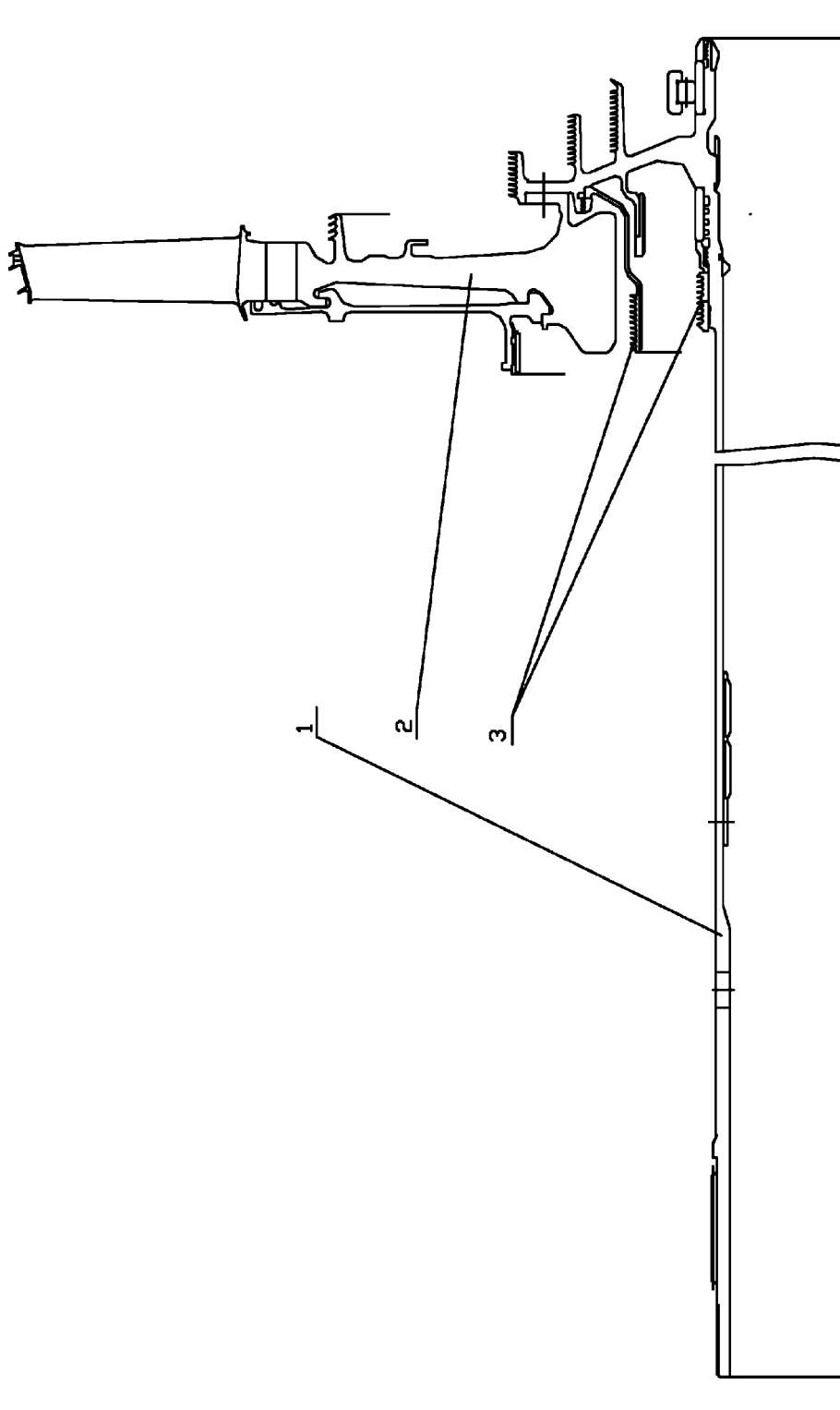


Рис. 41. Ротор ТНД

Внутренний корпус состоит из внутреннего кольца и лабиринтных колец. Лабиринтные кольца - паяные, сотовой конструкции; вместе с гребешками дефлектора диска 1-й ступени образуют уплотнение, препятствующее утечкам воздуха в тракт. Наружное кольцо является

общим для 1-й и 2-й ступеней. На наружном кольце имеются лючки для осмотра рабочих лопаток. Сегменты уплотнений обеспечивают уплотнение по гребешкам бандажных полок рабочего колеса турбины НД.

Ротор турбины НД (рис. 41) включает в себя : вал 1 турбины НД, колесо 2-й ступени 2 и кольца 3 лабиринтных уплотнений. На переднем конце вала выполнены шлицы, передающие крутящий момент валу компрессора. Шесть наклонных отверстий вала обеспечивают подвод масла к подшипнику ВД. На валу закреплены внутренние обоймы подшипников ВД и НД и размещены лабиринтные кольца. Во внутренней полости вала запрессованы: втулка монтажная, ограничивающая радиальное перемещение вала НД, маслоотражательная втулка, втулка РТКУ, установлена втулка опорная (бампер подшипника), ограничивающая касание валов НД и СТ при повышенных вибрациях. Втулка опорная соединена с валом НД с помощью фиксаторов.

Колесо 2-й ступени (рис. 42) включает в себя: 84 рабочие лопатки 1, диск 2 и дефлектор 3. Рабочая лопатка 2-й ступени - полая, литая. В диске лопатки крепятся замками елочного типа, от осевого перемещения фиксируются контровками, дефлектором и боковыми пластинами. Диск соединяется с валом болтами. Дефлектор диска центрируется на выступах ступицы диска и фиксируется в окружном направлении тремя пластинчатыми контровками. К дефлектору крепится лабиринтное кольцо сотовой конструкции, образующее с гребешками заднего вала лабиринт, препятствующий перетеканию воздуха в газовый тракт.

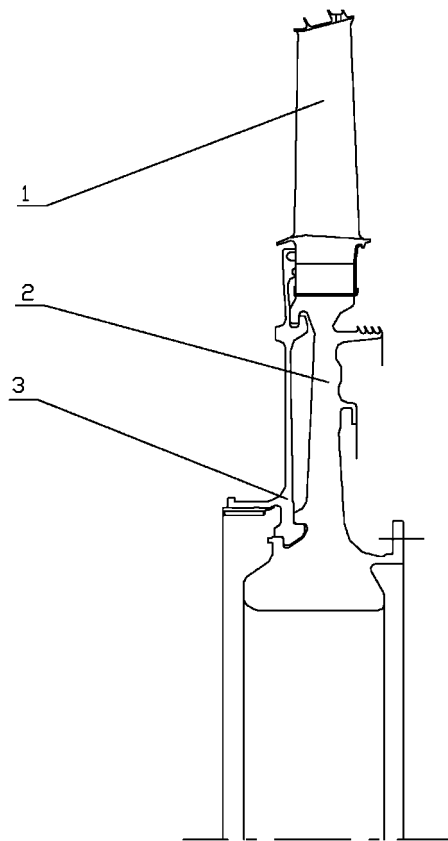


Рис. 42. Колесо 2-й ступени

4.3 Силовая турбина

Силовая турбина (рис. 43) - двухступенчатая (3-я и 4-я ступени), включает в себя статор 1 и ротор 2 СТ. Статор турбины СТ (рис. 44) состоит из кольца наружного 1, сегментов уплотнений 2, соплового аппарата 3 четвертой ступени и внутреннего корпуса 4.

Наружное кольцо является силовой частью статора и имеет два фланца, один из которых крепится к наружному корпусу опоры, а ко второму крепится разгрузочное устройство. На наружном кольце выполнены фланцы для крепления термомпар, которые располагаются внутри полых сопловых лопаток. На наружном кольце имеется лючок для осмотра рабочих лопаток.

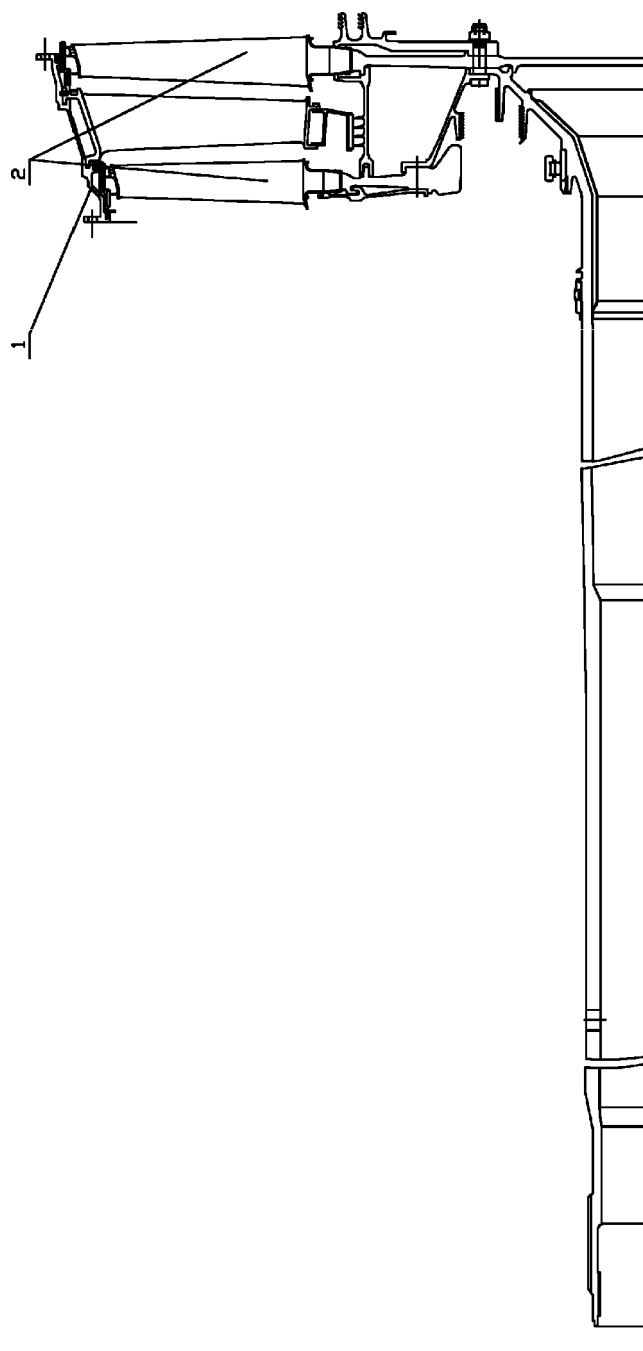


Рис. 43. Силовая турбина

Сопловой аппарат состоит из 30 секций по две лопатки. Лопатки полые, литые. Секции сопловых лопаток центрируются в наружном кольце буртиками наружных полок, фиксируются от перемещения в тангенциальном направлении штифтами, в осевом направлении - замковым кольцом.

Внутренний корпус центрируется выступами на сопловых лопатках и к нему припаяны соты лабиринтного уплотнения, которые вместе с гребешками междисковой проставки образуют уплотнение, препятствующее перетечкам газа.

Сопловые лопатки 3-й ступени входят в опору турбины. Сегменты уплотнений - сотовой конструкции, паяные. Сегменты уплотнений обеспечивают уплотнение по гребешкам бандажных полок рабочих колес турбины НД.

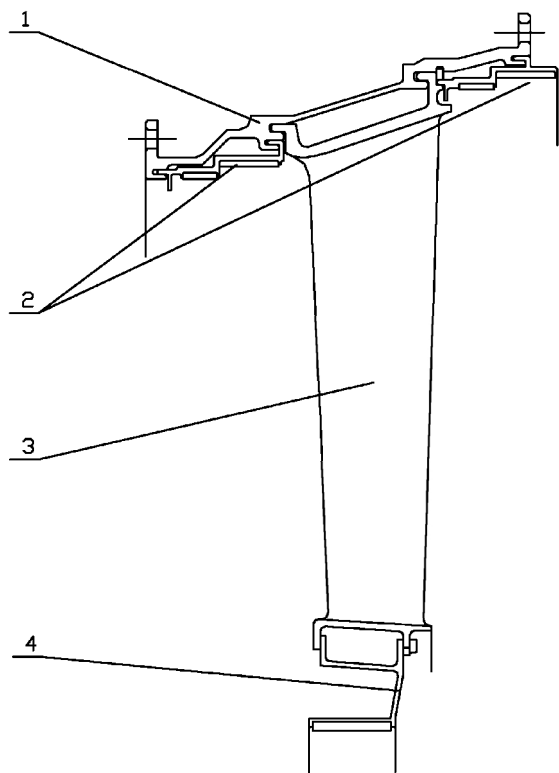


Рис. 44. Статор СТ:

1 – кольцо наружное; 2 – сегменты уплотнения; 3 – сопловой аппарат 4-ой ступени;
4 – внутренний корпус

На рис. 45-46 представлены трехмерные изображения роторов и валов турбин, позволяющие хорошо понять их конструкцию.

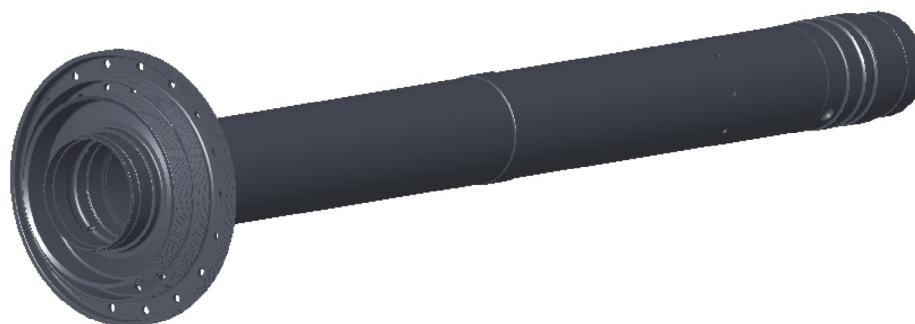


Рис. 45. Вал ТНД



Рис. 46. Ротор силовой турбины:

Ротор СТ (рис. 47) включает в себя вал 1 НД, колесо 2 третьей ступени, колесо 3

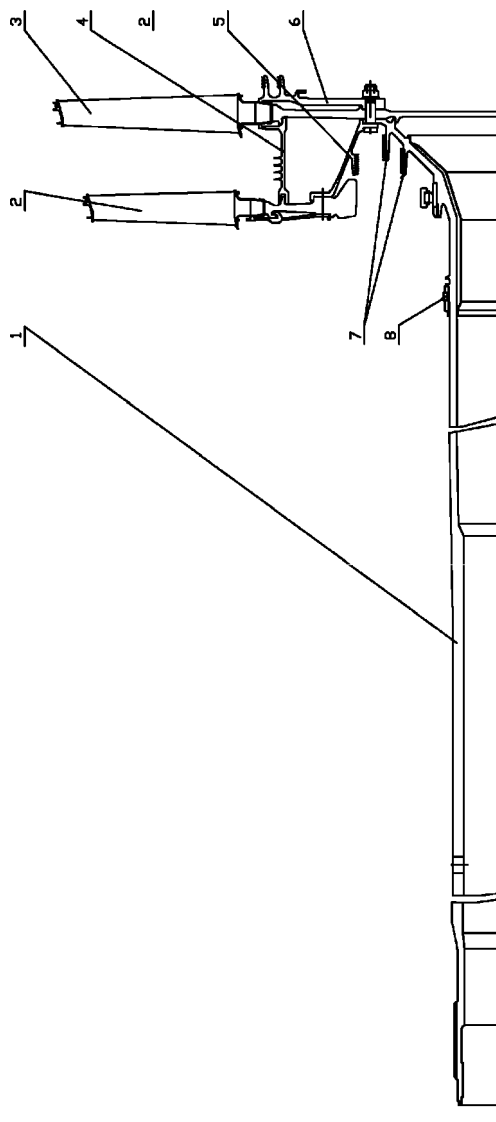


Рис. 47. Ротор СТ

четвертой ступени, междисковую проставку 4, силовую проставку 5, лабиринт 6, кольца лабиринтных уплотнений 7, кольца РТКУ 8. Вал служит для передачи крутящего момента от турбины к электрогенераторам. Крутящий момент передается через шлицы, выполненные на переднем конце вала. Колесо 3-й ступени включает: диск 3-й ступени, 91 рабочую лопатку, дефлектор диска. Диск 3-й ступени соединяется с дефлектором диска и силовой проставкой болтами. Рабочие лопатки 3-й ступени - неохлаждаемые, литые, от осевого перемещения фиксируются контровками, боковыми пластинами и дефлектором. Колесо 4-й ступени включает: диск 4-й ступени, 83 рабочие лопатки. Диск 4-й ступени соединяется с валом и силовой проставкой болтами. Рабочие лопатки 4-й ступени - неохлаждаемые, литые, от осевого перемещения фиксируются контровками, боковыми пластинами и междисковой проставкой. Междисковая проставка от перемещения в окружном и в радиальном направлениях фиксируется выступами диска 3-й ступени. Силовая проставка через болты передает на вал крутящий момент от рабочего колеса 3-й ступени. Лабиринт закреплен к диску 4-ой ступени для организации разгрузочной полости ротора СТ от осевых сил на упорный подшипник.

5. МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОЙ СБОРКИ В ПАКЕТЕ SOLID WORKS 2006

Программа SolidWorks представляет собой интегрированную среду трехмерного моделирования, которая использует графический интерфейс Microsoft Windows. Она предоставляет полный цикл моделирования: проектирование трехмерных деталей, сборок из отдельных деталей, сборочных чертежей и детализовок, а также представление моделей в реалистичном (визуализация) и динамичном (анимация) видах.

Процесс моделирования в SolidWorks начинается с создания эскиза, то есть двумерного профиля или поперечного сечения. Затем эскиз при помощи определенного конструктивного элемента (бобышка, вырез, отверстие, скругление, фаска, оболочка и так далее) приобретает трехмерный вид. Эскизы могут быть вытянуты, повернуты, рассечены сложным образом или смещены по контуру [3].

Набор эскизов и конструктивных элементов образует деталь. Затем детали компонуются в сборку с помощью их взаимного расположения и сопряжения.

После проверки работоспособности сборки на ее основе создаются сборочный чертеж и чертежи входящих в сборку отдельных деталей.

Трехмерная модель SolidWorks состоит из деталей, сборок и чертежей. Детали, сборки и чертежи отражают одну и ту же модель в разных документах. Любые изменения, вносимые в модель в одном документе, автоматически отражаются в других документах, содержащих эту модель. Взаимосвязь между деталями, сборками и чертежами гарантирует автоматическую корректировку всех взаимосвязанных элементов модели.

5.1. Создание сборки

Проект сборки определяется как проект, состоящий из двух или более компонентов, собранных вместе соответственно их рабочему положению. Компоненты собираются вместе в режиме Assembly (Сборка) при помощи параметрических соотношений. В SolidWorks такие соотношения называются *сопряжениями*. Сопряжение дает возможность ограничивать степень свободы компонентов согласно их рабочему положению. Для начала работы в режиме Assembly (Сборка) SolidWorks вызовите диалоговое окно New SolidWorks Document (Создание документа SolidWorks) и щелкните на кнопке Assembly (Сборка). Для создания нового документа сборки щелкните на кнопке ОК. Будет создан новый документ SolidWorks в режиме Assembly (Сборка). На экране появится менеджер свойств Insert Component (Вставить компонент). Раскрывающийся список Message (Сообщение) в менеджере свойств содержит подсказки для выбора детали или сборки и последующего размещения компонента в области чертежа. При щелчке на кнопке Browse (Обзор), доступной в раздвижной панели Part/Assembly to Insert (Деталь/Сборка для вставки), на экране появится диалоговое окно

Open (Открыть), в котором можно выбрать папку, где был сохранен компонент. Далее следует выделить компонент и щелкнуть на кнопке Open (Открыть).

Курсор будет замещен курсором компонента, и, кроме того, на экране появится предварительное изображение компонента. Имя выбранного компонента будет отображаться в области выделения Insert Component (Вставить компонент) раздвижной панели Part/Assembly to Insert (Деталь/Сборка для вставки). Рекомендуется совмещать начало координат первого компонента с началом координат сборки. Для размещения начала координат компонента в начале координат сборки необходимо щелкнуть на кнопке ОК в менеджере свойств Insert Component (Вставить компоненты).

Для размещения второго компонента следует вызвать менеджер свойств Insert Components (Вставить компоненты) и щелкнуть на кнопке Browse (Обзор) в раздвижной панели Part/Assembly to Insert (Деталь/Сборка для вставки). Далее необходимо выделить компонент в диалоговом окне Open (Открыть). Курсор будет замещен курсором компонента, и на экране появится изображение компонента в области чертежа. Далее на чертеже требуется указать область, где должен быть размещен второй компонент.

При выборе компонента, который необходимо вставить в сборку, в менеджере свойств Insert Components (Вставить компоненты) отображается раздвижная панель Thumbnail Preview (Предварительный просмотр уменьшенной копии изображения). Эта раздвижная панель предназначена для предварительного просмотра уменьшенной копии изображения выбранного компонента.

Флажок Start command when creating new assembly (Выполнить команду при создании новой сборки), доступный в раздвижной панели Options (Параметры), установлен по умолчанию и используется для автоматического вызова менеджера свойств Insert Component (Вставить компонент) при создании нового документа сборки в SolidWorks. Флажок Graphics preview (Графический предварительный просмотр) в раздвижной панели Options (Параметры) установлен по умолчанию и используется для предварительного просмотра изображения компонента, который будет вставляться в чертеж.

После того как компоненты размещены в документе сборки, необходимо собрать их. При сборке компонентов ограничивается степень их свободы. Как уже упоминалось, компоненты собираются при помощи сопряжения. Сопряжение помогает точно разместить компонент и определить его положение относительно других компонентов и деталей сборки. Также можно определить линейное и угловое смещение компонента по отношению к другим компонентам. Кроме того, можно создать динамический механизм и проверить стабильность механизма при помощи точного определения комбинаций сопряжения.

Существуют два способа добавления сопряжений в сборку: первый — использование менеджера свойств Mate (Сопряжение) и второй — добавление сопряжений в сборку, заключающийся в использовании технологии SmartMates (Автосопряжения). Наиболее приемлем первый способ, который и рассмотрен ниже.

5.2 Сборка компонентов при помощи менеджера свойств Mate (Сопряжение)

Менеджер команд: Assemblies > Mate (Сборки > Сопряжение) Меню: Insert > Mate (Вставить > Сопряжение) Панель инструментов: Assembly > Mate (Сборка > Сопряжение). В SolidWorks сопряжение можно организовать при помощи менеджера свойств Mate (Сопряжение). Для этого необходимо щелкнуть на кнопке Mate (Сопряжение) в менеджере команд либо выбрать команду меню Insert > Mate (Вставка > Сопряжение). На экране появится менеджер свойств Mate (Сопряжение).

Для примера, выделите плоскую поверхность, изогнутую поверхность, ось либо точку на первом компоненте, а затем выделите элемент из второго компонента. Элементы будут окрашены зеленым цветом. Имена выбранных элементов отображаются в области выделения Entities to Mate (Элементы для сопряжения) раздвижной панели Mate Selections (Выбор сопряжения). На экране также появляется панель инструментов Mate (Сопряжение). Наиболее подходящее сопряжение для данного набора выделенных компонентов отображается на па-

нели Mate (Сопряжение) и в раздвижной панели Standard Mates (Стандартные сопряжения) менеджера свойств Mate (Сопряжение). По умолчанию выбирается наиболее подходящее сопряжение. Предварительный вид сборки с использованием этого сопряжения отображается в области чертежа. Также сопряжения можно выбрать из указанного списка сопряжений, которые могут быть применены к выбранным компонентам.

Если вы выбираете на панели инструментов Mate (Сопряжение) какое-то другое сопряжение, предварительный вид сборки отображается уже с новым выбранным сопряжением. Щелкните на кнопке Add/Finish Mate (Добавить/Завершить сопряжение) на панели инструментов Mate (Сопряжение). Менеджер свойств Mate (Сопряжение) по-прежнему отображается на экране, и вы можете добавить в сборку и другие сопряжения. Добавив все необходимые сопряжения, щелкните на кнопке ОК в менеджере свойств. Далее описаны различные виды сопряжений, которые можно использовать.

Сопряжение Coincident (Совпадение)

Сопряжение Coincident (Совпадение) обычно применяется для приведения двух плоских поверхностей в одну плоскость. Однако сопряжение Coincident (Совпадение) также может применяться к другим элементам. Подробности геометрии, к которой можно применять сопряжение Coincident (Совпадение), /4/ показаны в таблице 1. После щелчка на кнопке Coincident (Совпадение) панели инструментов Mate (Сопряжение) на экране появляется предварительный вид модели в соответствии с текущим выбором сопряжения, а сборка модели выполняется в зависимости от текущей ориентации модели. В зависимости от предварительного вида размещаемого в сборке компонента в раздвижной панели Standard Mates (Стандартные сопряжения) выбран параметр Aligned (По ориентации) либо параметр Anti-Aligned (Против ориентации). Также вы можете выполнить выравнивание компонента сборки при помощи кнопки Flip Mate Alignment (Переключить выравнивание) на панели инструментов Mate (Сопряжение) либо изменив параметры Aligned (По ориентации) и Anti-Aligned (Против ориентации) в менеджере свойств сопряжений.

Таблица 1 Комбинации компонентов
для применения сопряжения Coincident (Совпадение)

Первый компонент	Второй компонент									
	Цилиндр	Сфера	Конус	Кромка	Линия	Точка	Вытяжка	Поверхность	Плоскость	Кулачок
Цилиндр				*	*	*				
Сфера						*				
Конус			*	*		*				
Кромка	*			*					*	
Линия	*				*	*			*	
Точка	*	*			*	*	*	*	*	*
Вытяжка						*				
Поверхность						*				
Плоскость				*	*	*			*	

Для примера на рис. 48 показаны выделенные поверхности на рабочем колесе и заднем валу турбины, на рис. 49 - результат применения сопряжения Coincident (Совпадение).



Рис. 48. Выделенные поверхности диска и вала



Рис. 49. Результат применения сопряжения Coincident (Совпадение)

Сопряжение Concentric (Концентричность)

Сопряжение Concentric (Концентричность), как правило, используется для выравнивания центральной оси одного компонента с центральной осью другого компонента. Обычно сопряжение Concentric (Концентричность) применяется к круговым поверхностям. Также сопряжение Concentric (Концентричность) можно применять к точке круговой поверхности или кромке. Другие комбинации компонентов, к которым можно применить сопряжение Concentric (Концентричность), показаны в таблице 2. Чтобы применить сопряжение Concentric (Концентричность), необходимо вызвать менеджер свойств Mate (Сопряжение). Выделите два элемента из двух разных компонентов. Имена выбранных элементов будут отображены в области выделения Entities to Mate (Элементы для сопряжения). На панели инструментов Mate (Сопряжение) будет нажата кнопка Concentric (Концентричность). Если кнопка Concentric (Концентричность) по умолчанию не нажата, вам потребуется нажать ее самостоятельно. Предварительный вид собираемой модели после применения данного сопряжения отобразится в области чертежа. В зависимости от ваших требований, вам следует переключить параметр выравнивания либо на Aligned (По ориентации), либо на Anti-Aligned (Против ориентации). Щелкните на кнопке Add/Finish Mate (Добавить/Завершить сопряжение) на панели инструментов Mate (Сопряжение).

Сопряжение Distance (Расстояние)

Чтобы применить сопряжение Distance (Расстояние), необходимо вызвать менеджер свойств Mate (Сопряжение) и выбрать элементы из обоих сопрягаемых компонентов. Далее следует щелкнуть на кнопке Distance (Расстояние) на панели инструментов Mate (Сопряжение). На панели инструментов Mate (Сопряжение) отобразится счетчик Distance (Расстояние). Установите в нем значение расстояния между компонентами. Предварительный вид сборки изменится автоматически после ввода расстояния. При помощи кнопки Flip Dimension (Переключить размер), расположенной слева от счетчика Distance (Расстояние), можно установить и отрицательное значение расстояния. При необходимости можно менять параметры выравнивания компонентов Aligned (По ориентации) и AntiAligned (Против ориентации). Комбинации компонентов, к которым может применяться сопряжение расстояния, приведены в таблице 3. Для примера на рис. 52 показаны выделенные поверхности на наружном и внутреннем кольцах подшипника, на рис. 53 результат применения сопряжения Distance (Расстояние).



Рис. 52. Выделенные поверхности внутреннего и наружного колец подшипника

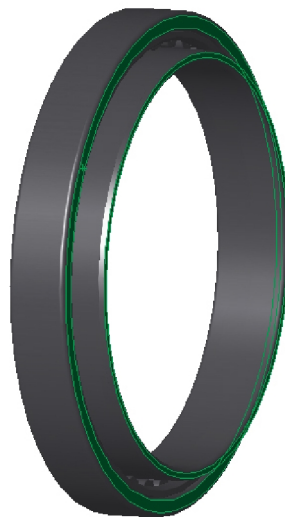


Рис. 53. Результат применения сопряжения Distance (Расстояние)

Таблица 3 - Комбинации компонентов для применения сопряжения Distance (Расстояние)

Первый компонент	Второй компонент									
	Цилиндр	Сфера	Конус	Кромка	Линия	Точка	Вытяжка	Поверхность	Плоскость	Кулачок
Цилиндр	*				*	*			*	
Сфера		*			*	*				
Конус	*									
Кромка	*	*			*	*				
Линия	*	*			*	*				
Точка	*	*			*	*				
Вытяжка										
Поверхность										
Плоскость										

Сопряжение Angle (Угол)

Сопряжение Angle (Угол) используется для задания угла между выбранной плоскостью, плоской поверхностью либо кромками двух компонентов. Чтобы применить это сопряжение, необходимо вызвать менеджер свойств Mate (Сопряжение) и выбрать элементы из обоих компонентов. Далее следует щелкнуть кнопку Angle (Угол) на панели инструментов Mate (Сопряжение).

На экране появится предупреждающее сообщение SolidWorks. В нем указаны минимальное и максимальное значения угла, которые можно установить для выбранных компонентов. Щелкните на кнопке ОК в окне сообщения. На экране отобразится предварительный вид моделей со значением угла по умолчанию. В панели инструментов Mate (Сопряжение) появится счетчик Angle (Угол), в котором можно установить значение угла. Также есть возможность изменять направление угла при помощи кнопки Flip Dimension (Переключить направление), находящейся справа от счетчика Angle (Угол). Кроме того, можно менять параметры выравнивания компонентов Aligned (По ориентации) и Anti-Aligned (Против ориентации).

Щелкните на кнопке Add/Finish Mate (Добавить/Завершить сопряжение) на панели инструментов Mate (Сопряжение). Комбинации компонентов, к которым может применяться сопряжение Angle (Угол), приведены в таблице 4.

Для примера, на рис. 54 показаны выделенные поверхности гайки и контрочки, на рис. 55 результат применения сопряжения Angle (Угол), со значением в 45°.

Сопряжение Parallel (Параллельность)

Кнопка Parallel (Параллельность) на панели инструментов Mate (Сопряжение) используется для применения сопряжения Parallel (Параллельность) к двум компонентам. Чтобы применить сопряжение Parallel (Параллельность), необходимо вызвать менеджер свойств Mate (Сопряжение) и выбрать по одному элементу из каждого компонента. Щелкните на кнопке Parallel (Параллельность) в панели инструментов Mate (Сопряжение), чтобы применить сопряжение. Так же можно менять параметры выравнивания компонентов Aligned (По ориентации) и Anti-Aligned (Против ориентации). Щелкните на кнопке Add/Finish Mate (Добавить/Завершить сопряжение) на панели инструментов Mate (Сопряжение). Комбинации компонентов, к которым можно применять сопряжение Parallel (Параллельность), перечислены в таблице 5.

