
Выдержка из книги

**ИСТОРИЯ
РАЗРАБОТКИ и СОЗДАНИЯ
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
и ГАЗОВЫХ ТУРБИН
в ГЕРМАНИИ
(1930–1945)**

Энтони Д. Кей

НПО САТУРН

Рыбинск
2006

Фирма "Ernst Heinkel"

HeS 1 (TL) — HeS 3 (TL) — HeS 6 (TL) — HeS 8 или 109-001 (TL) — Разработки HeS 8 (TL и ZTL) — Расширение программы разработки турбореактивного двигателя Хейнкеля — HeS 30 или 109-006 (TL) — Турбореактивный двигатель с постоянным объемом HeS 40 (TL) — Турбовентиляторные двигатели Мюллера (ML и MTL) — HeS 60 (MTL) — Основное внимание на разработку двигателя HeS 011 или 109-011 (TL) в Цуффенхаузене — 109-011, серий V1-V5 — 109-011, серий V6-V25 — 109-011 A-0 — Применение двигателя 109-011 A — Двигатель Титтлингена — 109-021 (PTL) — Заключение

Ernst Heinkel — солидная фирма, работавшая над планером самолета, но не имевшая опыта в разработке двигателей. была первой германской фирмой, которая начала практическую разработку газовой турбины с целью создания реактивной силовой установки для самолета. Инициатором разработки был доктор Ганс-Йоахим Пабет фон Охайн, родившийся в Дессау 14 декабря 1911 года. Его отец занимался торговлей электрическими лампочками в Берлине и преуспел в делах. Будучи студентом факультета прикладной физики и аэродинамики в Геттингенском университете фон Охайн увлекался пилотированием планера, что в ту пору всячески поощрялось правительством.

Еще во время обучения в университете, точнее к 1935 году, у фон Охайна стало формироваться собственное представление о реактивном двигателе. Он запатентовал простую реактивную установку для самолета, состоящую из двухступенчатого компрессора (осевого вентилятора с расположенным за ним центробежным компрессором) и центростремительной турбины. Была предусмотрена кольцевая камера сгорания с 8 или 12 медными бензиновыми форсунками. Такая схема в общих чертах соответствовала конструкции, изложенной в патенте Фрэнка Уиттла в 1930 году. Но остается неизвестным, знал ли в то время фон Охайн о существовании патента Уиттла или нет.

Через некоторое время фон Охайн и его коллеги стали внимательно следить за информацией о патентах, полученных как внутри страны, так и за ее пределами, и изучили аналогичные работы Уиттла, а также А. Лисхольма (пользовавшегося финансовой поддержкой фирмы Milo Aktiebolaget, расположенной в Стокгольме).

