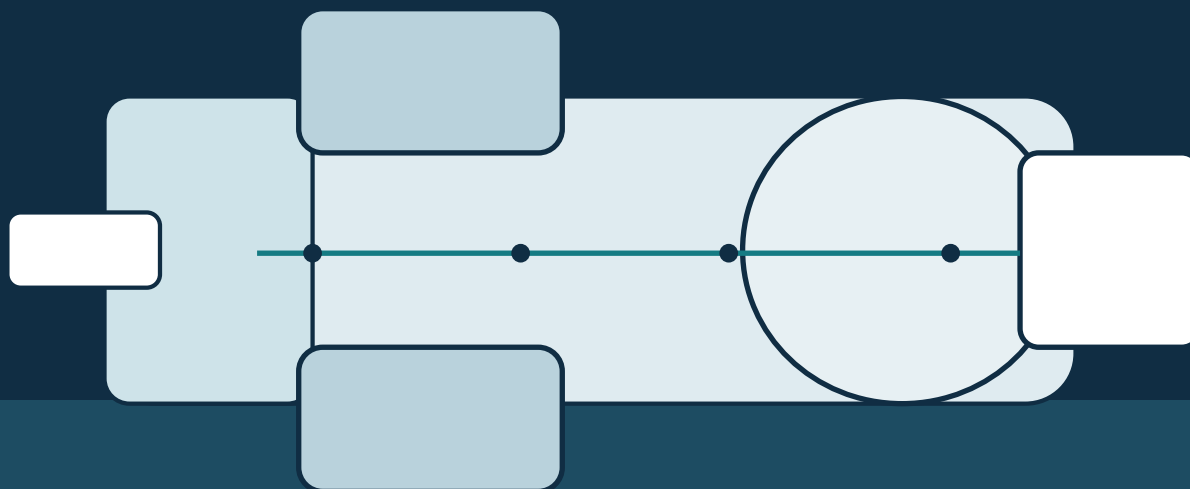


УЧЕБНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

WALTER M601A

Турбовинтовой авиационный двигатель

Конструкция · схемы · эксплуатационная теория



РУССКОЯЗЫЧНОЕ ИЗДАНИЕ • 2026

Оригинальные учебные схемы, выполненные специально для пособия.

Не является руководством производителя или допуском к эксплуатации.

Назначение и содержание

Справочный материал для лабораторной работы, изучения конструкции и подготовки электронной модели двигателя.

Статус: учебное пособие. Все иллюстрации являются авторскими функциональными схемами и **не являются** заводскими рабочими чертежами. Не применять для пуска, полётов, проверки пригодности к полёту, ремонта или регулировок.

Для чего предназначено пособие

- Определять назначение узлов двигателя Walter M601A и объяснять взаимосвязь газогенератора, свободной турбины и воздушного винта.
- Читать принципиальные схемы движения воздуха, горячих газов, топлива, масла и передачи мощности.
- Различать исторические паспортные данные M601A и характеристики поздних модификаций M601D/E/F.
- Понимать назначение эксплуатационных параметров и логику контроля технического состояния без выполнения реальных технологических процедур.

Навигация по пособию

Страницы	Материал
3–4	История, идентификация и проверенные технические данные
5–9	Условные чертежи: компоновка, разрез, компрессор, камера, турбины
10–11	Функциональные системы и параметры контроля
12–15	Эксплуатационные этапы, безопасность, обслуживание, признаки отклонений
16–17	Практические занятия, словарь и контрольные вопросы
18	Первоисточники, ссылки и правила проверки данных

Как читать ссылки [1]–[7]: номера в тексте указывают на список источников в конце пособия. Для эксплуатационных данных приоритет имеет документация точного экземпляра двигателя и одобренное руководство самолёта.