Как и в предыдущем примере, выделяем поверхности гайки и контрочки (рис. 54). Результат применения сопряжения Parallel (Параллельность) приведен на рис. 56.



Рис. 56. Результат применения сопряжения Parallel (Параллельность)

Таблица 5 - Комбинации компонентов для применения сопряжения Parallel (Параллельность)

Первый компонент	Второй компонент									
	Цилиндр	Сфера	Конус	Кромка	Линия	Точка	Вытяжка	Поверхность	Плоскость	Кулачок
Цилиндр	*				*		*			
Сфера										
Конус	*		*		*		*			
Кромка										
Линия	*				*		*		*	
Точка										
Вытяжка	*				*		*			
Поверхность										
Плоскость					*				*	

Сопряжение Perpendicular (Перпендикулярность)

Кнопка Perpendicular (Перпендикулярность) в раздвижной панели Mate Settings (Параметры сопряжения) используется для применения сопряжения Perpendicular (Перпендикулярность) к двум компонентам. Вызовите менеджер свойств Mate (Сопряжение) и выберите по одному элементу из каждого компонента. Щелкните на кнопке Perpendicular (Перпендикулярность) на панели инструментов Mate (Сопряжение). Также можно менять параметры выравнивания Aligned (По ориентации) и Anti-Aligned (Против ориентации). Щелкните на кнопке Add/Finish Mate (Добавить/Завершить сопряжение) на панели инструментов Mate (Сопряжение). Комбинации компонентов для применения сопряжения Perpendicular (Перпендикулярность) приведены в таблице 6.

Также как и в примерах выше, выделяем поверхности гайки и контровки (рис. 54), результат применения сопряжения Perpendicular (Перпендикулярность) приведен на рис. 57.



Рис. 57. Результат применения сопряжения Perpendicular (Перпендикулярность)

Таблица 6 - Комбинации компонентов для применения сопряжения Perpendicular (Перпендикулярность)

Первый компонент	Второй компонент									
	Цилиндр	Сфера	Конус	Кромка	Линия	Точка	Вытяжка	Поверхность	Плоскость	Кулачок
Цилиндр	*				*		*			
Сфера										
Конус	*		*		*		*			
Кромка										
Линия	*				*		*		*	
Точка										
Вытяжка	*				*		*			
Поверхность										
Плоскость					*				*	

Сопряжение Tangent (Касание)

Кнопка Tangent (Касание) на панели инструментов Mate (Сопряжение) используется для применения сопряжения Tangent (Касание) к двум компонентам. Комбинации компонентов для применения сопряжения Tangent (Касание) приведены в таблице 7.

Для примера на рис. 58 показаны выделенные поверхности на ролике и наружном кольце подшипника, на рис. 59 результат применения сопряжения Tangent (Касание).



Рис. 58. Выделенные поверхности ролика и наружного кольца подшипника



Рис. 59. Результат применения сопряжения Tangent (Касание)

Таблица 7 - Комбинации компонентов для применения сопряжения Tangent (Касание)

Первый компонент	Второй компонент									
	Цилиндр	Сфера	Конус	Кромка	Линия	Точка	Вытяжка	Поверхность	Плоскость	Кулачок
Цилиндр	*	*	*	*	*		*	*	*	*
Сфера	*	*	*	*	*				*	
Конус		*							*	
Кромка										
Линия	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Точка					*					
Вытяжка	*								*	
Поверхность	*								*	
Плоскость	*	*						*		*

6 СОЗДАНИЕ АНИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ SOLID WORKS ANIMATOR

Модуль SolidWorks Animator предназначен для создания видеороликов на основе 3D-моделей SolidWorks. Программа позволяет записывать в виде AVI-файлов движение деталей и сборок по предварительно заданным маршрутам, скрывать и отображать отдельные компоненты сборки, визуализировать процесс построения дерева модели и многое другое. Последовательность анимации представляется в виде древовидной структуры, позволяющей оперативно вмешиваться в процесс создания видео, редактируя свойства отдельных шагов и меняя их последовательность. В результате работы SolidWorks Animator могут быть получены AVI-файлы с компрессией или без. Поддерживается большинство стандартных типов компрессии. SolidWorks Animator отлично работает в сочетании с PhotoWorks, в результате чего движущиеся объекты будут раскрашены и освещены в соответствии с присвоенными им материалами и сценами. Анимации, полученные с помощью SolidWorks Animator, могут быть встроены в ИЭТР как гиперссылки на AVI-файлы, либо как внедренные анимированные файлы GIF (полученные преобразованием из AVI в специальных программах) [5].

С помощью модуля SolidWorks Animator можно анимировать следующее:

- Положение компонента
- Значение сопряжения с помощью расстояния или угла
- Свойства компонента
- Ориентация вида
- Цвет или текстура компонента

Можно продолжить изменение местоположения компонентов, ориентации вида, текстуры и т.д. как части одной анимации, а также можно создать несколько анимаций, каждая из которых будет иметь собственные ключевые кадры вместе с ключевыми точками, местоположениями компонентов, видами и т.д. Анимации теперь не зависят от конфигурации.

6.1 Интерфейс пользователя модуля SolidWorks Animator

Интерфейс пользователя состоит из временной шкалы и дерева конструирования Animation FeatureManager.

Временная шкала

Временная шкала является временным интерфейсом для анимации. Она отображается справа от дерева конструирования Animation FeatureManager.

Временная шкала состоит из полосы времени, полос изменения, ключевых кадров и ключевых точек.

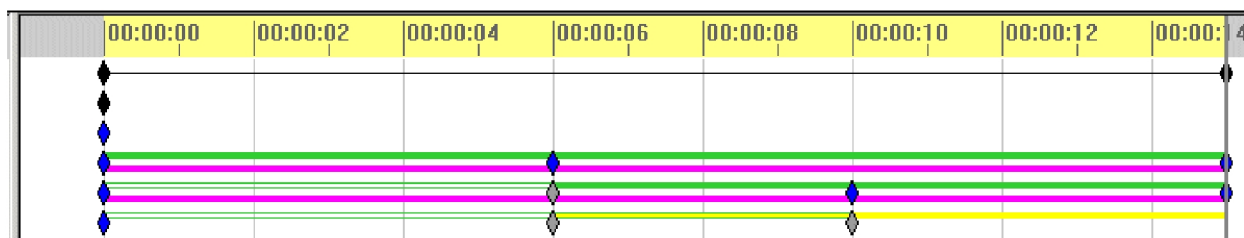


Рис. 60. Временная шкала

Временная шкала разделена вертикальными линиями масштабной сетки, которые соответствуют цифровым маркерам, показывающим время. Цифровые маркеры начинаются

с 00:00:00 и размещаются в зависимости от размера окна. Например, на временной шкале может быть один маркер через каждые одну, две или пять секунд (рис. 60). Полоса времени - это сплошная черная вертикальная линия. Она представляет текущее время анимации. При перемещении полосы времени меняется текущее время, и модель обновляется соответствующим образом. На рис. 61 полоса времени расположена на 00:00:06.

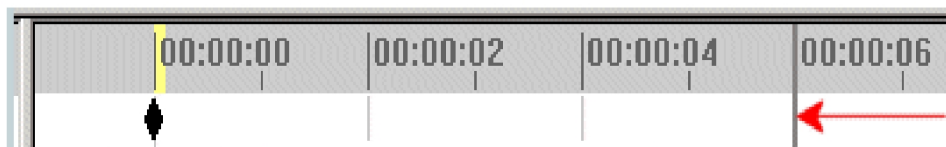











Рис. 61. Полоса времени

Полосы изменений – это горизонтальные объекты, представляющие изменения в течение времени. К этим изменениям относятся: длительность анимации, движение компонента, ориентация вида, свойства видимости, например цвет или вид. Полосы изменений соединяют ключевые точки вдоль временной шкалы. В зависимости от объектов, в полосах изменений используются цвета, визуально указывающие на вид компонента и тип изменения. В таблице 8 показаны обозначения и функции полос изменения.

Таблица 8 – Обозначения и функции полос изменения

Значок и полоса изменений	Функция полосы изменения	Примечание
	Общая длительность анимации	
	Ориентация вида	Длительность для этой Ориентации вида
	Погашенная ориентация вида	
	Физическое моделирование	Создано с помощью Помощника для создания анимации

	Управляющее движение	Полосы изменений Управляющее движение и Управляемое движение: Могут включать полосу изменений Внешний вид между одними и теми же ключевыми точками.  Компоненты Управляемого движения могут быть в движении или оставаться неподвижными. Движение  Нет движения 
	Управляемое движение	
	Разнести	Создано с помощью Помощника для создания анимации
	Внешний вид	Внешний вид: Включает все свойства видимости (цвет, прозрачность и т.д.) Может существовать независимо от движения компонента
	Размер сопряжения	
	Скрытые потомки	Папки, созданные в дереве конструирования SolidWorks FeatureManager. Свернутые элементы







После размещения полосы времени, перемещения компонентов в графической области или изменения свойств видимости эти изменения отобразятся на временной шкале с помощью ключевых точек и полос изменения.

Ключевой кадр – это область времени между ключевыми точками любой продолжительности.

Ключевая точка – это объект, который соответствует компонентам сборки, визуальным свойствам и т.д. Обозначения и функции ключевых точек представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Обозначения и функции ключевых точек

Обозначение ключевой точки	Функция ключевой точки
 	Любой компонент или ключ сопря-

		жения
		Любой погашенный ключ
		Еще не решенное положение
		Положение, которого невозможно достичь

Каждый ключевой кадр вместе с ключевыми точками на временной шкале представляет начало или конец движения во времени. Где бы ни была размещена новая ключевая точка, она соответствует движению или изменениям визуальных атрибутов.

Базис анимации на основе ключевых точек включает:

Расположение полосы изменения на временной шкале для определения места, где должно заканчиваться изменение. Изменения могут включать движение компонентов сборки, различные виды и изменения свойств видимости.

Расположение компонентов сборки в графической области, где они должны быть во время, определенное с помощью полосы времени.

SolidWorks Animator располагает соответствующие ключевые точки на основе положения полосы времени, а также решает требуемую анимацию, чтобы компоненты достигли указанных положений.

Дерево конструирования Animator FeatureManager


Дерево конструирования Animator FeatureManager включает в себя панель инструментов SolidWorks Animator, настройки Ориентации вида, а также такой же список объектов компонента, какой отображается в дереве конструирования SolidWorks FeatureManager. Элементы, из которых состоит панель инструментов SolidWorks Animator, показаны в таблице 10.










В окне **Ориентация вида** можно выбрать параметры **Погасить** и **Заблокировать**, чтобы управлять видом модели во время воспроизведения и редактирования.

Параметр **Погасить** предназначен для погашения ключевых точек ориентации вида в анимации, чтобы вид модели не изменялся во время воспроизведения и во время редактирования анимации. Отключение этого параметра разрешает анимации настройку вида модели.










Параметр **Заблокировать** предназначен для предотвращения добавления новых ключевых точек во время вращения модели. Отключение этого параметра включает изменения в ориентацию вида как часть анимации.

Таблица 10 – Обозначения и функции элементов панели инструментов SolidWorks Animator

Инструмент	Функция
	Воспроизведение сначала

	Воспроизведение
	Стоп
	Отображение режима анимации: <ul style="list-style-type: none"> •  Нормальный •  Петля •  Возвратно-поступательно
	Сохранить в файл *.avi
	Помощник для создания анимации
	Увеличить. Увеличение размера временной шкалы, чтобы увеличить пространство между полосами времени
	Уменьшить. Уменьшение размера временной шкалы, чтобы уменьшить пространство между полосами времени


Объекты компонента, перечисленные в дереве конструирования Animator Feature Manager, используются для:

1. Отображения атрибутов компонента анимации, такие как:
 - а)  (Переместить) указывает, что компонент можно перемещать;
 - б)  (Разнести) указывает, что положение компонента в графической области было изменено;
 - в)  (Цвет) указывает, что цвет компонента был изменен.
2. Доступа к параметрам отображения компонента анимации. Нажав правой кнопкой мыши на компонент можно выбрать такие визуальные атрибуты, как:
 - а) **Скрыть** ;
 - б) **Изменить прозрачность** ;
 - в) **Отображение**, включая режимы видов SolidWorks, например: **Каркасное представление** , **Закрасить с кромками**  и т.д.;
 - г) **Внешний вид**, включающий **Цвет**  и **Текстуру** .


Помощник для создания анимации предназначен для упрощения работы с модулем SolidWorks Animator.

Используя Помощник для создания анимации, можно:

1. Вращать детали или сборки.
2. Разнести или составить сборки.
3. Создать физическое моделирование.

Для отображения инструмента Помощник при создании анимации  на панели инструментов SolidWorks Animator сначала выберите вкладку **Анимация** в нижней части графической области. Если анимация существует, можно добавить новую анимацию к уже существующей. Чтобы создать отдельную последовательность анимации, нажмите правой кнопкой мыши на вкладку **Анимация** и выберите **Создать**. При помощи опции **Вращение** можно создать вращение без дополнительной подготовки.

Чтобы вращать модель:

1. Нажмите кнопку **Помощник для создания анимации**  на панели инструментов SolidWorks Animator.
2. В диалоговом окне **Выбор типа анимации** (рис. 62):
 - а) выбрать **Вращать модель**;
 - б) выбрать **Удалить все существующие маршруты** для удаления любых существующих анимаций;

- в) нажать кнопку **Далее**.
3. В диалоговом окне **Выбор оси вращения** (рис. 63):
- выбрать **X, Y** или **Z** для параметра **Выбор оси вращения**;
 - ввести значение для параметра **Количество вращений**;
 - выбрать **По часовой стрелке** или **Против часовой стрелки**;
 - нажать кнопку **Далее**.
4. В диалоговом окне **Параметры управления анимацией** (рис. 64):
- ввести значение **Длительность (в секундах)** анимации;
 - ввести значение **Время запуска анимации (в секундах)**.
 - нажать кнопку **Готово**.