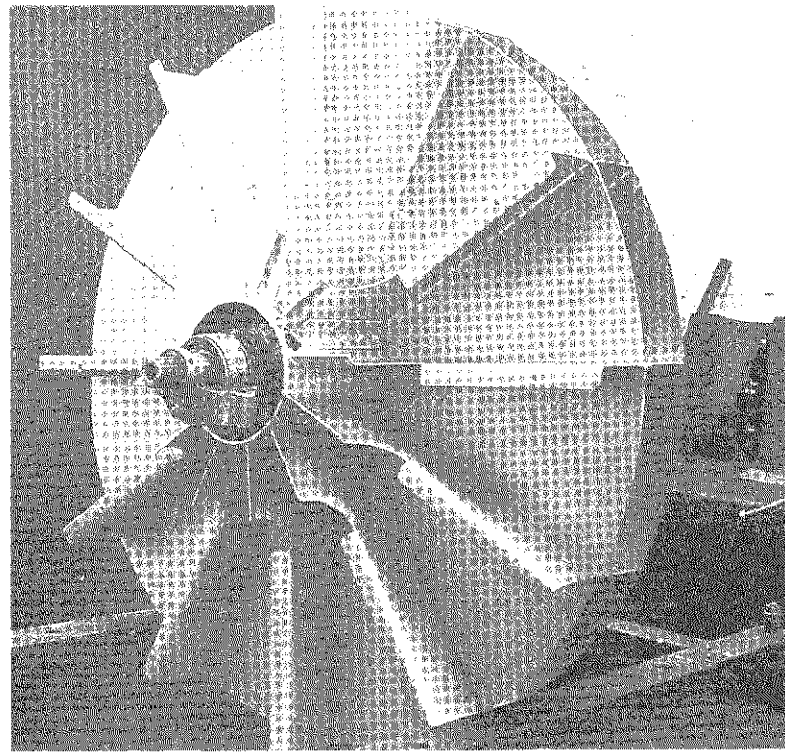
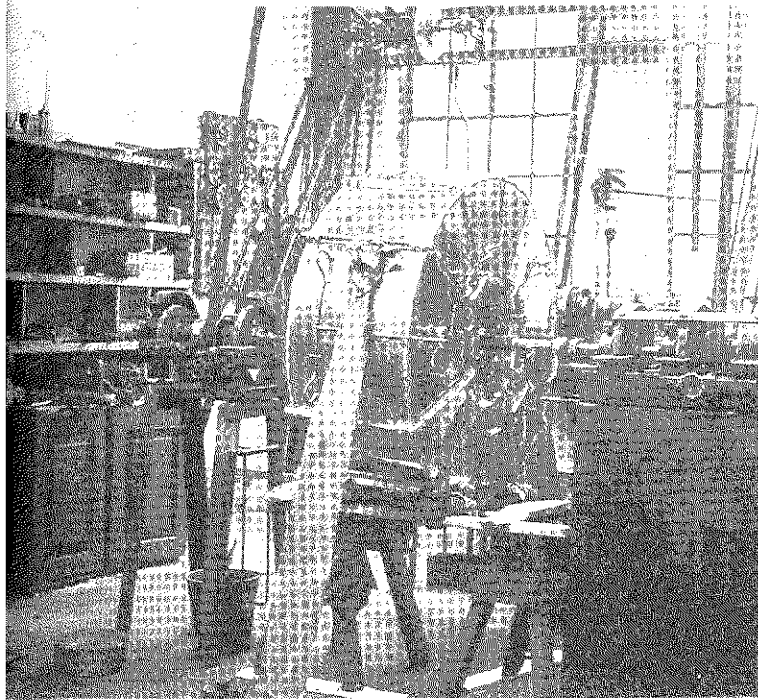
Во время своего пребывания в Геттингене фон Охайн пользовался небольшой спортивной машиной и услугами гаража Bartels und Becker, и именно там он познакомился с инженером и специалистом по автомобильной и железнодорожной технике Максом Ханом, который был квалифицированным специалистом и впоследствии стал его надежным другом. Поэтому, когда фон Охайн придумал модель для показа работы турбореактивного двигателя, он отправился в гараж к Макс Хану с намерением построить эту модель, причем ее стоимость составила около 1000 немецких марок, выплаченных фон Охайном из собственного кармана. Это был пример успешного взаимодействия высококлассного теоретика и ученого и высококлассного мастера-практика. Позднее фон Охайн вспоминал: «Я, как физик, не имел понятия, что такое болты и гайки».

Фон Охайн перевез экспериментальную модель двигателя («гаражную модель») и разместил ее на площадке за отделением физики Геттингенского университета для того, чтобы добиться удовлетворительной работы этого двигателя, но сделать это не удалось из-за дефектов системы сгорания. Бензин, используемый для работы двигателя, не обеспечивал устойчивого горения, поэтому происходило догорание топлива в турбине и в выхлопном сопле. Из выхлопного сопла вырывалось пламя до трех метров, и электрический мотор, вращавший двигатель со скоростью 8000 об/мин, перегревался.

Поскольку фон Охайн потратил все свои личные средства на деятельность, не предусмотренную учебным планом, для продолжения экспериментов по реактивному двигателю необходимо было найти спонсора. В этот момент профессор (руководитель факультета 1-го физического института) Роберт В. Поль пришел на помощь фон Охайну, написав письмо Эрнсту Хейнкелю в феврале 1936 года, в котором он подтвердил перспективность работ, проводимых фон Охайном. Хейнкель всегда внимательно следил за достижениями в области авиации и проявлял большой интерес к проектам самолетов с ракетным двигателем. Поэтому он организовал встречу своих технических специалистов с фон Охайном, который взял с собой свои расчеты. На встрече он заявил, что построил «гаражный двигатель», который еще не был доработан. Инженеры Хейнкеля проверили этот двигатель и заявили, что двигатель плохой, но замысел интересный. Главным образом благодаря интересу Эрнста Хейнкеля к новым силовым установкам, после этой встречи фон Охайн был принят на работу в фирму, куда по его инициативе в апреле 1936 года был приглашен Макс Хан. Эти два человека на основе чрезмерно оптимистичной оценки сроков разработки и финансовых затрат приступили к работам по дальнейшей разработке экспериментального двигателя, используя в качестве исходной установки «гаражный двигатель». Позднее фон Охайн вспоминал: «Когда я впервые пришел к Хейнкелю, инженеры посчитали меня сумасшедшим специалистом-физиком, который не учитывал проблем, связанных с материалами, их обработкой, литьем и механическими инструкциями. Меня очень волновали пробелы в моем обучении, и я очень много работал над их устранением, с тем чтобы стать полноценным инженером. Через два или два с половиной года я уже знал все теоретические вопросы проектирования, и инженеры Хейнкеля уже не могли сказать мне ничего об этом предмете».