История и назначение двигателя

Краткая справка

Walter M601A — ранняя серийная модификация чехословацкого турбовинтового двигателя семейства M601, разработанного на предприятии Motorlet (торговая марка Walter). Двигатель предназначался прежде всего для лёгкого двухдвигательного транспортного самолёта **LET L-410M**. [1, 2]

Событие	Сведения
Сертификация двигателя	29 апреля 1975 г., свидетельство типа № 75-03 (ЧССР). [1, 2]
Первая версия	M601A; позднее появились варианты B, D, E и другие. [2]
Выпуск M601A	1975–1979 гг.; исторические публикации приводят 364 экземпляра. [2]
Применение	Самолёт L-410M; установка и согласование с винтом выполнялись в составе силовой установки. [1]

Как не перепутать модификации

- **M601A**: базовая ранняя серийная версия, отдельные значения мощности и ограничений. [1]
- **M601B/D/E/F**: другие варианты семейства, отличающиеся конструкцией, регулированием, оборудованием и/или допусками; нельзя переносить их численные ограничения на M601A. [2, 5]
- **Идентификация конкретного двигателя**: маркировочная табличка, заводской номер, паспорт, бюллетени и фактическая конфигурация.

В современном документе EASA.A.026 (выпуск 35 от 18 мая 2026 г.) M601A исключён из перечня двигателей в разделе L-410M. Поэтому исторические данные на следующих страницах не следует воспринимать как текущее одобрение эксплуатации конкретного экземпляра. [7]

Подтверждённые технические данные

Значения относятся к описанной в архивном сертификате конфигурации L-410M с двигателями M601A; это не универсальные пределы для всех установок. [1]

Показатель	Значение	Примечание
Тип двигателя	Турбовинтовой, свободная силовая турбина	Семейство M601. [2, 6]
Газогенератор / свободная турбина	Два механически независимых ротора	Функциональное описание. [6]
Взлётная эквивалентная мощность	544 кВт	Сертификат L-410M; не мощность на валу. [1]
Макс. продолжительная эквив. мощность	478 кВт	Сертификат L-410M. [1]
Взлётная мощность на валу	515 кВт (690 shp)	Историческая публикация о версии A. [2]
Макс. продолжительная мощность на валу	452 кВт	Историческая публикация о версии A. [2]
Взлётный режим	Не более 5 мин; пГГ до 101,5 %	Архивный сертификат L-410M. [1]
Винт и частота вращения	V508, 3 лопасти, Ø 2500 мм; 2080 об/мин	Архивная сертифицированная установка. [1]
Межремонтный ресурс первоначально	500 ч	Исторический исходный ТВО; не текущий ресурс. [2, 4]

Почему указаны две разные мощности?

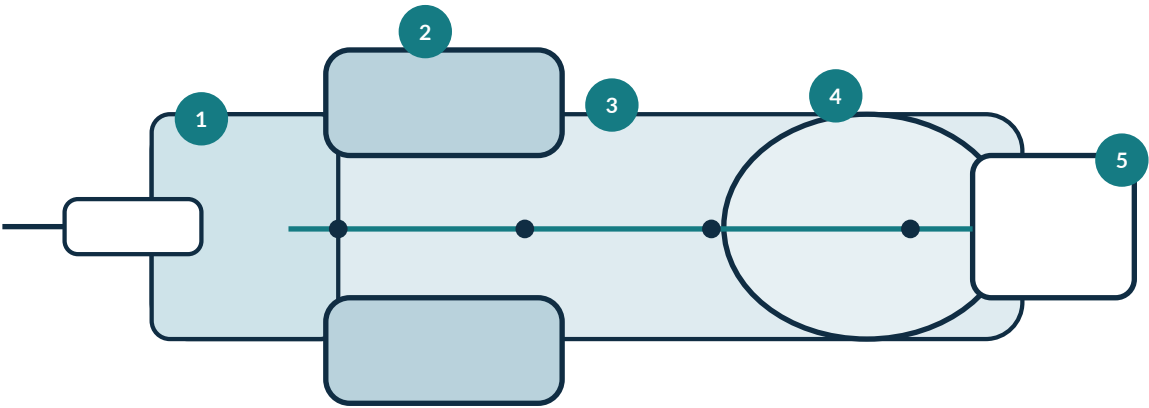
В литературе различают **мощность на валу воздушного винта** и **эквивалентную мощность** турбовинтовой силовой установки, учитывающую также вклад реактивной тяги выхлопа. Поэтому 515 кВт и 544 кВт описывают **разные показатели**, а не обязательно ошибку в источниках. Численные значения выше нельзя смешивать при расчётах. [1, 2]