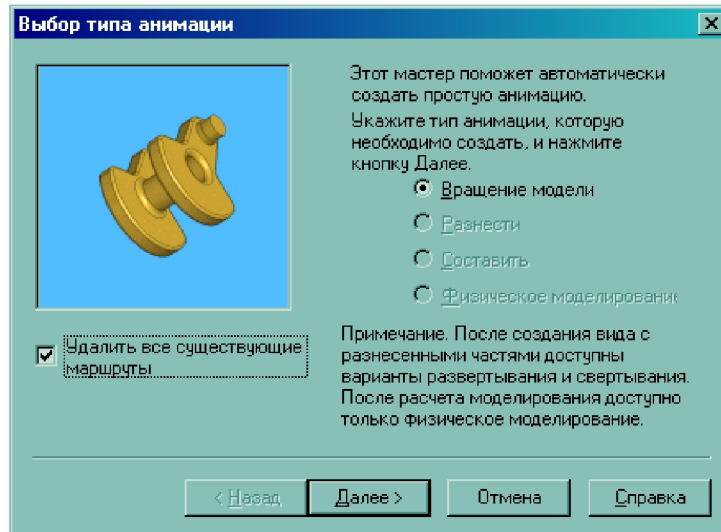


Рис. 62. Окно выбора типа анимации

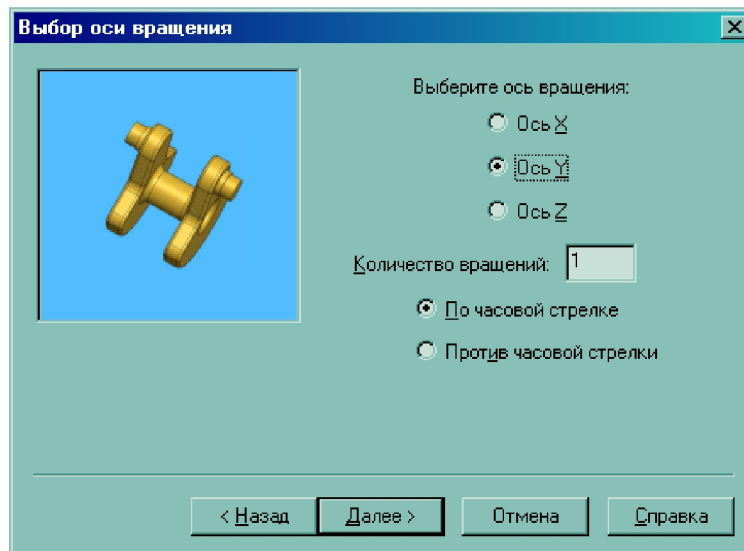


Рис. 63. Окно выбора оси вращения

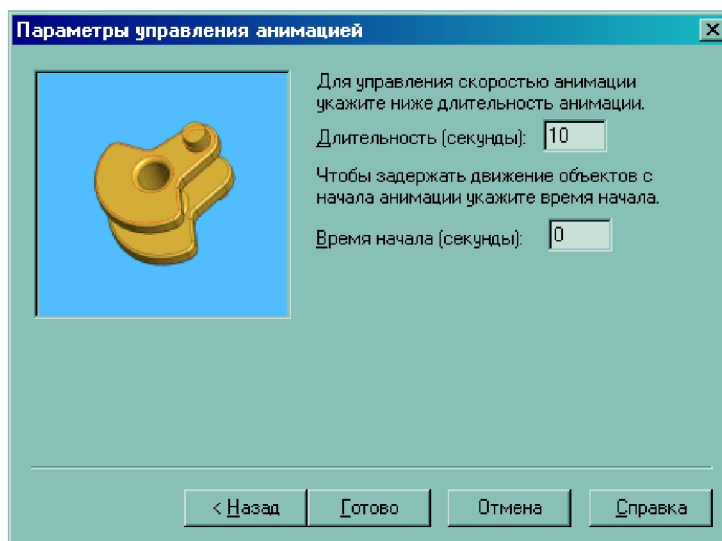


Рис. 64. Окно параметров управления анимацией

6.2 Примеры создания анимации

6.2.1 Пример создания анимации при помощи Помощника для создания анимации

Чтобы использовать Помощник для создания анимации, требуется:

- Создать **Вид с разнесенными частями** для компонентов **Разнести** и **Свернуть**;
- **Рассчитать моделирование**, чтобы создать **Физическое моделирование**.

Для того чтобы создать **Вид с разнесенными частями**:

1. Нажимаем на кнопку **Вид с разнесенными частями** на панели управления (рис. 65).

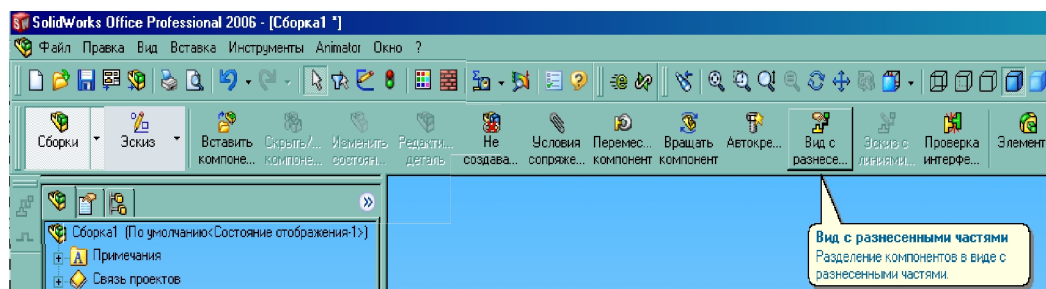


Рис. 65. Панель управления SolidWorks

2. Слева появляется окно, на основном экране нажимаем на деталь, которую хотим разнести. В нашем случае мы будем разносить проставочное кольцо (рис. 66).

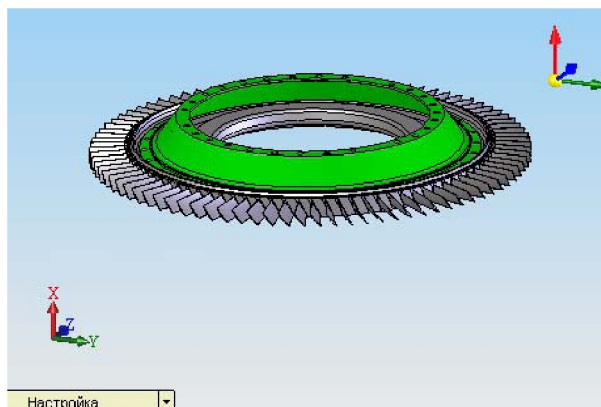


Рис. 66. Разносимые детали

3. Выбираем направление, в котором будем разносить проставочное кольцо, нажимая на стрелочки, показанные на рис. 66 в правом верхнем углу. В нашем случае мы выбрали направление X (рис. 67).

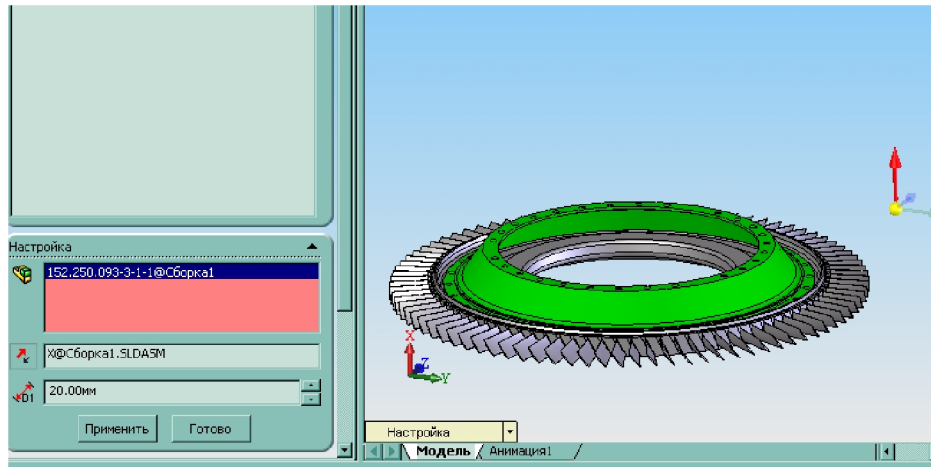


Рис. 67. Выбор направления разнесения деталей

4. Выбираем расстояние, на которое мы будем разносить детали, нажимаем **Применить** (рис. 68).

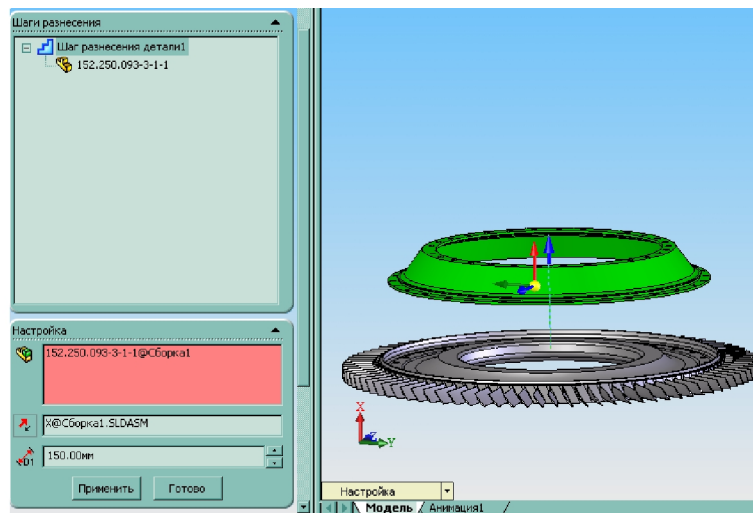


Рис. 68. Разнесенные детали

5. Нажимаем на кнопку **ОК** и получаем вид с разнесенными частями (рис. 69).

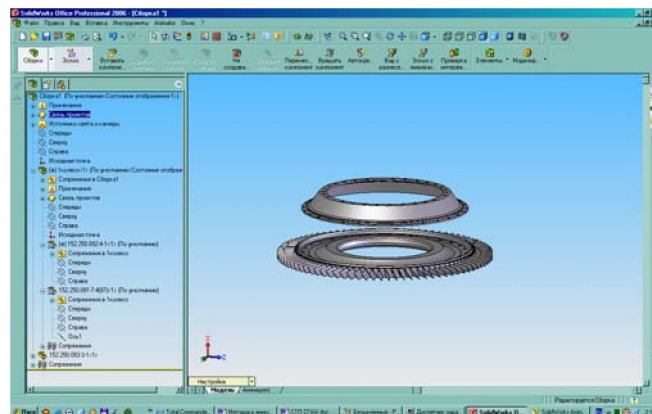


Рис. 69. Вид с разнесенными частями

После того, как создан вид с разнесенными частями, заходим в SolidWorks Animator и нажимаем на кнопку Помощник для создания анимации. В появившемся окне (рис. 70) выбираем **Составить** и нажимаем на кнопку **Далее**.

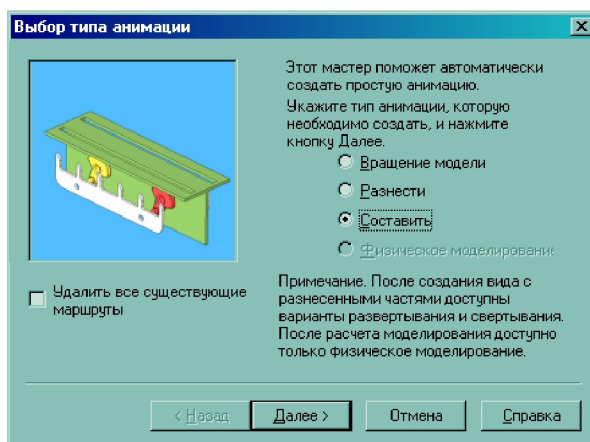


Рис. 70. Окно выбора типа анимации

В окне **Параметры управления анимацией** выставляем **Время начала** и **Длительность** (рис. 71). Нажимаем кнопку **Готово**.

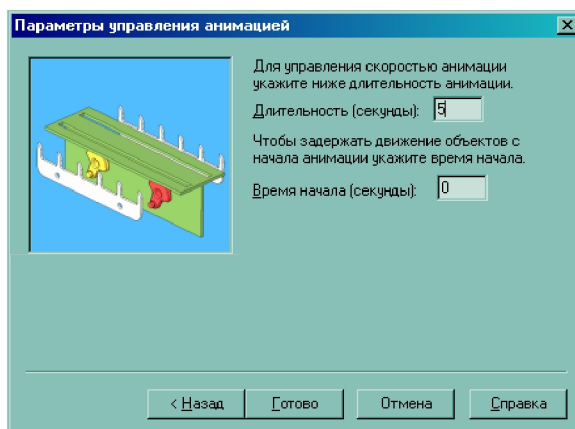


Рис. 71. Окно параметров управления анимацией

На рис. 72 можно увидеть временную шкалу, полосу времени, полосы изменения, ключевые точки. Все эти элементы были получены автоматически благодаря Помощнику для создания анимации.

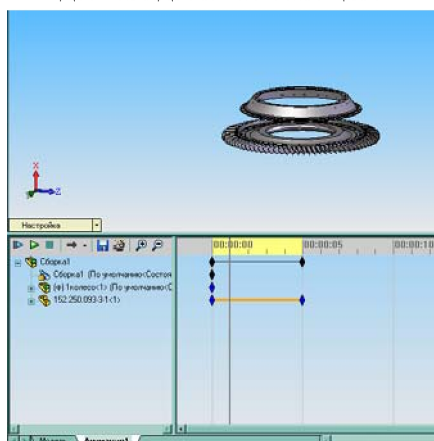


Рис. 72. Модуль SolidWorks Animator

Теперь можно либо просмотреть полученный ролик в программе, нажав на кнопку Воспроизведение, либо сохранить его, нажав на соответствующую кнопку.

6.2.2 Пример создания анимации без Помощника для создания анимации

Все операции в модуле SolidWorks Animator можно выполнять вручную. Для примера состыкуем рабочее колесо с проставочным кольцом (152.250.093-3-1), а затем повернем сборочную единицу. Для этого сначала погасим сопряжение “Совпадение” между рабочим колесом и проставочным кольцом, чтобы кольцо могло перемещаться перпендикулярно колесу (рис. 73). Заходим в закладку **Анимация1**. Перемещаем регулятор шкалы времени на время окончания, допустим на 00:00:05. Открываем кольцо в дереве конструирования Animator FeatureManager, и напротив значка **Переместить** на отметке 00:00:05 нажимаем правой клавишей мышки и выбираем элемент **Поместить ключ**. Затем перемещаем регулятор шкалы времени на время 00:00:00. Нажимаем на кнопку **Переместить компонент** на панели управления SolidWorks, указываем на кольцо. Затем отводим кольцо на какое-нибудь расстояние. Нажимаем **ОК**, и автоматически создается полоса изменения (рис. 74).

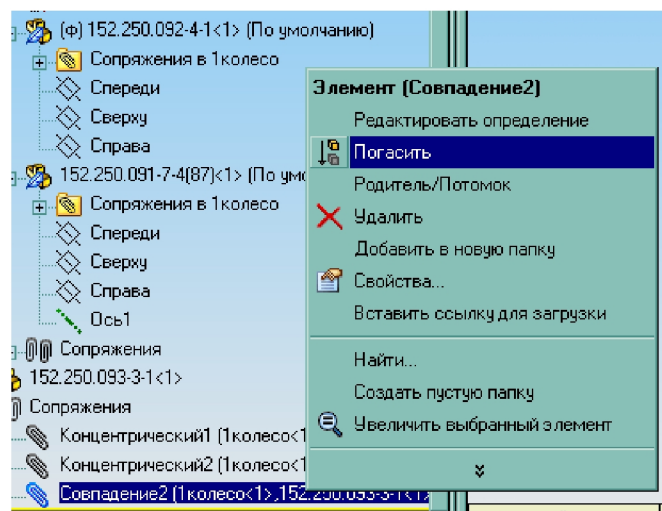


Рис. 73. Погашение сопряжения

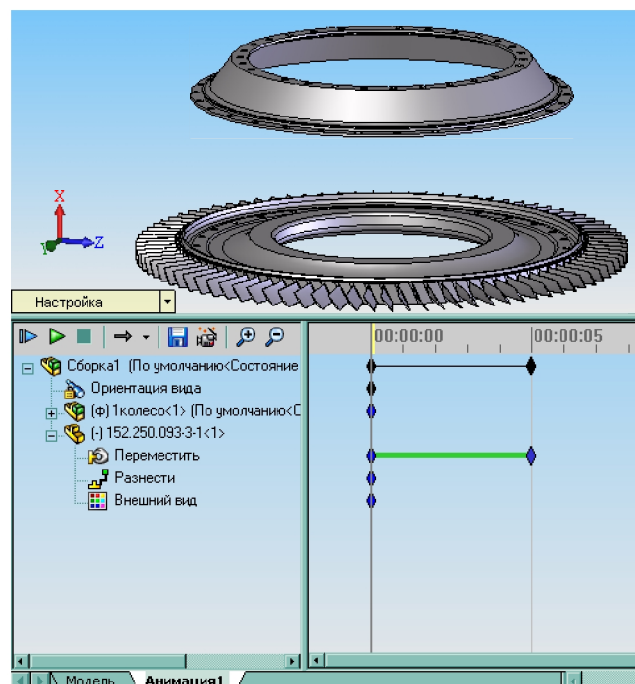


Рис. 74. Полоса изменения

Для того, чтобы повернуть сборочную единицу, перемещаем регулятор шкалы времени на 00:00:05, нажимаем правой клавишей мышки на этой отметке напротив **Ориентации вида**, выбираем **Поместить ключ**. Затем нажимаем на новый ключ и выбираем элемент **Заменить ключ** (рис. 75). Потом перемещаем регулятор шкалы времени на 00:00:10, создаем там новый ключ, на панели SolidWorks нажимаем на кнопку **Вращать компонент** и вращаем сборочную единицу в нужном направлении. Полоса изменения создается автоматически (рис. 76). Теперь можно либо просмотреть полученный ролик в программе, нажав на кнопку **Воспроизведение**, либо сохранить его, нажав на соответствующую кнопку.