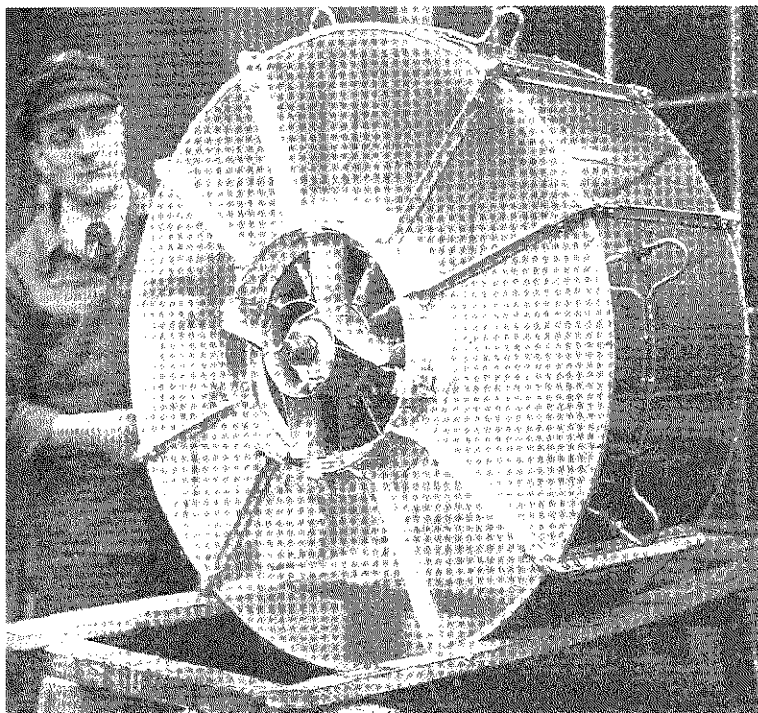
Рис. 2.1. Первая демонстрационная модель турбореактивного двигателя фон Охайна («гаражный двигатель»)

Фотографии с подписями предоставлены Гансом фон Охайном



Ротор: центробежный компрессор и центробежная турбина (наружный круглый кожух снят, чтобы показать лопадки ротора)

Это был первый турбореактивный двигатель, построенный Максом Ханом в автомобильном гараже Bartels und Becker, Геттинген, 1935 г. Двигатель был разработан и построен на средства Ганса фон Охайна. Общая стоимость — менее 1000 марок



Макс Хан с экспериментальным двигателем

Двигатель HeS 1 (TL)

Фон Охайн и Хан перевезли «гаражный двигатель» на фирму Хейкеля и стали применять электрический мотор большей мощности для вращения двигателя в холодном состоянии со скоростью 1000 об/мин, а затем с использованием небольшого количества бензина. Было установлено, что поток воздуха между компрессором и камерой сгорания был беспорядочным и, кроме того, наблюдалось даже падение давления, вызываемое обратным потоком в компрессоре. Испытания заняли приблизительно два месяца. Затем было решено начать все работы сначала и разработать новый демонстрационный двигатель, использующий водород в качестве топлива.

Работы по разработке двигателя HeS 1 (Heinkel-Strahltriebwerk 1, или «реактивного двигателя Хейнкеля 1» — условное название этого демонстрационного двигателя) осуществлялись в обстановке большой секретности в отдельном помещении, построенном на аэродроме Маринес, расположенном между Росток и Варнемюнде.

Поскольку в то время фон Охайн не имел инженерного образования, в помощь ему был направлен дипломированный инженер Вильгельм Гундерман. Гундерман изучал авиастроение и турбостроение в Высшей технической школе (Technische Hochschule) в Берлине под руководством профессора Хермана Фоттинга. Кроме того, в помощь Охайну была выделена группа, состоявшая из шести-восьми специалистов-чертежников и аналитиков в области напряжения в конструкциях. В качестве исходных данных при расчетах использовались характе-

ристики центробежных насосов, центростремительной гидротурбины Френсиса и формулы паровых турбин.

Тем временем Макс Хан организовал бригаду из шести-восьми слесарей и механиков для работы в мастерской. В отличие от конструкторов, которые в основном были привлечены для работы со стороны, Хан отбирал лучших специалистов из мастерских Хейнкеля, хотя и к большому неудовольствию начальников цехов. Кроме того, Хан играл главную роль в конструкторской работе, разрабатывая систему сгорания, поскольку он раньше активно занимался этим вопросом в Геттингене и зарегистрировал на свое имя несколько патентов. Фактически он имел больше патентов, чем фон Охайн и Гундерман, но этот вопрос требует уточнения, так как некоторые патенты регистрировались под именем Хана просто из соображений секретности.