Числовые пределы температур газа, давления масла, режимов пуска и регулировок M601A **не включены**: достоверная действующая для конкретного экземпляра редакция заводского РТЭ M601A не была получена. Применять нормы M601E вместо M601A недопустимо.

Узлы двигателя: внешний вид

СХЕМА 1 / УСЛОВНЫЙ ВНЕШНИЙ ВИД

компоновка, без размеров



№	Основной узел	Функция
1	Передний выходной вал и редуктор	Передача мощности на вал винта
2	Выхлопные патрубки	Вывод отработавших газов
3	Силовая (свободная) турбина	Привод редуктора, не жёстко связана с компрессором
4	Газогенератор: камера, турбина, компрессор	Формирование потока нагретых газов
5	Воздухозаборная зона	Поступление воздуха сзади двигателя

На реальном агрегате поверх основных корпусов располагаются агрегаты управления, масляная, топливная и электрическая обвязка. Их расположение зависит от модификации и установки двигателя. Силовая установка М601 имеет **обратный по отношению к направлению полёта поток воздуха**: вход — сзади, выпуск — ближе к передней части. [6]

Геометрия рис. 1 — условная; размеры, форма корпуса, крепёжные места и расположение патрубков не предназначены для изготовления деталей или расчёта посадок.

Внутреннее устройство в разрезе

СХЕМА 2 / УСЛОВНЫЙ ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ

не в масштабе

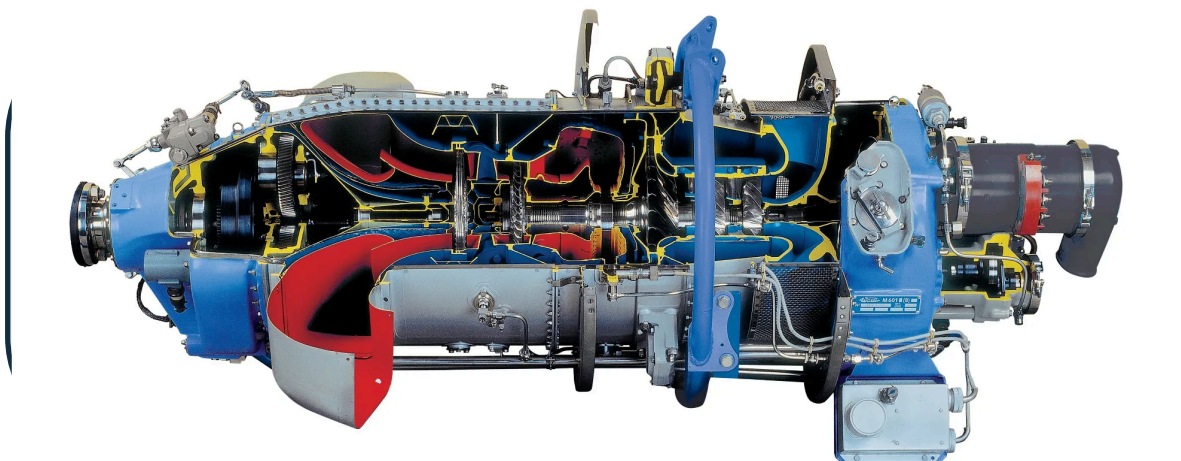


Фото реального продольного разреза двигателя семейства Walter M601 (на представленном экземпляре видна маркировка M601B).