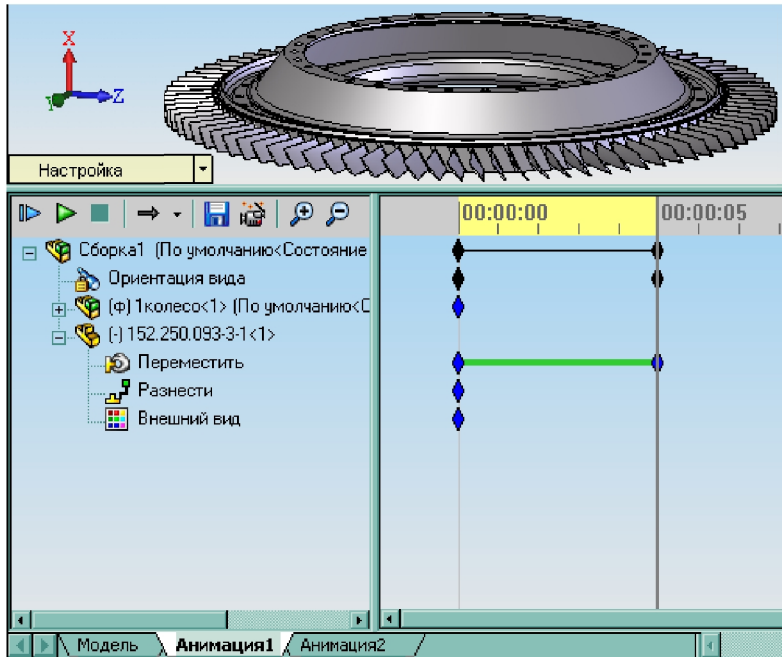


Рис. 75. Новая ключевая точка Ориентации вида

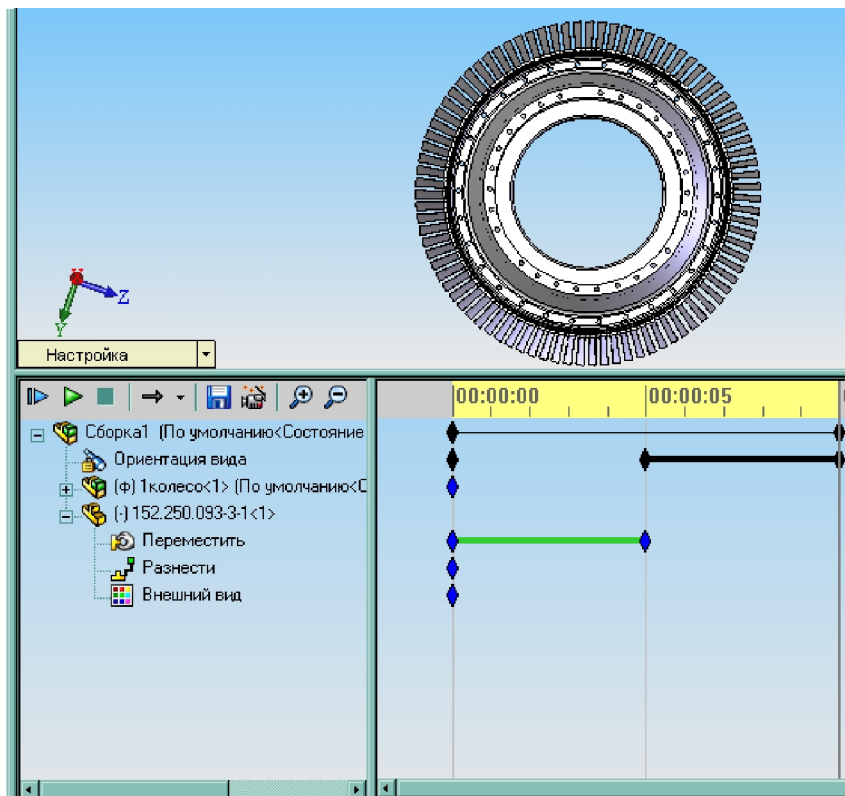


Рис. 76. Готовая анимация

7 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ДВИГАТЕЛЯ

7.1 Технологический процесс сборки КВД и ТВД (ротора со статором)

1. Монтаж корпуса переднего на приспособление
2. Монтаж ВНА в корпус передний
3. Установка на приспособление кольца
4. Монтаж рабочего кольца 9 в корпус передний
5. Осмотр лопатки колеса 9 на отсутствие забоин и др. механических повреждений и проверяется отсутствие выступания торцев замков лопаток относительно диска со входной и выходной стороны
6. Монтаж рабочего колеса 9 на приспособление
7. Замеряется радиальный зазор по колесу в 8 равномерно расположенных точках с подсчетом средней арифметической величины. Замеряется передний осевой зазор по колесу 9 в восьми равномерно расположенных точках
8. Монтаж 9 НА на 9 рабочее кольцо
9. Монтаж 10 рабочего кольца на 9 НА
10. Монтаж 9 трактового кольца на 9 рабочее колесо
11. Замерить радиальный зазор между торцами лопаток 9 НА и 9 трактовым кольцом в восьми равномерно расположенных точках с подсчетом средней арифметической величины. Замерить задний осевой зазор между колесом 9 и 9 НА в восьми равномерно расположенных точках
12. Установка колеса 10 и кольца промежуточного 10 на кольцо промежуточное 9
13. Затяжка гаек болтов крепления колеса 10
14. Выставить колесо 10 относительно 10 рабочего кольца в радиальном направлении 4-мя пластинчатыми щупами одинаковой толщины. Замерить передний осевой зазор между колесом 10 и 9 НА в восьми равномерно расположенных точках. Замерить радиальный зазор по лопаткам колеса 10 в восьми равномерно расположенных точках с подсчетом средней арифметической величины
15. Монтаж 10 НА на 10 рабочее кольцо
16. Монтаж 10 трактового кольца на колесо 10
17. Затяжка стыка колеса 10
18. Контровка стыка колеса 10
19. Замерить радиальный зазор между торцами лопаток 10 НА и 10 трактовым кольцом в 8 равномерно расположенных точках с подсчетом средней арифметической величины. Замерить задний осевой зазор между колесом 10 и 10 НА в восьми равномерно расположенных точках
20. Монтаж 11 рабочего кольца на 10 НА
21. Монтаж пакета колесо 11 – вал на кольцо промежуточное 10
22. Установка кольца Ц-1/3830 на колесо 11. Закрепление его на 30 % болтов
23. Замерить передний осевой зазор между колесом 11 и 10 НА в восьми равномерно расположенных точках. Замерить радиальный зазор между лопатками колеса 11 и рабочим кольцом 11 ступени в восьми равномерно расположенных точках
24. Демонтаж кольца Ц-1/3830 и Ц/3831
25. Установка кольца промежуточного 11 на колесо 11 и закрепление стыка
26. Затяжка гаек болтов крепления колеса 11 с промежуточными кольцами 10 и 11
27. Монтаж 12 рабочего кольца в корпус задний
28. Монтаж 11НА в корпус задний. (Выступы должны совпадать с пазами)
29. Закрепление 11НА к корпусу заднему болтами, предварительно подложив контровки. (Болты завернуть от руки)
30. Установка пакета: корпус задний – 11НА – 12 рабочее кольцо, на плиту 63691/2173. Установка крышки на корпус задний. Обжатие пакета: корпус задний – 11НА – 12 рабочее кольцо
31. Затяжка болтов крепления 11НА к корпусу заднему
32. Контровка винтов
33. Отворачивание гаек крепления крышки приспособления 63961/2173, демонтаж крышки приспособления с корпуса заднего
34. Монтаж болтов в передний фланец корпуса заднего со стопорными кольцами
35. Нанесение эмали КО-813 на входные поверхности переднего и среднего фланцев корпуса и прокладывание медной проволоки
36. Монтаж кольца перепуска на корпус задний и закрепление его
37. Нанесение эмали КО-813 на входную поверхность заднего фланца корпуса и прокладывание медной проволоки
38. Демонтаж корпуса заднего с плиты приспособления 63691/2173, переворот на 180 град и монтаж на собранный пакет статора. Закрепление стыка
39. Затяжка гаек в стыке корпусов
40. Монтирование заглушек на фланцы кольца перепуска. Затяжка стыка колеса 11 с промежуточными кольцами 10 и 11

41. Контровка стыка
42. Монтаж на кольцо промежуточное 11 проставки
43. Затяжка стыка колеса 11 с валом и проставкой
44. Монтаж 11 трактового кольца на колесо 11
45. Затяжка болтов крепления НА к корпусу переднему
46. Замер заднего осевого зазора между 11НА и колесом 11и радиального зазора между торцами лопаток 11НА и 11 трактовыми кольцом
47. Затяжка гаек в стыке колеса 11 с валом и проставкой
48. Контровка гаек стыка 11 с передним валом и проставкой
49. Установка колеса 12 и кольца промежуточного на проставку. Закрепление стыка
50. Затяжка стыка колеса 12 с промежуточными кольцами
51. Замер радиального зазора между торцами лопаток колеса 12 и рабочим колесом 12. Замер осевого зазора между колесом 12 и 11НА
52. Монтаж 12 НА в корпус задний
53. Монтаж на колесо 12 трактовое кольцо 12
54. Затяжка гайки в стыке колеса 12
55. Контровка стыка колеса 12
56. Монтаж на 12 НА 13 рабочее кольцо
57. Замер радиального зазора между торцами лопаток 12 НА и 12 трактовым кольцом
58. Монтаж колеса 12 на кольцо промежуточное 12
59. Затяжка стыка колеса 13 с промежуточными кольцами
60. Замер радиального зазора между 13 рабочим кольцом и лопатками колеса 13. Замер осевого зазора между 12 НА и колесом 13
61. Установка 13 НА на 13 рабочее кольцо
62. Монтаж 13 трактового кольца на колесо 13
63. Монтаж 14 рабочего кольца на 13 НА
64. Затяжка стыка колеса 13
65. Контровка стыка колеса 13
66. Замер осевого зазора между 13НА и колесом 13. Замер радиального зазора между торцами лопаток 13 НА и трактовым кольцом
67. Монтаж колеса 14 на кольцо промежуточное 13. Закрепление стыка колеса 14
68. Затяжка стыка колеса 14 с промежуточными кольцами
69. Замер радиального зазора между лопатками колеса 14 и 14 рабочим кольцом. Замер осевого зазора между колесом 14 и 13 НА
70. Установка 14 НА на 14 рабочее кольцо
71. Монтаж кольца трактового на колесо 14
72. Монтаж 15 рабочего кольца на 14 НА
73. Затяжка стыка колеса 14
74. Контровка стыка колеса 14 с промежуточными кольцами 13 и 14
75. Замер радиального зазора между торцами лопаток 14 НА и 14 трактовым кольцом. Замер осевого зазора между 14 НА и колесом 14
76. Демонтаж кольца трактового 14 с колеса 14
77. Монтаж кольца трактового на колесо 15
78. Монтаж колеса 15 и кольца промежуточного 15 на кольцо промежуточное 14 . Закрепление стыка. Обжим стыка затяжкой 30% гаек. Затяжка остальных гаек
79. Затяжка гаек в стыке колеса 15
80. Замер осевого зазора между колесом 15 и 14 НА. Замер радиального зазора по лопаткам колеса 15
81. Монтаж макетного вала-бочки на кольцо промежуточное 15 и крепление ее на 4 болта
82. Монтаж на вал-бочку приспособление 63609/1741
83. Монтаж пакета камеры сгорания, сшитого с 15 НА, 1 СА и корпусом наружным 2 СА на задний фланец корпуса заднего. Закрепление стыка на 30% болтов
84. Затяжка болтов крепления НА к корпусу заднему
85. Демонтаж с вала-бочки приспособления 63609/1761
86. Замер размера V от заднего торца кольца наружного 2 СА до заднего торца макетного вала-бочки
87. Расшивка стыка 15 НА с корпусом задним. Демонтаж пакета камеры сгорания, сшитого с 15 НА, 1 СА и корпусом наружным 2 СА со статора компрессора. Монтаж на 15 НА защитные сегменты Ц-1/5817
88. Демонтаж с ротора макетный вал-бочку
89. Замер размера L от торца кольца промежуточного 15 до заднего торца корпуса заднего
90. Замер размера d от заднего торца корпуса заднего до торца внутреннего лабиринта колеса 15
91. Замер размера M от торца кольца рабочего 15 до торца диска 15
92. Отворачивание и демонтаж гаек, кроме 6 равномерно расположенных со стыка колеса 15
93. Монтаж заглушки и подъемного приспособления на кольцо промежуточное 15

94. Открепление статора компрессора ВД от приспособления 63691/1687. Поднятие компрессора и установка его на подставку 63590/1026
95. Замер размера «г» от торца диска колеса 9 до упорного буртика вала в 4-х равномерно расположенных точках с подсчетом средней арифметической величины
96. Замер радиального биения β_6 по проставке 15 по посадочному диаметру под вал-оболочку в восьми равномерно расположенных точках относительно метки взаимного положения, вид по полету
97. Замер торцевого биения β_5 по заднему фланцу проставки 15 в восьми равномерно расположенных точках относительно точки взаимного положения
98. Замерить радиальные биения по внутреннему диаметру дисков колес 13, 14, 15 – $\beta_2, \beta_3, \beta_4$, втулке колеса 12 β_1 , в восьми равномерно расположенных точках относительно метки взаимного положения
99. Установка передней транспортной фермы на подставку 63590/2376
100. Подъем компрессора и установка его на переднюю транспортную ферму, закрепление стыка статора КВД с фермой, установка на тележку
101. Расчет величины шайбы

Пример: переход 6 - Монтаж рабочего колеса 9 на приспособление. На рис. 77 указано положение деталей до перехода, и на рис. 78 - после перехода.