На фотографиях (см. рис. 2.1) видно, что конструкция «гаражного двигателя» была простой с применением листового металла для элементов конструкции, включая компрессор и корпус двигателя. Конечно, при такой конструкции удалось избежать больших отливок и трудоемких механических операций, причем только небольшая часть деталей была закуплена у других фирм. Именно это обстоятельство вполне устраивало предприятия Хейнкеля, которые занимались планером самолета. — использовать аналогичную, но несколько усложненную конструкцию для двигателя HeS 1, изготовление которого началось в конце лета 1936 года. На местной судовой верфи можно было изготовить детали из листового металла с помощью шаблонов, сделанных из твердого дерева. Затем к каркасам из листового металла приклепывались фланцы и механически обрабатывались до нужного размера. Были установлены радиальный компрессор, который не был доработан полностью,

и двигатель большого диаметра, так как кольцевая камера сгорания устанавливалась за пределами компрессора. Это сделано для того, чтобы горение топлива занимало большую площадь по длине. Турбина, приводящая во вращение компрессор, была центростремительного типа с антифрикционным подшипником на обоих концах ротора. Затраты на изготовление этого простого и легкого двигателя оказались незначительными.

Простота, компактность и, прежде всего, естественное сочетание характеристик турбины и компрессора, благодаря определенной конструкции, были главными предпосылками для использования фон Охайном варианта с комбинацией центробежного (или радиального) компрессора и центростремительной турбины. Спаренная конструкция турбины и «гаражного двигателя» была отвергнута, и эти узлы были разведены так, чтобы обеспечить большую надежность и менее резкие перепады с лучшими характеристиками потока.

К марту 1937 года работа над двигателем HeS 1 была завершена почти полностью, и через несколько недель двигатель был опробован на простом испытательном стенде. Проблема, связанная с горением, частично снималась путем использования водорода, однако при этом происходило сильное выгорание металла. Только с сентября 1937 года в двигателе стал использоваться бензин, но при этом через некоторое время камеры сгорания покрывались коксом. Под давлением со стороны Хейнкеля фон Охайн вынужден был работать день и ночь над решением этой проблемы. В конце концов, решение было найдено Ханом, который создал камеру сгорания, работающую по принципу паяльной лампы. Для этой камеры сгорания, так же, как и в пропановых камерах сгорания, он применил бензиновый испаритель бойлерного типа.