Рабочие процессы по порядку

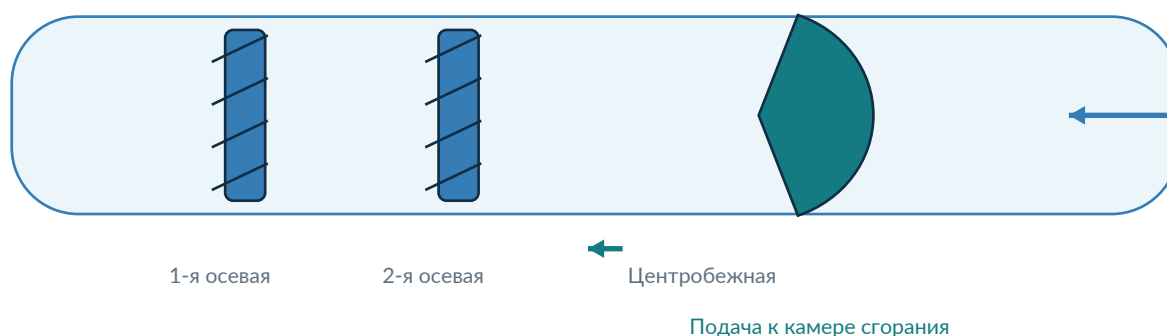
- 1. **Вход воздуха.** Воздух поступает в заднюю часть двигателя и направляется к компрессору.
- 2. **Сжатие.** Комбинированный компрессор повышает давление воздуха.
- 3. **Подвод тепла.** В кольцевой камере сгорает подаваемое топливо.
- 4. **Газогенератор.** Первая турбина отдаёт работу компрессору.
- 5. **Свободная турбина.** Последующая турбина приводит редуктор и воздушный винт.
- 6. **Выпуск.** Отработавшие газы выходят через два противоположных выхлопных канала. [6]

Чертёж 2 — учебная функциональная схема семейства M601: профильные размеры и отдельные операции упрощены. [5, 6]

Воздушный тракт и сжатие

СХЕМА 3 / СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА

две осевые + одна центробежная



Конструкция

В конструкции семейства M601 применяется **комбинированный компрессор**: две осевые ступени и одна центробежная. Осевые ступени создают последовательное повышение давления, а последняя, центробежная, обеспечивает завершающее сжатие. [5, 6]

- **Ротор**: вращающиеся рабочие колёса придают воздуху энергию.
- **Статор**: неподвижные направляющие элементы формируют нужное течение и часть динамического напора превращают в давление.
- **Воздух после компрессора**: поступает в камеру сгорания; часть его участвует в охлаждении горячих деталей и обеспечении вспомогательных функций.

Учебный физический смысл

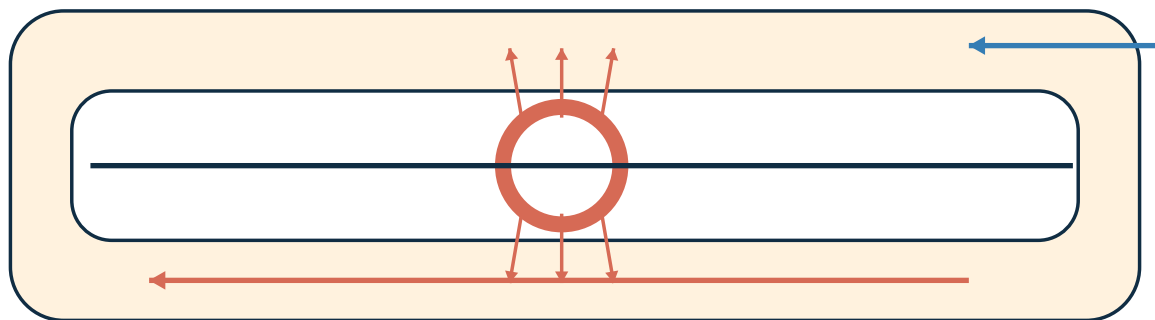
При неизменной геометрии увеличение частоты вращения газогенератора в целом изменяет расход воздуха и создаваемую компрессором степень повышения давления. Работа компрессора потребляет значительную часть энергии турбины газогенератора.