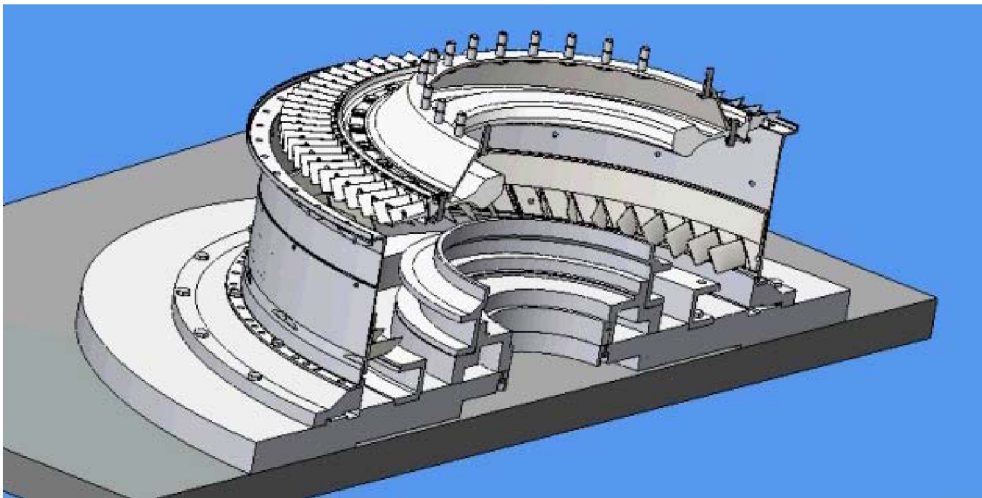


Рис. 77. Положение деталей до перехода

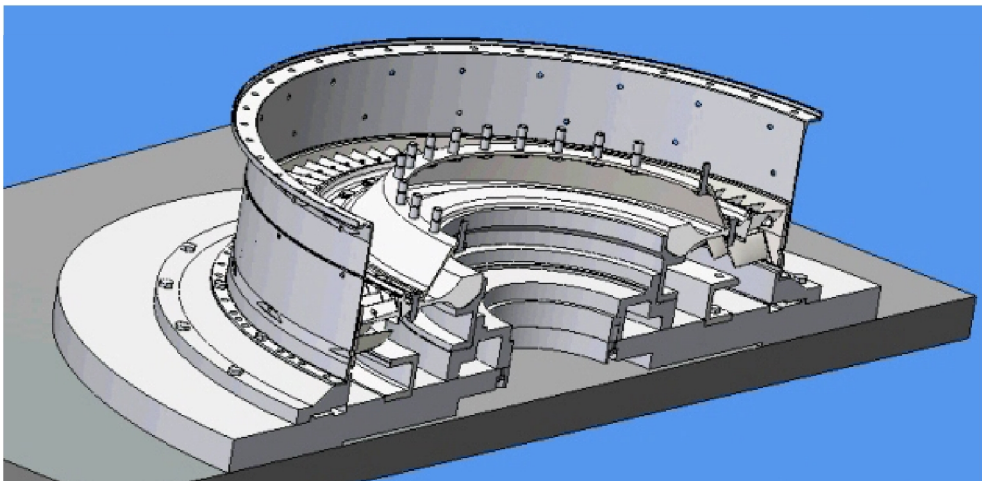


Рис. 78. Положение деталей после перехода

7.2 Описание технологического процесса сборки двигателя из модулей

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Операция 1. | Памятка |
| Операция 2. | Комплектовка |
| Операция 3. | Промывка |
| Операция 4. | Контроль |
| Операция 5. | Подготовка средней опоры к сборке |

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности узла средней опоры к сборке. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Снять струбцину крепления внутренней обоймы подшипника в средней опоре, вынуть переднюю половину внутренней обоймы подшипника

Переход 3. Установить на фланец передней опоры в месте стыковки со статором КВД концевые меры длины в приспособление и линейку согласно эскизу №2

Переход 4. Закрепить подъемное приспособление на верхнюю точку средней опоры и трос на задний фланец. Поднять среднюю опору двумя тельферами, повернуть фланцем крепление КМА вниз. Установить на переднюю подставку передним фланцем вверх

Переход 5. Ввернуть втулку «2» приспособления 63505/919 до упора

Переход 6. Установить на переходной фланец средней опоры упорную плиту приспособления 63505/919 и закрепить ее на 6-8 шпильках средней опоры

Переход 7. Закрепить подъемное приспособление на верхнюю точку средней опоры и трос на задний фланец. Поднять среднюю опору двумя тельферами. Установить на переднюю подставку передним фланцем вниз. Снять подъемное приспособление

Переход 8. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 6. Контроль

Операция 7. Постановка компрессора ВД

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности. Произвести внешний осмотр.

Переход 2. Нагреть внутреннюю обойму подшипника с помощью электрооправки до температуры 100...110 град в течение 20-25 мин.

Переход 3. Установить подъемные приспособления и закрепить их

Переход 4. Установить компрессор ВД на подставку

Переход 5. Навернуть на резьбу переднего носка ротора КВД штангу приспособления для запрессовки ротора с переходной втулкой Ц-1/3755

Переход 6. Проверить легкость установки кольца поз.120 на передний вал компрессора ВД. Кольцо должно монтироваться и демонтироваться с вала свободно от руки

Переход 7. Смонтировать в среднюю опору кольцо поз. 118, кольцо поз. 120 согласно черт. 152.100.000-5 по рискам взаимного положения

Переход 8. Совместить риски на половинках внутренних обоймах шарикоподшипника, втулки кольца регулировочного и кольца с «0»

Переход 9. Снять компрессор ВД с подставки и опустить передним носком ротора в подшипник средней опоры. Запрессовать ротор КВД с помощью приспособления до штифтов средней опоры. Ввернуть во втулку приспособления стяжной болт 6

Переход 10. Демонтировать с компрессора ВД приспособление, фиксирующее ротор относительно статора. Заглушить тракт компрессора ВД заглушкой

Переход 11. Осадить компрессор ВД по штифтам

Переход 12. Снять с ротора подъемно-поворотные приспособления

Переход 13. Отвернуть на 2-2,5 оборота гайки крепления приспособления на опоре и вывернуть стяжной болт 6 для обеспечения возможности поворота ротора от руки

Переход 14. Закрепить компрессор ВД на средней опоре. Не контрить

Переход 15. Заглушить тракт двигателя

Переход 16. Замерить размер «d» от заднего фланца корпуса заднего до внутреннего лабиринта рабочего колеса 15 и сравнить с заданным

Переход 17. Заглушить тракт двигателя

Переход 18. Замерить радиальный зазор между трактовым кольцом на средней опоре и входным направляющим аппаратом КВД в 8 равномерно расположенных точках

Переход 19. Законтрить компрессор ВД на средней опоре по черт. 152.100.000-5

Переход 20. Смонтировать детали для смотрового лючка

Переход 21. Навернуть заглушки лючков осмотра

Переход 22. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 8. Контроль

Операция 9. Регулировка клапанов перепуска КВД

Операция 10. Контроль

Операция 11. Постановка оболочки ВД

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Установить оболочку ВД на фланец средней опоры. Оболочка не должна перекрывать лючки осмотра на компрессоре ВД. Установить болты крепления оболочки к средней опоре по ч. 152.100.000-5

Переход 3. Болты затянуть, но не контрить

Переход 4. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 12. Контроль

Операция 13. Постановка блока камеры сгорания

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности блока КС. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Снять чехол с компрессора ВД

Переход 3. Предъявить мастеру и контролеру доступную для осмотра внутреннюю полость КВД и блока КС для внешнего осмотра на отсутствие посторонних предметов

Переход 4. Отрезать трубку поз.80 черт. 152.240.200-9 длиной 2330мм

Переход 5. Пропустить через трубку 80 нить в канавку 15 НА, продеть трубку, стянуть ее ниткой. В смонтированном состоянии измерить зазор между концами трубки

Переход 6. Смонтировать на компрессор ВД приспособление для центровки блока камеры сгорания

Переход 7. Смонтировать на блок камеры сгорания подъемные приспособления

Переход 8. Демонтировать с компрессора ВД заглушку

Переход 9. Поднять блок камеры сгорания и смонтировать на статор КВД

Переход 10. Навернуть на резьбу болтов гайки поз.40 и поз.41, затягивать гайки поочередно гаечным ключом в диаметрально-противоположных местах

Переход 11. Снять с блока камеры сгорания подъемные приспособления и приспособления для центровки блока камеры сгорания

Переход 12. Измерить размер L от заднего торца вала-бочки согласно эскизу №1 к данной операции.

Переход 13. Измерить размер a_1 от торца вала-бочки до торца лабиринта на сопловом аппарате 1ст согласно эскизу №1 к данной операции

Переход 14. Подсчитать осевой зазор $d_1 = a_2 - a_1$, a_2 – из паспорта на турбину

Переход 15. Зачехлить тракт двигателя чехлом

Переход 16. Установить кронштейны поз.17 и проушины поз.1 под тяги крепления оболочки

Переход 17. Установить левый клапан стабилизации

Переход 18. Установить правый клапан стабилизации

Переход 19. Установить на ресивер регулятор открытия клапанов

Переход 20. Смонтировать трубопровод поз.24 от регулятора открытия клапанов к левому клапану стабилизации давления поз.21

Переход 21. Смонтировать и закрепить трубопровод от регулятора открытия клапанов

Переход 22. Гайки трубопроводов 23 и 24 затянуть и законтрить

Переход 23. Смонтировать трубопровод 22 от регуляторов открытия клапанов к штуцеру на камере сгорания

Переход 24. Гайки крепления трубопровода 22 затянуть и законтрить

Переход 25. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 14. Контроль

Операция 15. Постановка гайки ротора ВД

Переход 1. Произвести внешний осмотр гайки ротора ВД

Переход 2. Установить на среднюю опору боковые цапфы. При установке цапф ось их должна быть расположена строго перпендикулярно вертикальной плоскости и должна находиться в горизонтальной плоскости, при этом плоскости проходят через центр двигателя

Переход 3. Снять чехол с блока камеры сгорания

Переход 4. Установить на фланец СА 1ст приспособление для фиксации ротора ВД относительно блока камеры сгорания и закрепить с помощью болтов на фланце соплового аппарата

Переход 5. Установить траверсу на цапфы приспособления для фиксации ротора ВД, вернуть в цапфы приспособления «пяточки»

Переход 6. Поднять двигатель в вертикальное положение и повернуть его на 90 град. Установить среднюю опору на монтажную тележку и закрепить на цапфах, КС приподнять относительно средней опоры краном

Переход 7. Снять со средней опоры приспособление для запрессовки ротора компрессора ВД

Переход 8. Смонтировать гайку, затянуть от руки

Переход 9. Надеть на переходник поз.130 кольцо уплотнительное. Установить в переходник фильтр поз.18, установку фильтра производить в любом положении. Надеть на переходник поз.130 кольцо уплотнительное поз.136 и установить переходник поз.130

Переход 10. Установить собранные переходники в центральный привод

Переход 11. Закрепить центральный привод болтами поз.54 и шайбами стопорными поз.68, предварительно проверив длину болтов

Переход 12. Измерить зазор в зацеплении шестерни центрального привода и шестерни ВД

Переход 13. Надеть на переходник поз.19 уплотнительные кольца поз.186. Установить переходник поз.19 в среднюю опору и закрепить

Переход 14. Отсоединить изделие от монтажной тележки, повернуть изделие средней опорой вверх. Установить изделие на подставку

Переход 15. Установить на среднюю опору технологическую заглушку. Масляную полость средней опоры закрыть чехлом

Переход 16. Демонтировать подъемно-поворотное приспособление

Переход 17. Смонтировать приспособление для затяжки гайки КВД

Переход 18. Затянуть гайку

Переход 19. Демонтировать приспособление для затяжки гайки

Переход 20. Законтрить гайку, обжав контровку в 3-х местах, равномерно расположенных по окружности

Переход 21. Собрать ключ 64429/2312. Установить детали по чертежу 152.100.000-5 сеч. А-А. Затянуть обойму

Переход 22. Демонтировать ключ

Переход 23. Законтрить гайку, обжав контрольный бурт обоймы в шести местах, равномерно расположенных по окружности

Переход 24. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 16. Контроль

Операция 17. Постановка центрального привода и проверка зацепления шестерен

Операция 18. Контроль

Операция 19. Замер размера «К» до торца гайки ВД

Операция 20. Контроль

Операция 21. Подготовка компрессора НД

Переход 1. Проверить наличие бирки на компрессор НД о готовности к сборке

Переход 2. Произвести внешний осмотр

Переход 3. Установить на задний носок ротора компрессора НД подъемные приспособления

Переход 4. Поднять ротор компрессора НД вертикально. Установить траверсу и повернуть ротор задним валом вниз, отцепить крюк крана от заднего вала КНД. Установить ротор КНД на подставку

Переход 5. Снять с заднего носка ротора КНД тягу 65381/573 с карабином 65381/1058, вывернуть переходник из шлицевой муфты. Отсоединить ферму 63609/1690 от статора КНД

Переход 6. Поднять ротор КНД вертикально для снятия фермы 63609/1690, снять ферму 63609/1690

Опустить КНД на подставку на фланец статора компрессора НД

Переход 7. Снять траверсу 65381/583 с ротора КНД. Установить ключ 64429/2295 с плитой 64429/2295 для отворачивания стяжной гайки. Плиту закрепить к приспособлению болт-шпильками

Переход 8. Вращением детали 1 от руки выбрать зазор между витками пружины гайки, придерживая деталь 2 от проворачивания. Вращением детали 2 по часовой стрелке, придерживая ключ 6 от проворачивания, убедиться, что шлицевая втулка гайки 6 вышла из шлиц гайки; деталь 2 должна проворачиваться вместе со шлицевой втулкой гайки поз.6. Поворотом ключа 6 отвернуть стяжную гайку поз.6 и демонтировать шлицевую втулку гайки поз.6. Приподнять ключ 6 с гайкой поз.6 и зафиксировать

Переход 9. Зачехлить ротор КНД

Переход 10. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 22. Контроль

Операция 23. Постановка контактного уплотнения на задний вал компрессора НД

Переход 1. Смонтировать на задний вал компрессора НД контактное уплотнение:

а. Установить на задний вал ротора КНД корпус поз.6 предварительно нагрет корпус в электропечке

б. Установить на задний вал ротора КНД кольца уплотнительные поз. 14. 2 шт

в. Проверить на пружинах контактного уплотнения наличие пломбы и металлической бирки с маркировкой

г. Смонтировать пружины поз. 27 в корпус поз.6

Переход 2. Проверить перемещение втулки поз.5

Переход 3. Демонтировать втулки Ц-1/6054... 2шт

Переход 4. Установить на задний вал ротора КНД по штифтам корпуса поз.6 втулку поз.5. Установить кольца поз.11 на штифты корпуса, обжав их до соприкосновения стыка

Переход 5. Подсчитать размер Y между торцом заднего вала ротора КНД и торцом контактного уплотнения. Подсчитать зазор I между стопорным кольцом и торцом втулки контактного уплотнения

Переход 6. Установить защитный кожух на среднее контактное уплотнение на заднем валу ротора КНД

Переход 7. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 24. Контроль

Операция 25. Постановка крышки средней опоры

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности крышки средней опоры. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Установить уплотнительные кольца поз. 84..2шт на крышку средней опоры

Переход 3. Расправить уплотнительные кольца с помощью спец. оправки

Переход 4. Установить переходник поз. 122 на переходник центрального привода, установку переходника производить до упора. Установить фильтр поз.18 в переходник поз.122

Переход 5. Смазать фланец средней опоры, стыкуемый с фланцем крышки герметиком ТГ-18

Переход 6. Установить на среднюю опору крышку средней опоры с кожухом поз.9, установить лабиринт поз.140 и закрепить болтами с шайбами

Переход 7. Установить на лабиринт предохранительный кожух. Затянуть окончательно болты

Переход 8. Снять предохранительный кожух

Переход 9. Удалить лишний герметик

Переход 10. Оформить операцию в маршрутной карте.