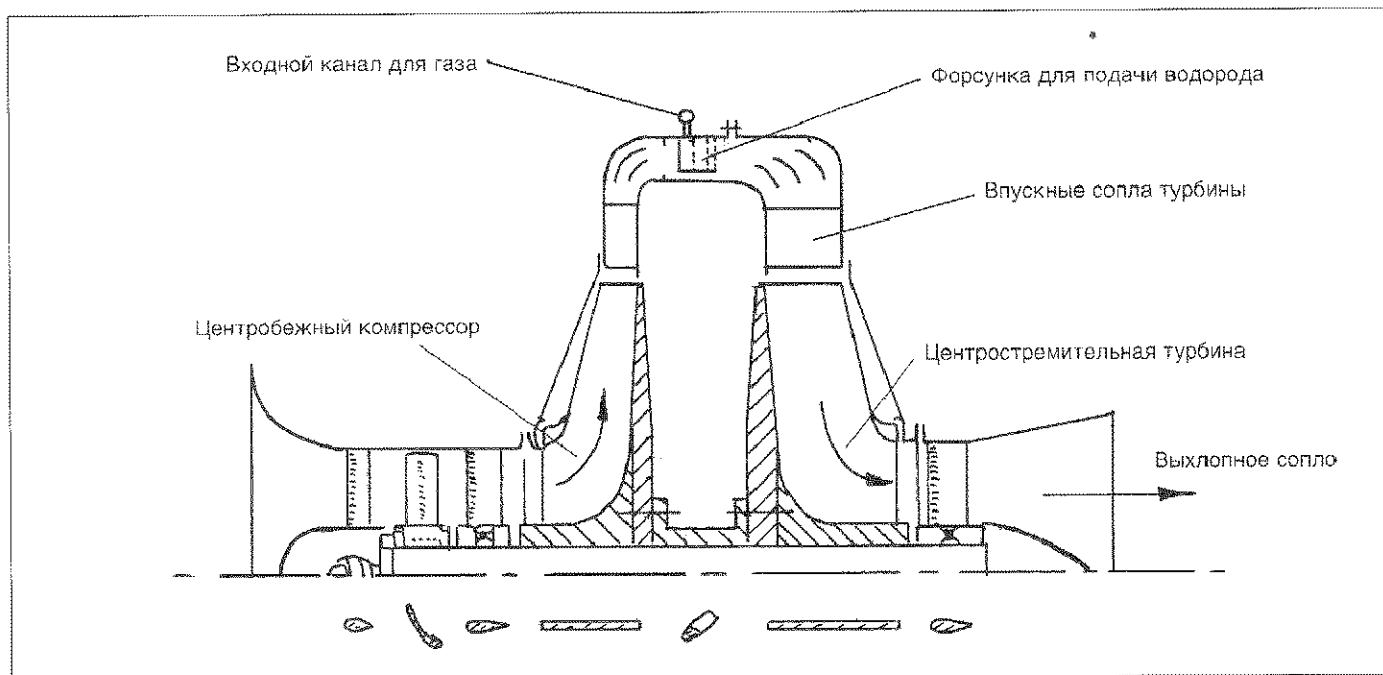


Рис. 2.2. Первый турбореактивный двигатель Хейнкеля (HeS 1) в разрезе

На рис. 2.2 видно, что весь поток воздуха в двигателе проходил через камеру сгорания. Кроме того, поскольку ротор был изготовлен, в основном, из относительно тонкого и легкого листового металла, его момент инерции был очень небольшим, и поэтому приемистость двигателя была исключительно высокой, почти такой же, как у поршневого двигателя того времени. Результаты при устойчивой работе двигателя произвели огромное впечатление, поскольку они показали возможность реализации принципа турбореактивного двигателя и побудили Хейнкеля проводить политику, направленную на дальнейшие разработки в этом направлении. Затем началась разработка самолетного двигателя HeS 3 вместе с проектированием соответствующего испытательного самолета Хейнкель 178 (He 178).

Мы знаем очень мало о двигателе HeS 1. Ниже представлены некоторые технические данные этого двигателя:

Статическая тяга — 136 кг*
 Частота вращения ротора — 10000 об/мин
 Диаметр ротора — 0,61 м
 Общий диаметр — 0,905 м
 Длина — 0,90 м

* По данным фон Охайна в других источниках приведена цифра 550 фунтов.

Двигатель HeS 3 (TL)

Основными задачами, преследуемыми фон Охайном при проектировании этого самолетного двигателя, были уменьшение диаметра нового двигателя по сравнению с двигателем HeS 1, применение жидкотопливной системы сгорания и увеличение статической тяги до 800 кг (1764 фунта). Новый двигатель был оснащен осевым входным заборным устройством, за которым располагался центробежный компрессор. Заборное устройство и компрессор приводились в движение центростремительной турбиной. К работе над первым образцом двигателя HeS 3 было привлечено большее количество специалистов, и первый экземпляр этого двигателя прошел стендовые испытания в марте 1938 года. К сожалению, попытка уменьшить размеры этого двигателя привела к уменьшению размеров компрессора и ухудшению процесса сгорания, и развиваемая при этом тяга была недостаточной.

Переработка конструкции привела к появлению двигателя HeS 3b (см. рис. 2.3), и летом 1939 года стало ясно, что эти два двигателя имеют большие перспективы. Двигатель имел 8-лопастное осевое входное заборное устройство, за которым располагался 16-лопастной центробежный компрессор. Вышеуказанные устройства приводились в действие 12-лопастной центростремительной турбиной. Воздух из компрессора поступал в тангенциальные щели диффузора, после чего часть воздуха направлялась вперед через противоточную кольцевую камеру сгорания, а другая часть — назад, где он смешивался с газообразными продуктами сгорания перед поступлением в турбинный отсек. Перед входом

в турбину располагались изогнутые направляющие сопловые аппараты. Использовалось также выхлопное сопло постоянного сечения. Лопasti компрессора крепились с помощью заклепок к диску, на котором имелся изогнутый прилив, направленный в сторону укороченного вала, установленного на кольце шарикоподшипника. Для турбины применялась аналогичная конструкция, но укороченный вал был направлен назад в сторону опоры кольца роликового подшипника. Короткая труба с фланцами соединяла компрессор и диски турбины с помощью болтов. В качестве топлива для этого двигателя применяли бензин, который впрыскивался через несколько простых топливных форсунок, расположенных вокруг камеры сгорания. Каждая форсунка опиралась внутри камеры сгорания на небольшую сетку из четырех трубок, по которым подавалось топливо, а сетки служили для предварительного подогрева топлива и улучшения смешивания топлива с воздухом путем турбулентности. Подогрев топлива также осуществлялся путем его использования для охлаждения корпуса заднего роликового подшипника (за турбиной) перед подачей топлива в топливные форсунки.