Не путайте «осевая ступень» и «центробежная ступень»: это два разных принципа передачи энергии потоку. Количество ступеней на рисунке — конструктивная особенность семейства M601, а не выдуманная цифра. [6]

Кольцевая камера и подача топлива

СХЕМА 4 / КОЛЬЦЕВАЯ КАМЕРА СГОРАНИЯ

концептуальный разрез



Газы к турбине

Кольцевой распылитель

Воздух после компрессора

Работа камеры сгорания

В двигателе применяется **кольцевая камера сгорания**. Сжатый воздух поступает через обводные каналы, распределяется между зоной реакции и охлаждением стенок; нагретый газ затем направляется на турбины. [5, 6]

Характерная конструктивная особенность Walter M601 — подача топлива с использованием **вращающегося распыливающего кольца**, связанного с валом газогенератора. При его вращении топливо распределяется центробежными силами. Это отличается от типичной схемы с набором неподвижных форсунок. [4, 6]

Что изучить на макете

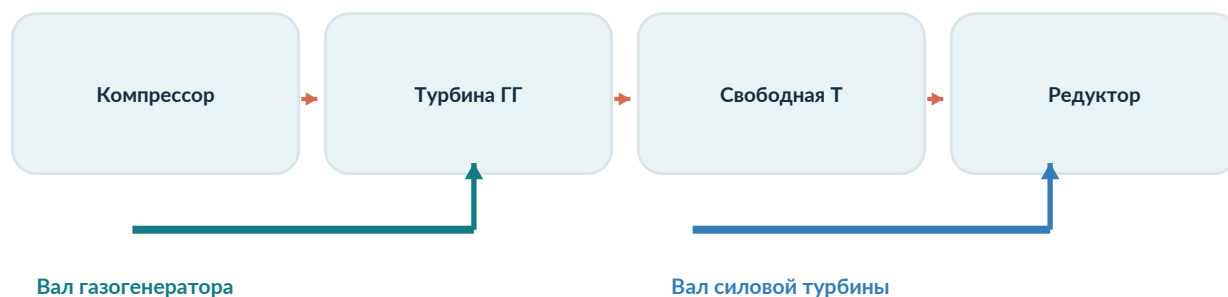
- Кольцевую жаровую трубу, подвеску и охлаждение стенок.
- Подвод сжатого воздуха и формирование температурного поля перед первой турбиной.
- Функциональную связь подачи топлива и вращения газогенератора.

Рисунок служит для понимания принципа. Количество отверстий, материал жаровой трубы и геометрия распылителя не показаны в технологическом масштабе и не могут использоваться для ремонта.

Турбины, валы и редуктор

СХЕМА 5 / ДВА НЕЗАВИСИМЫХ РОТОРА

энергия газа → вал → винт



Силовые связи

- **Турбина газогенератора** механически связана с компрессором: её мощность обеспечивает его вращение.
- **Свободная турбина** принимает оставшуюся энергию газа и передаёт вращение на редуктор независимо от оборотов ротора газогенератора.
- **Двухступенчатый понижающий редуктор** согласует высокую частоту вращения силовой турбины с частотой воздушного винта. В редуктор встроено измерение передаваемого крутящего момента. [6]

Полезная формула

Мощность на вращающемся валу: $P = M \cdot 2\pi n / 60$, где P — мощность (Вт), M — крутящий момент (Н·м), n — частота вращения (об/мин). Формула применяется для учебного понимания взаимосвязи показаний момента и оборотов. Данные конкретного M601A для расчёта должны поступать из проверенных источников.

Смысл независимых роторов: при изменении аэродинамической нагрузки винта изменение параметров силовой турбины не обязано полностью повторять изменение частоты вращения газогенератора.