Операция 26. Контроль

Операция 27. Постановка компрессора НД

- Переход 1.** Проверить наличие бирки о готовности КНД. Произвести внешний осмотр
- Переход 2.** Снять защитный кожух с втулки поз.20 на заднем валу ротора КНД
- Переход 3.** Проверить стопорение гаек на заднем валу ротора КНД
- Переход 4.** Снять кожух с подшипника ротора КНД
- Переход 5.** Снять заглушку Ц-1/4190 со средней опоры
- Переход 6.** Собрать подъемное приспособление и установить на приспособление стоящее на КНД
- Переход 7.** Снять КНД с подставки и установить на среднюю опору
- Переход 8.** Зачехлить промежуточную опору на роторе КНД чехлом
- Переход 9.** Закрепить статор КНД на средней опоре, затянуть и законтрить болты
- Переход 10.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 28. Контроль**Операция 29.** Постановка кожуха НД

- Переход 1.** Установить половинки кожуха компрессора НД на КНД с прокладкой. Закрепить половинки кожуха КНД между собой и к кронштейну, болты поз.17 затянуть
- Переход 2.** Замерить суммарный зазор между кожухом НД и торцем средней опоры и между кожухом НД и корпусом НД
- Переход 3.** Законтрить болты крепления половинок кожуха
- Переход 4.** На кожухе КНД закрыть окна для подхода к болтам 19 накладками и закрепить болтами
- Переход 5.** Смонтировать на кожух детали лючков осмотра
- Переход 6.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 30. Контроль**Операция 31.** Поворот двигателя на 180 град**Операция 32.** Контроль**Операция 33.** Постановка колеса турбины ВД

- Переход 1.** Проверить наличие бирки. Произвести внешний осмотр
- Переход 2.** Навернуть на резьбу заднего вала колеса ТВД подъемное приспособление и зафиксировать приспособление при помощи фиксаторов. Установить колесо турбины на подставку
- Переход 3.** Установить колесо турбины ВД на шпильки ротора до упора. Снять приспособление для подъема колеса ВД. Установить моторные гайки, шайбы и контровки по 3шт. Не контрить!
- Переход 4.** Установить технологические заглушку в вал колеса турбины ВД
- Переход 5.** Осадить колесо турбины гайками
- Переход 6.** Затянуть гайки крепления пакета дефлектор – колесо – вал задний
- Переход 7.** Проверить вращение ротора турбины ВД
- Переход 8.** Замерить зазор L между задним торцем воздухоподводящей трубы и торцем заднего вала ТВД
- Переход 9.** Замерить радиальный зазор P_a между гребешками лопаток колеса и сегментами уплотнения
- Переход 10.** Замерить передний осевой зазор P_f по бандажной полке лопаток колеса
- Переход 11.** Зачехлить тракт двигателя чехлом.
- Переход 12.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 34. Контроль**Операция 35.** Окончательная постановка колеса ВД

- Переход 1.** Расчехлить двигатель
- Переход 2.** Смонтировать сепаратор и ролики подшипника ВД в колесо турбины ВД. Ролики смазать ЦИАТИМ-201, чтобы они не выпадали
- Переход 3.** Смонтировать приспособление 63609/1694 для фиксации ротора с прижатием ротора к одной стороне на приспособлении 65381/1799
- Переход 4.** Смонтировать и закрепить на приспособлении 63609/1694 приспособление для крепления индикатора. Закрепить индикатор
- Переход 5.** Произвести затяжку гаек крепления пакета дефлектор-колесо-вал задний
- Переход 6.** Произвести затяжку гаек крепления колеса турбины ВД к валу ВД
- Переход 7.** Замерить торцевое биение по торцу М диска или лабиринта колеса ТВД
- Переход 8.** Демонтировать приспособление 65381/1799 и приспособление 63609/1694, фиксирующее ротор турбины ВД
- Переход 9.** Установить в вал колеса турбины ВД заглушку
- Переход 10.** Снять подшипник (сепаратор с роликами) с вала колеса ТВД. Сепаратор с роликами промыть и поместить в тару с маслом
- Переход 11.** Установить предохранительный кожух на лабиринт вала ВД
- Переход 12.** Законтрить гайки крепления пакета дефлектор-колесо-вал задний
- Переход 13.** Законтрить гайки крепления колеса ТВД
- Переход 14.** Снять предохранительный кожух Ц-1/4463 с лабиринта вала ВД
- Переход 15.** Зачехлить тракт двигателя
- Переход 16.** Оформить операцию в маршрутной карте.

Операция 36. Контроль

Операция 37. Постановка соплового аппарата 2 ступени

Переход 1. Проверить наличие бирки о готовности соплового аппарата 2 ступени. Произвести внешний осмотр.

Переход 2. Проверить надежность крепления лопаток соплового аппарата крючками приспособления 65381/1858

Переход 3. Установить подъемное приспособление на приспособление 65381/1858

Переход 4. Расчехлить тракт двигателя

Переход 5. Проверить установку заглушки на наружном корпусе 1 СА

Переход 6. В полости Э₁ под сопловой аппарат 2 нанести органосиликатный состав Т-11

Переход 7. Поднять СА 2 и установить его в статор турбины ВД таким образом, чтобы в пазы лопаток СА вошли шпонки наружного корпуса

Переход 8. Демонтировать приспособление с СА 2

Переход 9. Демонтировать подъемное приспособление 65381/366

Переход 10. Установить заглушку на СА 2

Переход 11. Поставить на лабиринтное кольцо 2 СА приспособление для замера биения по наружному кольцу 1 СА

Переход 12. Установить на приспособление державку приспособления 63691/1860 и индикатор

Переход 13. Настроить индикатор по поверхности Б наружного кольца 1СА

Переход 14. Проверить биение по точкам на поверхности Б

Переход 15. Снять приспособление для замера биения с лабиринта СА 2

Переход 16. Снять с наружного кольца 1 СА приспособление для подъема

Переход 17. Установить в проточку наружного кольца 1 СА кольцо замковое поз.14

Переход 18. Снять заглушку с наружного кольца СА 1. Установить и закрепить заглушку 16 согласно черт. 152.411-110-1

Переход 19. Установить на наружное кольцо НД экран поз.9 и гайку поз.23

Переход 20. Установить на двигатель чехол

Переход 21. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 38. Контроль

Операция 39. Подбор дистанционных колец под ротор турбины НД

Операция 40. Контроль

Операция 41. Постановка контактного уплотнения на задний вал колеса турбины ВД

Переход 1. Графитовое кольцо контактного уплотнения колеса ТВД сжать по стыку и связать х/б нитью через отверстия у стыка. Нитку завязать тройным узлом, концы обрезать, оставив 2-3мм

Переход 2. Смазать наружный диаметр и торцы уплотнительного кольца маслом МК-8, установить уплотнительное кольцо на задний вал ТВД

Переход 3. Установить контровки в пазы заднего вала

Переход 4. Смонтировать на вал и затянуть гайку

Переход 5. Замерить зазор Э между торцом кольца уплотнительного и торцом вала

Переход 6. Законтрить гайку

Переход 7. Замерить диаметр беговой дорожки наружной обоймы в четырех плоскостях. Проконтролировать овальность

Переход 8. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 42. Контроль

Операция 43. Постановка переднего контактного уплотнения на ротор турбины НД

Переход 1. Графитовое кольцо контактного уплотнения поз.20 сжать по стыку и связать х/б нитью через отверстия у стыка. Нитку завязать тройным узлом, концы обрезать, оставив 2-3мм

Переход 2. Смазать наружный диаметр и торцы уплотнительного кольца маслом МК-8, установить на передний вал ротора турбины НД, кольцо устанавливается любым торцом в сторону втулки поз.18

Переход 3. Надеть на ротор турбины НД гайку поз.24, затянуть до конца резьбы от руки. Надеть ключ и хомут для затяжки гайки

Переход 4. Установить хомут для фиксации ротора. Установить тарированный ключ для затяжки гайки. Затянуть гайку. Снять тарированный ключ

Переход 5. Размонтировать и снять хомут, снять ключ для затяжки гайки

Переход 6. Замерить зазор между торцом кольца поз.20 и торцом гайки поз.24

Переход 7. Установить на ротор турбины НД приспособление для стопорения гайки поз.24 переднего контактного уплотнения на ротор турбины НД

Переход 8. Законтрить гайку поз.24 обжатием в три паза

Переход 9. Надеть на гайку переднего контактного уплотнения технологическое кольцо-оправку.

Переход 10. Зачехлить тракт двигателя

Переход 11. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 44. Контроль

Операция 45. Постановка ротора турбины НД

Переход 1. Проверить бирку, произвести внешний осмотр

Переход 2. Смонтировать на передний вал ротора турбины НД дистанционное кольцо Г. Установить на передний вал ротора турбины НД дистанционное кольцо Л

Переход 3. Замерить размер В от торца кольца Л до торца кольца Г

Переход 4. Установить на передний и задний вал ротора турбины НД подъемно-поворотные приспособления

Переход 5. Поднять ротор турбины НД в горизонтальном положении, повернуть передним валом вниз и установить на подставку. Снять с переднего вала ротора турбины НД приспособление для подъема. Снять тягу с заднего вала ротора турбины НД и вместо нее установить тендер и динамометр.

Переход 6. Установить сегменты 2 ступени в статор турбины. Монтаж сегментов вести поочередно, при этом одновременно монтировать между сегментами ступенчатые пластины

Переход 7. Смазать и установить ролики в сепаратор. Смазать беговую дорожку наружной обоймы подшипника ВД. Установить в наружную обойму подшипника ВД сепаратор с роликами так, чтобы сепаратор был расположен маркированным торцом в сторону опоры турбины. Расправить ролики подшипника ВД

Переход 8. Расчехлить тракт двигателя и снять заглушку Ц-1/4859 со 2 СА. Снять заглушку Ц-1/3821 с заднего вала колеса турбины ВД

Переход 9. Отцентрировать графитовое уплотнительное кольцо контактного уплотнения на заднем валу колеса ТВД и графитовое уплотнительное кольцо ротора турбины НД, они должны быть связаны

Переход 10. Установить приспособление Ц-1/6499 для направления ротора турбины НД в подшипник ВД

Переход 11. Поднять ротор турбины НД с подставки и опустить в вал колеса турбины ВД до упора. В тот момент, когда зазор между статором турбины и ротором ТНД будет ~ 300-500мм, демонтировать приспособление Ц-1/6499

Переход 12. Проверить вращение ротора

Переход 13. Демонтировать с ротора турбины НД подъемное приспособление

Переход 14. Обстучать ротор турбины НД резиновым молотком и замерить размер L от заднего торца вала ТНД до заднего фланца статора турбины. И сравнить с заданным

Переход 15. Замерить радиальный зазор между гребешками лопаток колеса турбины НД и сегментами уплотнения

Переход 16. Зачехлить тракт двигателя

Переход 17. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 46. Контроль

Операция 47. Затяжка гайки ротора турбины НД

Переход 1. Произвести внешний осмотр гайки

Переход 2. Навернуть стяжную гайку роторов НД на 3-4 оборота на передний вал ротора турбины, резьба правая

Переход 3. Поворачивая штангу ключа по часовой стрелке, затянуть стяжную гайку роторов НД окончательно

Переход 4. Отвернуть болт, снять шайбу и рукоятку ключа

Переход 5. Ввернуть болт в стяжную гайку до упора

Переход 6. Поворотом болта по часовой стрелке законтрить стяжную гайку роторов

Переход 7. Снять болт

Переход 8. Снять плиту ключа

Переход 9. Замерить передний осевой зазор по бандажной полке лопаток колеса турбины НД

Переход 10. Замерить размер U_7 от заднего фланца кольца НД до торца меньшего лабиринта на заднем валу турбины НД для подсчета зазора Г

Переход 11. Установить гайку на задний вал ротора ТНД и затянуть ее

Переход 12. Установить приспособление для стопорения гайки на заднем валу ротора. Законтрить гайку обжатием в три паза

Переход 13. Зачехлить тракт двигателя

Переход 14. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 48. Контроль

Операция 49. Постановка заднего контактного уплотнения на ротор турбины НД

Операция 50. Контроль

Операция 51. Установка опоры турбины

Переход 1. Проверить наличие бирки и произвести внешний осмотр

Переход 2. Установить подъемное приспособление

Переход 3. Установить опору турбины на подставку

Переход 4. Снять заглушку с опоры турбины

Переход 5. Демонтировать сепаратор с роликами из заднего подшипника опоры турбины.

Переход 6. Демонтировать сборочные единицы Г₂ детали Д₂ и детали Е₂

Переход 7. Расчехлить тракт двигателя

- Переход 8.** Проверить внешним осмотром стопорение гайки заднего контактного уплотнения
- Переход 9.** Смонтировать опору турбины на статор турбины
- Переход 10.** Демонтировать с опоры турбины подъемное приспособление
- Переход 11.** В первую очередь установить призонные болты, расставить пластины поз.16. Закрепить опору турбины, затянуть гайки
- Переход 12.** Проверить легкость вращения ротора
- Переход 13.** Замерить радиальный зазор Ra_2 между гребешками лопаток колеса турбины НД и сегментами уплотнения
- Переход 14.** Замерить зазор L_1 между передним торцом форсунки в опоре турбины и гайкой на заднем валу ротора турбины НД
- Переход 15.** Смонтировать на опору турбины вновь сборочные единицы G_2 , детали D_2 , и детали E_2
- Переход 16.** Детали E_2 затянуть
- Переход 17.** Детали E_2 стопорить деталями D_2
- Переход 18.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 52. Контроль

Операция 53. Установка капота турбины

- Переход 1.** Произвести внешний осмотр
- Переход 2.** Расконтрить гайки и расшить трубы перепуска в месте соединения
- Переход 3.** Демонтировать заглушку со штуцера на статоре турбины ВД под радиальный трубопровод
- Переход 4.** Снять переходник 41 с привода охлаждения турбины
- Переход 5.** Установить на статор турбины ВД две половинки капота турбины. На цилиндрическую часть капота установить технологический хомут, болт хомута затянуть
- Переход 6.** Установить элементы крепления капота турбины
- Переход 7.** Завернуть окончательно винты крепления капота турбины к статору
- Переход 8.** Затянуть окончательно винты крепления продольных разъемов капота турбины
- Переход 9.** Затянуть окончательно винты крепления капота к пластинам
- Переход 10.** Смонтировать обтекатель поз.2 и закрепить
- Переход 11.** Установить крышки на капот турбины в месте выхода патрубков труб перепуска воздуха
- Переход 12.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 54. Контроль

Операция 55. Постановка труб перепуска

- Переход 1.** Установить трубы перепуска на фланцы ресивера статора, состыковать их с патрубками труб перепуска. Закрепить трубы перепуска на ресивере статора КВД
- Переход 2.** Затянуть гайки 3 на трубах перепуска и законтрить проволокой
- Переход 3.** Закрепить трубы перепуска на установленных кронштейнах
- Переход 4.** Установить привод клапанов на статор КВД.
- Переход 5.** Закрепить окончательно оболочку ВД
- Переход 6.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 56. Контроль

Операция 57. Постановка средней оболочки

- Переход 1.** Произвести внешний осмотр
- Переход 2.** Разглушить фланец на ресивере статора КВД справа по полету и установить патрубок 5, закрепить и законтрить. На патрубок установить кольцо
- Переход 3.** На проушины, установленные в месте крепления ресивера статора КВД, установить тяги
- Переход 4.** Закрепить подъемное приспособление на фланец средней оболочки
- Переход 5.** Установить среднюю оболочку на фланец средней опоры, осуществить осадку оболочки по штифтам с помощью крепежных болтов
- Переход 6.** Закрыть полость средней оболочки чехлом
- Переход 7.** Снять со средней оболочки и со статора КВД заглушки лючков осмотра ЛКВД, с блока камеры сгорания снять заглушки лючков осмотра ЛКС
- Переход 8.** Установить заглушки лючков осмотра на статор КВД, блок КС и на среднюю оболочку
- Переход 9.** Закрепить среднюю оболочку на фланце средней опоры.
- Переход 10.** Подсоединить и закрепить тяги к средней оболочке. Законтрить тяги стопорные на тягах
- Переход 11.** Установить на привод клапанов кольцо уплотнительное
- Переход 12.** Установить детали уплотнения на среднюю оболочку в месте вывода привода клапанов и в месте вывода патрубка под агрегат регулятор комбинированный
- Переход 13.** Заглушить патрубок пленкой и завязать контролочной проволокой
- Переход 14.** Установить радиальные трубопроводы
- Переход 15.** Установить детали уплотнения, крышку, проходник на средней оболочке в месте вывода трубопровода.
- Переход 16.** Установить на среднюю оболочку крышку заглушку 198 и крышку 196, 208
- Переход 17.** Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 58. Контроль