Летные испытания начались в июле* 1939 года после стендовых испытаний, при этом один из двигателей HeS 3b был подвешен под фюзеляжем самолета He 118 (D-OVIE), который был переоборудован в «летающую лабораторию». (He 118 — это двухместный одномоторный моноплан. Было выпущено несколько таких самолетов серии V, предназначенных для использования в качестве пикирующих бомбардировщиков, но заказ на производство получил Юнкерс Ju 87). Все мероприятия проводились в обстановке секретности, и летные испытания проводились каждый день в ранние утренние часы до начала открытия заводов. Самолет пилотировал капитан ВВС Эрих Варзиг. В состав экипажа входил бортинженер Кунзель. После взлета самолета с помощью поршневого двигателя запускался двигатель HeS 3b, который оставлял за собой голубоватый след от выхлопных газов из-за использования бензина в качестве горючего.

После серии летных испытаний было обнаружено прогорание турбины в двигателе HeS 3b, но к тому времени уже был готов планер самолета He 178 для установки второго двигателя. He 178 — это одноместный моноплан с верхним расположением крыла, с носовым воздухозаборником и воздушным каналом, идущим к двигателю, и длинным выхлопным каналом, длина которого составляла 1/3 длины фюзеляжа. Мы имеем недостаточный объем информации о потерях в воздушных каналах. Эти длинные каналы были неэффективными. Тем не менее, после рулевых испытаний самолет He 178 был поднят в воздух и 24 августа 1939 года совершил кратковременный полет вдоль взлетной полосы, а полный полет — 27 августа. Эти полеты сделали моноплан He 178 первым самолетом в мире, использовавшим энергию только турбореактивного двигателя. После достигнутого успеха Хейнкель стремился полу-

* Согласно некоторым источникам — в мае.