Топливо, масло и теплообмен

СХЕМА 6 / ПОДАЧА ТОПЛИВА

упрощённая функциональная схема

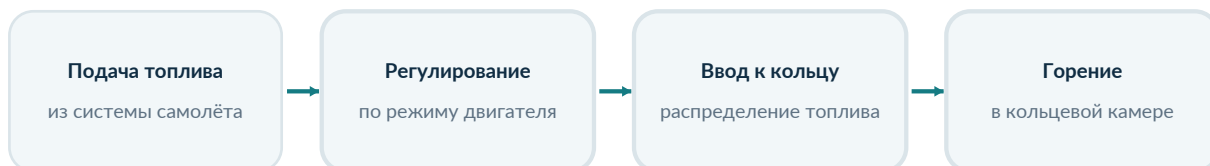


СХЕМА 7 / СМАЗКА И ТЕПЛООТВОД

упрощённая функциональная схема



Топливная система. Подводит топливо к узлу дозирования и далее к вращающемуся распылительному кольцу. Дозирование связано с режимом двигателя, а топливные агрегаты взаимодействуют с его системой управления. [4, 6]

Масляная система. Обеспечивает смазку и отвод тепла от подшипников, редуктора и других трущихся пар; поток возвращается в систему через узлы сбора и откачки. Для исполнения M601 характерна интеграция масляной ёмкости с коробкой приводов. [5, 6]

Условные блоки показывают функции, а не трассировку трубопроводов. Рабочие давления, марки масел, количество жидкости и порядок обслуживания нельзя определять по этим схемам.

Параметры контроля двигателя

СХЕМА 8 / ЧТО КОНТРОЛИРУЮТ

без нормируемых числовых порогов



Как понимать показания

Показатель	Физический смысл	Что характеризует
nГГ	Относительная частота газогенератора, %	Работу компрессора и его турбины
nB	Частота вращения винта, об/мин	Работу силового ротора и регулятора винта
Температура газов	Температура в контролируемом сечении турбины	Тепловую нагрузку горячей части
Крутящий момент	Нагрузка на вал редуктора	Передаваемую механическую мощность
Параметры масла	Давление / температура масла	Состояние смазки и теплоотвода

Показания оценивают **в совокупности**: одиночная величина без режима, окружающих условий и тренда недостаточна для обоснованного вывода. Например, возможное изменение момента при почти постоянной частоте винта связано с изменением передаваемой мощности.

В пособии сознательно **не приведены** температурные и масляные допуски M601A: их нельзя копировать из руководств M601D/E. Для реальной машины допустимые значения определяются одобренной технической документацией.

Рабочие этапы силовой установки

Описана физика процессов, а не последовательность действий экипажа или технического персонала.

01

Подготовленное состояние

Сверка идентификации двигателя и документации; оценка комплектности, внешнего состояния, записей об обслуживании.

02

Раскрутка и запуск

Пусковая система сообщает вращение газогенератору; в камере создаются условия для устойчивого горения.

03

Устойчивый режим

Турбина газогенератора поддерживает работу компрессора; свободная турбина отдаёт мощность на винт.

04

Изменение нагрузки

Регулирование подачи топлива и управление винтом влияют на частоты вращения, момент и температурный режим.

05

Останов и охлаждение

После прекращения подачи топлива газовый тракт и ротора проходят переходные тепловые и механические процессы.

Важно: порядок включения агрегатов, выдержки времени, разрешённые параметры пуска, процедуры остановки и действия при отказе должны выполняться исключительно по действующему РЛЭ самолёта и РТЭ/РЭ двигателя соответствующей конфигурации.

Ключевые эксплуатационные риски

Механические и термические факторы

- **Воздушный винт:** высокая опасность для людей в зоне вращения, включая неочевидные зоны обдува и всасывания.
- **Горячие части:** выхлопные патрубки, кожухи и горячая секция могут оставаться опасными после остановки.
- **Вращающиеся роторы:** изменение вибрации, шумов и трения связано с механическим состоянием роторов и опор.
- **Топливо и масло:** утечки, загрязнение и неправильные жидкости создают угрозы пожара, износа и отказов.