Операция 59. Постановка запальников**Переход 1.** Провести внешний осмотр воспламенителей**Переход 2.** Снять заглушки (2шт) с камеры сгорания**Переход 3.** Установить воспламенители на блок КС свечами в сторону компрессора**Переход 4.** Законтрить гайки воспламенителей**Переход 5.** Установить детали уплотнения на среднюю оболочку**Переход 6.** Установить половинки крышек 173,174 в месте вывода воспламенителей на среднюю оболочку**Переход 7.** Установить и закрепить хомут 23 на среднюю оболочку**Переход 8.** Оформить операцию в маршрутной карте**Операция 60.** Контроль**Операция 61.** Постановка радиальных трубопроводов к камере сгорания**Операция 62.** Поворот двигателя на 180 град**Операция 63.** Контроль**Операция 64.** Постановка передней оболочки**Переход 1.** Произвести внешний осмотр**Переход 2.** На фланец средней опоры нанести герметик**Переход 3.** Закрепить подъемное приспособление на фланце оболочки**Переход 4.** Установить наружную переднюю оболочку на фланец средней опоры**Переход 5.** Закрепить переднюю оболочку на средней опоре**Переход 6.** Затянуть гайки**Операция 65.** Контроль**Операция 66.** Постановка 3а направляющего аппарата с кольцом на переднюю оболочку**Переход 1.** Произвести внешний осмотр**Переход 2.** Установить на кольцо 3а направляющий аппарат. Закрепить, установить болты (призонные болты в первую очередь)**Переход 3.** Установить на переднюю наружную оболочку НА с кольцом**Переход 4.** Закрепить 3а НА на оболочке. Затянуть гайки**Переход 5.** Установка агрегатов на 3а НА**Переход 6.** Оформить пункт операции в маршрутной карте**Операция 67.** Контроль**Операция 68.** Постановка выходного вала свободной турбины с крышкой средней опоры**Операция 69.** Контроль**Операция 70.** Постановка предвходного НА**Операция 71.** Контроль**Операция 72.** Поворот двигателя на 180 град**Операция 73.** Контроль**Операция 74.** Постановка штырей на лючки осмотра**Операция 75.** Подбор дистанционных колец под ротор силовой турбины**Операция 76.** Контроль**Операция 77.** Постановка контактного уплотнения на ротор силовой турбины**Переход 1.** Сжать по стыку детали поз.24, 25 и связать х/б нитью**Переход 2.** Приподнять ротор силовой турбины за передний вал, установив графитовое кольцо поз. 25, кольцо пружинное поз.39 и графитовое кольцо 24 (чертеж 152.436.100)**Переход 3.** Приподнять ротор силовой турбины за передний вал, одев на вал гайку 28, опустить ротор силовой турбины на тележку и наверх гайку на резьбу вала силовой турбины. Гайку затягивать от руки до конца резьбы**Переход 4.** Сместить стыки колец 24, 25 относительно друг друга на 180 градусов**Переход 5.** Приподнять ротор силовой турбины за передний вал, смонтировав ключ для затяжки гайки 28, опустить ротор на тележку**Переход 6.** Затянуть гайку**Переход 7.** Приподнять ротор силовой турбины за передний вал, размонтировать ключ, опустить ротор силовой турбины на тележку и закрепить, снять ключ**Переход 8.** Законтрить гайку 28, обжатием буртика гайки в 3 паза**Переход 9.** Сжать по стыку детали поз. 22 и 30 и связать х/б нитью**Переход 10.** Приподнять ротор СТ за передний вал, установив на вал графитовое кольцо 22, кольцо пружинное 23 и графитовое кольцо 28. Опустить ротор СТ на тележку**Переход 11.** Приподнять ротор СТ за передний вал, одев на вал гайку 18, опустить ротор СТ на тележку и наверх гайку поз. 18 на резьбу вала СТ, гайку затянуть от руки до конца резьбы**Переход 12.** Сместить стыки колец 30, 22 друг относительно друга на 180 градусов**Переход 13.** Затянуть гайку**Переход 14.** Приподнять ротор СТ в горизонтальном положении, отвести ключ к носку силовой турбины, опустить ротор СТ на тележку и закрепить и снять ключ

Переход 15. Законтрить гайку, обжатием

Переход 16. Установить ротор СТ на технологическую подставку передним валом вниз

Переход 17. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 78. Контроль

Операция 79. Постановка силовой турбины

Переход 1. Проверить наличие бирки на ротор силовой турбины о готовности. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Установить на передний носок ротора турбины подъемно-поворотные приспособления

Переход 3. Поднять ротор силовой турбины в горизонтальном положении, повернуть валом вниз и установить на подставку. Снять с переднего носка ротора СТ подъемное приспособление. Снять подъемное приспособление с фермы

Переход 4. Напрессовать на передний носок ротора силовой турбины дистанционные кольца

Переход 5. Снять чехол с двигателя

Переход 6. Накинуть на двигатель кольцо бронезащитное

Переход 7. Снять подъемное приспособление с фермы

Переход 8. Поднять ротор силовой турбины с подставки и опустить в вал СТ до упора. В тот момент, когда шлицевая часть вала пройдет камеру сгорания, снять приспособление Ц-1/4365

Переход 9. Снять с силовой турбины подъемное приспособление и приспособление для фиксации статора относительно ротора

Переход 10. Закрепить статор силовой турбины на опоре турбины

Переход 11. Проверить вращение ротора силовой турбины

Переход 12. Замерить размер L_1 от заднего фланца статора силовой турбины до заднего фланца вала силовой турбины

Переход 13. Замерить передний осевой зазор $Ж_1$ по бандажной полке лопаток колеса силовой турбины

Переход 14. Замерить $Ра_4$ – радиальный зазор по 4ст. колеса турбины

Переход 15. Установить кронштейны и закрепить их в разьеме опоры турбины и силовой турбины

Переход 16. Зачехлить двигатель

Переход 17. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 80. Контроль

Операция 81. Затяжка стяжного болта роторов СТ

Переход 1. Навернуть на передний носок ротора силовой турбины стяжной болт поз.8 на 2-3 оборота

Переход 2. Поворотом детали поз.5 по часовой стрелке ввернуть ее в деталь поз.10 до упора, придерживая гайку 3, при этом упорные болты ослабить

Переход 3. Поворотом гайки 3 по часовой стрелке до упора расконтрить стяжной болт и оттянуть контровку до полного сжатия пружины стяжного болта

Переход 4. Затянуть стяжной болт ротора силовой турбины

Переход 5. Поворотом детали ключа поз.5 по часовой стрелке добиться такого положения, когда шлицы контровки должны лечь на шлицы стяжной гайки

Переход 6. Законтрить стяжной болт

Переход 7. Отвернуть деталь ключа 2, снять плиту ключа, снять втулку ключа с переднего носка вала СТ

Переход 8. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 82. Контроль

Операция 83. Постановка коллектора термопар

Операция 84. Контроль

Операция 85. Постановка промежуточной оболочки

Переход 1. Произвести внешний осмотр

Переход 2. Смонтировать на промежуточную оболочку подъемное приспособление и закрепить

Переход 3. На задний фланец средней оболочки нанести герметик

Переход 4. Установить промежуточную оболочку на фланец средней оболочки

Переход 5. Снять заглушки с оболочки и со статора турбины. Проверить соосность отверстий в оболочке и статоре турбины

Переход 6. На подвеску поз.40 установить уплотнительное кольцо поз.260. Ввести подвеску через лючок оболочки в паз кронштейна

Переход 7. Закрепить подвеску

Переход 8. Установить на оболочку крышку 200 и закрепить

Переход 9. Закрепить промежуточную оболочку. Гайки 84 затянуть

Переход 10. Оформить операцию в маршрутной карте

Операция 86. Контроль

Операция 87. Постановка радиальных трубопроводов к опоре турбины

Операция 88. Постановка камеры внутренней

Операция 89. Контроль

Операция 90. Постановка задней оболочки

Переход 1. Произвести внешний осмотр

- Переход 2.** Смонтировать на заднюю оболочку подъемное приспособление и закрепить
Переход 3. На задний фланец промежуточной оболочки нанести герметик
Переход 4. Установить промежуточную оболочку на фланец промежуточной оболочки
Переход 5. Демонтировать с задней оболочки подъемное приспособление
Переход 6. Закрепить заднюю оболочку на промежуточной оболочке. Гайки поз. 84 затянуть
Переход 7. Оформить операцию в маршрутной карте

- Операция 91.** Контроль
Операция 92. Подготовка коробки приводов агрегатов
Операция 93. Контроль
Операция 94. Постановка коробки приводов агрегатов
Операция 95. Контроль
Операция 96. Постановка суфлера опор компрессора
Операция 97. Контроль
Операция 98. Постановка коробки приводов
Операция 99. Контроль
Операция 100. Постановка агрегатов на коробку приводов
Операция 101. Контроль
Операция 102. Постановка агрегатов на КМА
Операция 103. Контроль
Операция 104. Постановка стартера
Операция 105. Контроль
Операция 106. Постановка агрегатов на среднюю опору
Операция 107. Контроль
Операция 108. Постановка агрегатов на среднюю оболочку
Операция 109. Контроль
Операция 110. Постановка агрегатов на промежуточную оболочку
Операция 111. Контроль
Операция 112. Постановка агрегатов на заднюю оболочку
Операция 113. Контроль
Операция 114. Постановка датчиков
Операция 115. Контроль
Операция 116. Постановка воздухопровода
Операция 117. Контроль
Операция 118. Постановка препарирования
Операция 119. Контроль
Операция 120. Постановка кабельного плана
Операция 121. Контроль
Операция 122. Постановка трубопровода наружного контура
Операция 123. Контроль
Операция 124. Выборочный контроль трубопроводов
Операция 125. Опрессовка масляной системы
Операция 126. Контроль
Операция 127. Проверка металлизации
Операция 128. Контроль
Операция 129. Внешний осмотр изделия
Операция 130. Контроль
Операция 131. Снятие оправок с агрегатов и штырей с изделия
Операция 132. Контроль
Операция 133. Постановка изделия на транспортную тележку
Операция 134. Контроль
Операция 135. Взвешивание изделия
Операция 136. Контроль
Операция 137. Постановка двигателя на монтажную тележку
Операция 138. Проверка вращения ротора ВД
Операция 139. Контроль
Операция 140. Проверка вращения ротора НД
Операция 141. Контроль
Операция 142. Проверка вращения ротора силовой турбины
Операция 143. Опрессовка топливной системы
Операция 144. Контроль
Операция 145. Монтаж агрегатов и кронштейнов в горизонтальном положении двигателя
Операция 146. Контроль
Операция 147. Определение центра тяжести

- Операция 148.** Контроль
 - Операция 149.** Замер габаритных размеров
 - Операция 150.** Контроль
 - Операция 151.** Протирка и сдача двигателя
 - Операция 152.** Окончательный контроль
 - Операция 153.** Комплектовка заглушек.
- Пример: Операция 7 - Постановка компрессора ВД.

На рис. 79 указано положение деталей до перехода, на рис. 80 - после перехода.

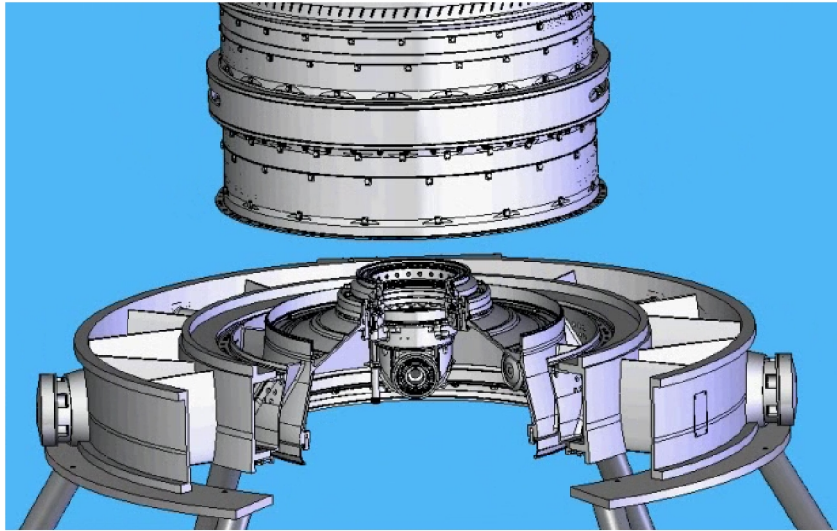


Рис. 79. Положение деталей до перехода

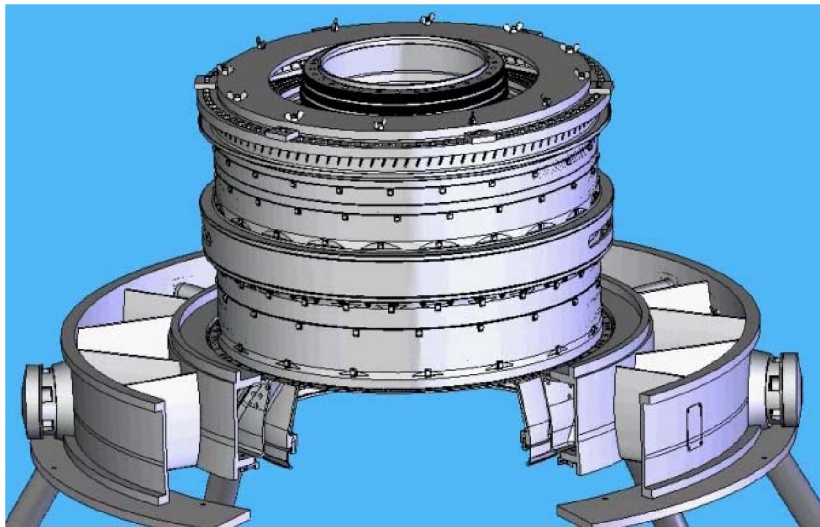


Рис. 80. Положение деталей после перехода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интегрированные технологии CAD/CAM/CAE/PDM дают возможность перейти к новой методологии проектирования, основанной на совместном использовании цифровой твердотельной модели в параллельных процессах проектирования и подготовки производства.

Сборка – один из конечных и очень важный этап жизненного цикла изделия, но сейчас она наименее автоматизирована с точки зрения единого информационного пространства. Основная цель – включить ее в единый информационный процесс, что позволило бы начинать подготовку производства еще на этапе предварительного проектирования. Это принесет большие экономические выгоды, т.к. исправлять ошибки придется не тогда, когда все изделие уже готово в железе, а еще в трехмерных моделях.

Данная работа позволяет интегрировать трехмерное моделирование в учебный процесс. Появляется возможность создавать новые 3D модели двигателей, используя газогенератор данной трехмерной модели, путем добавления к нему новых модулей. В видеоролике 3D сборки узлов двигателя и сборки двигателя из модулей студенты смогут увидеть, как происходит его реальная сборка, какие приспособления используются для этого, а не только изучать сборку, используя бумажную документацию и схемы, поскольку нет возможности увидеть процесс сборки по этапам на предприятии. Даже если бы у предприятия была возможность продемонстрировать студентам процесс сборки двигателя, то на это затратилось бы много времени, так как процесс сборки это долгий процесс, и сборка отдельных узлов и двигателя в целом проходит в разных цехах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для студентов ВУЗов. Издание второе. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.-2002, 333с.
2. Кузнецов Н.Д., Гриценко Е.А., Данильченко В. П., Резник В.Е. Основы конвертирования авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения: Учебное пособие. – Самара, 1995. - 86с.
3. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004. — СПб.: Питер, 2005. — 768 с.
4. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 — 448 с.
5. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.

Учебное издание

*Фалалеев Сергей Викторович, Новиков Дмитрий Константинович,
Демура Антон Сергеевич*

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ
И ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ
ГАЗОГЕНЕРАТОРА ТРЕХВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ**

Учебное пособие

Технический редактор В. А. З р е л о в
Редакторская обработка А. В. Я р о с л а в ц е в а
Корректорская обработка Т. К. К р е т и н и н а
Доверстка А. А. Н е ч и т а й л о

Подписано в печать 11.10.07. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 9,5.

Тираж 120 экз. Заказ . ИП-1/2007

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

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