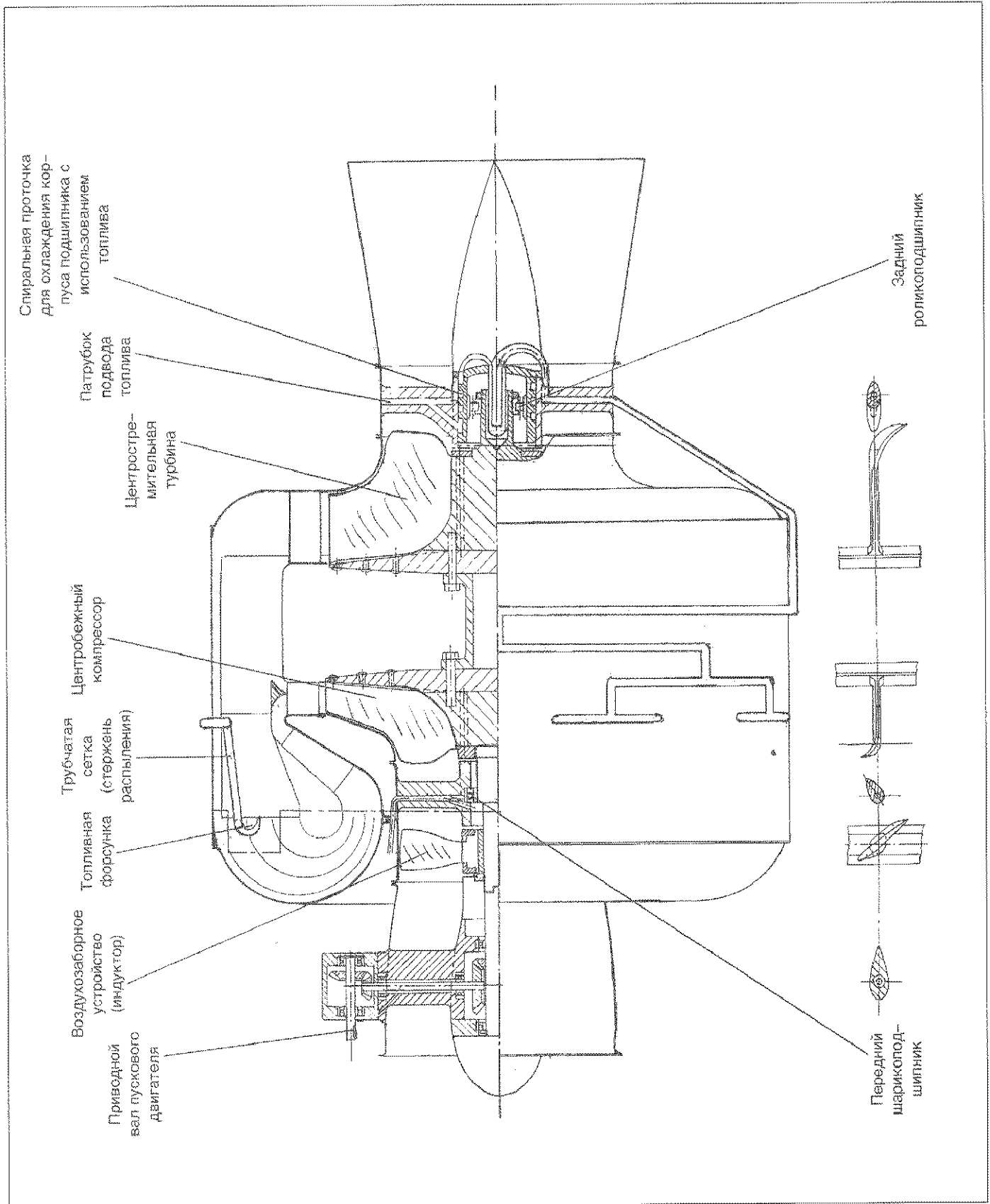


Рис. 2.3. Турбореактивный двигатель HeS 3b (оригинальная схема разработана Вильгельмом Гундерманом)