Посторонние предметы: попадание предметов в воздухозаборник способно повредить компрессор.

Контроль эксплуатационной пригодности

Область	Учебный контрольный вопрос
Идентификация	Совпадает ли фактическая маркировка с документацией?
Техническая история	Есть ли действующие записи о наработке, обслуживании и ограничениях?
Горячая часть	Как выявляют перегревы и контролируют состояние горячего тракта?
Смазка	Какие признаки могут указывать на ухудшение маслопитания?
Трансмиссия	Почему момент и обороты винта нужно оценивать совместно?

Никакая таблица из учебного пособия не служит чек-листом допуска к полёту. При необычных показаниях и признаках неисправности решение принимает уполномоченный персонал на основании действующих процедур производителя и эксплуатанта.

Что и зачем проверяют

Ниже описаны объекты учебного анализа. Периодичность, методы и предельно допустимые значения намеренно не назначаются.

Объект	Задача изучения	Доказательная база
Внешняя поверхность и крепления	Коррозия, деформация, крепёжные соединения, следы течей	Утверждённые карты осмотра
Воздушный тракт	Загрязнение, повреждение входных кромок, состояние воздухопроводов	РТЭ и допуски производителя
Газовый тракт и турбины	Состояние горячих деталей, признаки перегрева и повреждений	Специальные методы контроля
Масляная система	Чистота, герметичность, параметры масла, фильтры	Лабораторные и сервисные данные
Топливная система	Герметичность, чистота и работа узлов дозирования	Документы по топливной системе
Редуктор и винт	Соединения, передача момента, люфты, вибрации	Документация редуктора и винта
Приборы и датчики	Правильность контроля измеряемых величин	Методики проверки и калибровки

Отдельный учебный акцент

Для турбовинтового двигателя важно учитывать не только суммарную наработку, но и тепловую и циклическую нагрузку деталей. Узлы горячей части, роторы и опоры работают в различных физических условиях. Поэтому понятие **ресурса** включает несколько независимых ограничений и не сводится к одному счётчику часов.

Исторический исходный межремонтный ресурс M601A (500 ч) приведён для изучения развития конструкции. Он **не должен** использоваться как назначенный ресурс находящегося сегодня на хранении или эксплуатируемого двигателя. [2, 4]

Признаки и возможные классы причин

Таблица приведена для учебной диагностики и не является руководством по устранению неисправностей.

Наблюдение	Возможные группы причин	Какой раздел изучать
Повышенная температура газа	Условия горения, расход воздуха, состояние горячей части	Камера сгорания; компрессор; турбины
Необычные вибрации	Роторы, опоры, балансировка, взаимодействие с винтом	Валы; подшипники; редуктор
Снижение передаваемого момента	Нагрузка винта, газогенератор, режим регуляторов	Мощность; управление; винт
Отклонение параметров масла	Подача, возврат, тепловые условия, герметичность	Система смазки
Неустойчивая работа	Топливная система, воздушный тракт, управление	Дозирование; компрессор
Необычный шум	Газодинамика, вращающиеся агрегаты, крепления	Компрессор; редуктор; монтаж

Последовательность инженерного рассуждения

- 1 Установить **режим и условия**, при которых отмечен признак.
- 2 Проверить **достоверность измерения** и историю показаний.
- 3 Соотнести признак с **физическими процессами** и ограничениями точной модели.
- 4 Передать вывод на проверку по **одобренной технической документации** уполномоченным специалистам.

По одному симптому нельзя надёжно установить неисправную деталь. В реальной авиационной практике требуется подтверждение измерений и выполнение утверждённых процедур диагностики.

Практикум по конструкции M601A

Работа № 1. Схема движения энергии

- По рис. 2 проследите движение воздуха от входа до компрессора, камеры сгорания, турбин и выпуска.
- Раздельно покажите механические связи: компрессор — турбина газогенератора и свободная турбина — редуктор — винт.

Объясните, почему двигатель называют двухвальным и «со свободной турбиной».

Работа № 2. Расчётная связь момента и мощности

Используя формулу $P = M \cdot 2\pi n / 60$, рассчитайте мощность при **условных тренировочных** данных $M = 1800 \text{ Н}\cdot\text{м}$ и $n = 1900 \text{ об/мин}$. Полученное значение относится к математическому упражнению и **не является паспортным режимом M601A**.

Для самопроверки: $P \approx 358 \text{ кВт}$. Разъясните, почему значение зависит одновременно от крутящего момента и частоты вращения.

Работа № 3. Анализ схемы конструкции

- Составьте таблицу из 10 элементов: название — назначение — тип воздействия (механическое, газодинамическое, тепловое).
- Выделите узлы, состояние которых может определять надёжность всего двигателя.

Поясните отличие рисунка учебного разреза от сборочного конструкторского чертежа с допусками.

Ожидаемые результаты

Студент умеет ориентироваться в компоновке двигателя, объясняет источники механической мощности, понимает функции систем топлива и смазки и использует ограничения конкретной модификации без подмены их данными другого двигателя.

Термины и контрольные вопросы

Термин	Краткое определение
Газогенератор	Компрессор, камера сгорания и связанная с компрессором турбина.
Свободная турбина	Турбина, ротор которой не имеет жёсткой механической связи с валом компрессора.
ТВД	Турбовинтовой двигатель; передаёт основную полезную мощность воздушному винту.
Редуктор	Механизм согласования частот вращения силовой турбины и винта.
Эквивалентная мощность	Показатель, который помимо мощности на валу учитывает эквивалент вклада реактивной тяги.
Горячая часть	Составляющие газового тракта, подверженные высоким температурам.
ТВО	Время между капитальными ремонтами, назначаемое в установленной документации.
РТЭ / РЭ / РЛЭ	Руководство по технической эксплуатации / эксплуатации / лётной эксплуатации.

Вопросы

1. Почему воздух у двигателя обратной компоновки поступает в заднюю часть?
2. Какие ступени компрессора предусмотрены в семействе M601?
3. Чем отличается турбина газогенератора от свободной турбины?
4. Для чего служит вращающееся распыливающее кольцо?
5. Что измеряет встроенный узел измерения крутящего момента?
6. Почему 515 кВт и 544 кВт нельзя использовать как одно и то же значение?
7. Где следует подтверждать ограничения и последовательности действий для реального M601A?

Источники и границы достоверности

Открытые технические и исторические материалы, проверенные при подготовке издания 21.10.2026.

- [1] EASA.A.026, выпуск 14 от 01.03.2011; архивный сертификат самолёта L-410M, раздел A.III (M601A, мощности, винт, ограничения).
[Открыть источник в браузере →](#)
- [2] L. Popelka, L. Rašková. Walter M601: 50 лет сертификации первой версии A. Flying Revue, 05.05.2025.
[Открыть источник в браузере →](#)
- [3] А. С. Виноградов. Конструкция ТВД М-601. Самарский аэрокосмический университет, 2013. (В основном M601E: только общая архитектура).
[Открыть источник в браузере →](#)
- [4] Технический университет Брно (VUT): работа с подразделом «Turbovrtulový motor WALTER M601A».
[Открыть источник в браузере →](#)
- [5] GE Aviation Czech, Maintenance Manual 0982302 (поздние версии семейства M601); используется только для пояснения общей конструкции.
[Открыть источник в браузере →](#)
- [6] SportAviaService. Walter M601 — обзор двухвальной компоновки, компрессора, камеры и редуктора.
[Открыть источник в браузере →](#)
- [7] EASA.A.026, выпуск 35 от 18.05.2026; сведения об исключении M601A из действующего перечня для L-410M.
[Открыть источник в браузере →](#)

Принцип проверки: для конкретного двигателя первичны его маркировка, паспорт, применимые сервисные бюллетени и допущенная эксплуатационная документация. В пособии специально не воспроизводятся заводские технологические операции, моменты затяжки и не подтверждённые для M601A ограничения.