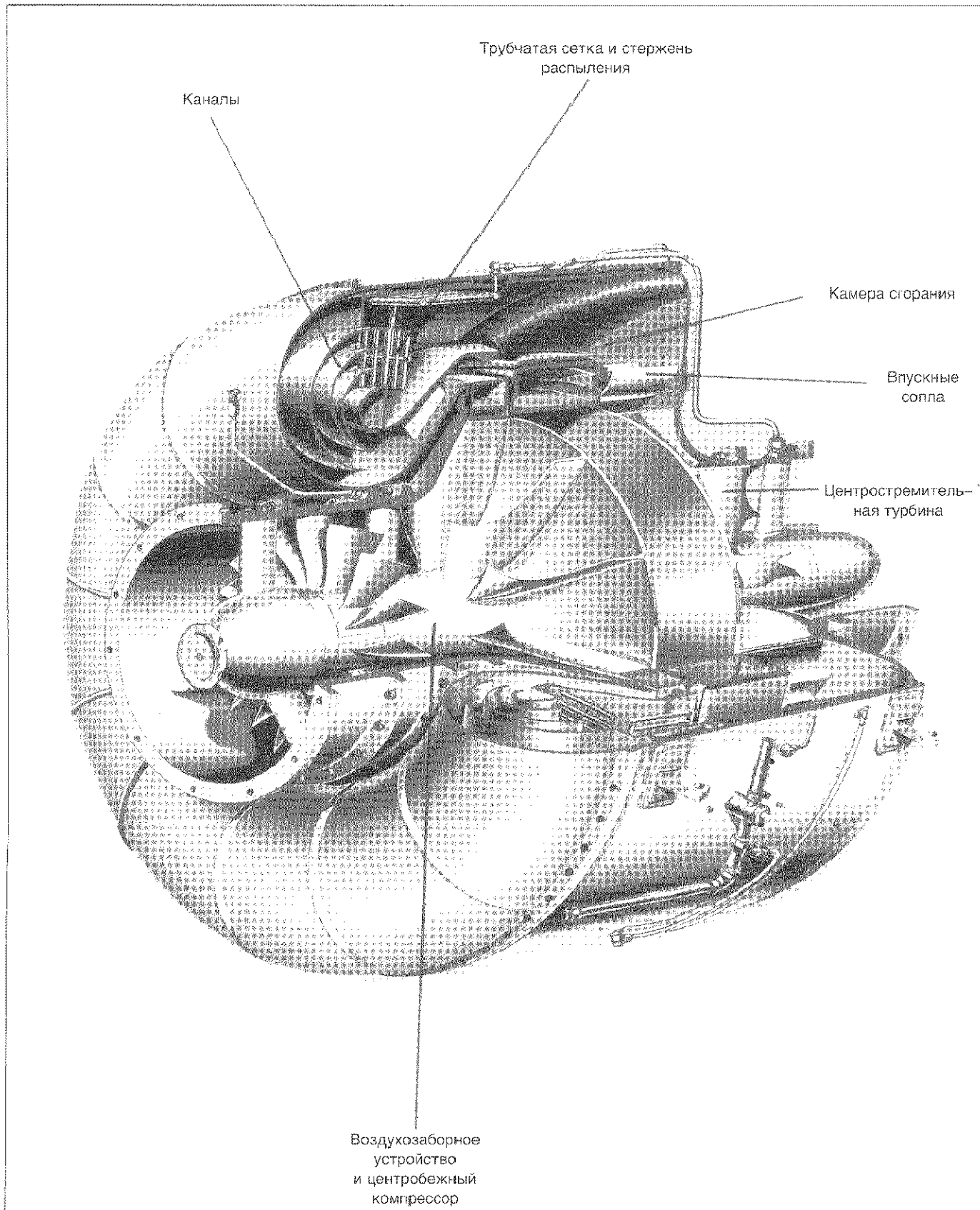


Рис. 2.4. Турбореактивный двигатель HeS 3b (схема получена от Билла Ганстона)

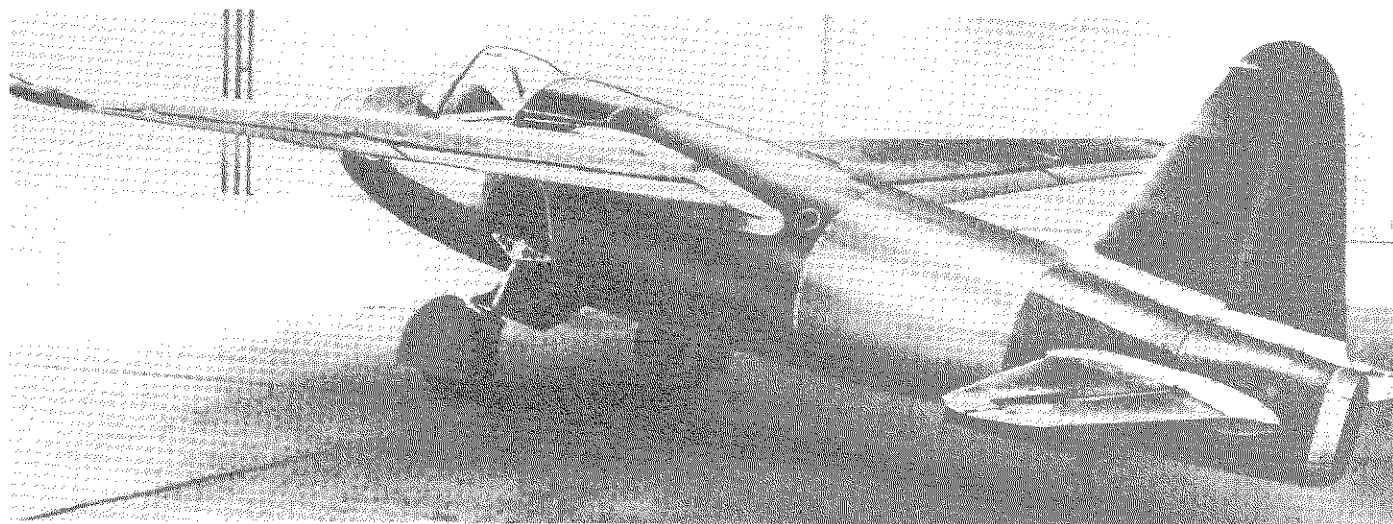
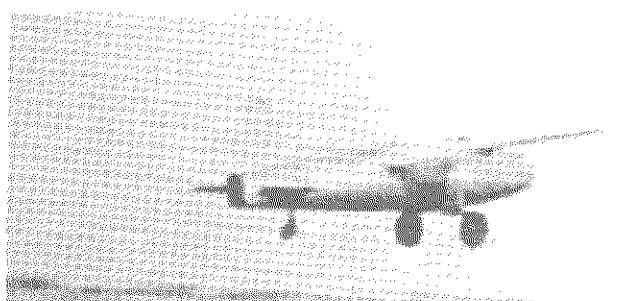
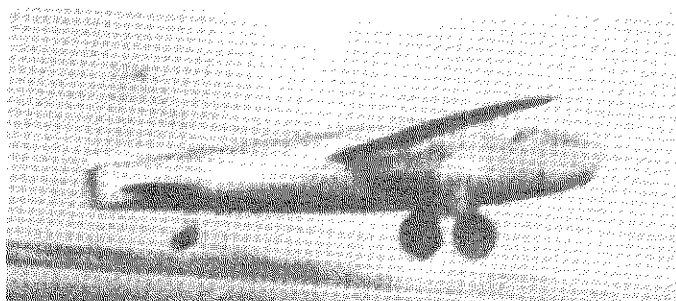


Рис. 2.5А. Первый в мире турбореактивный самолет Хейнкеля He 178



2.5В, С. Взлет самолета He 178

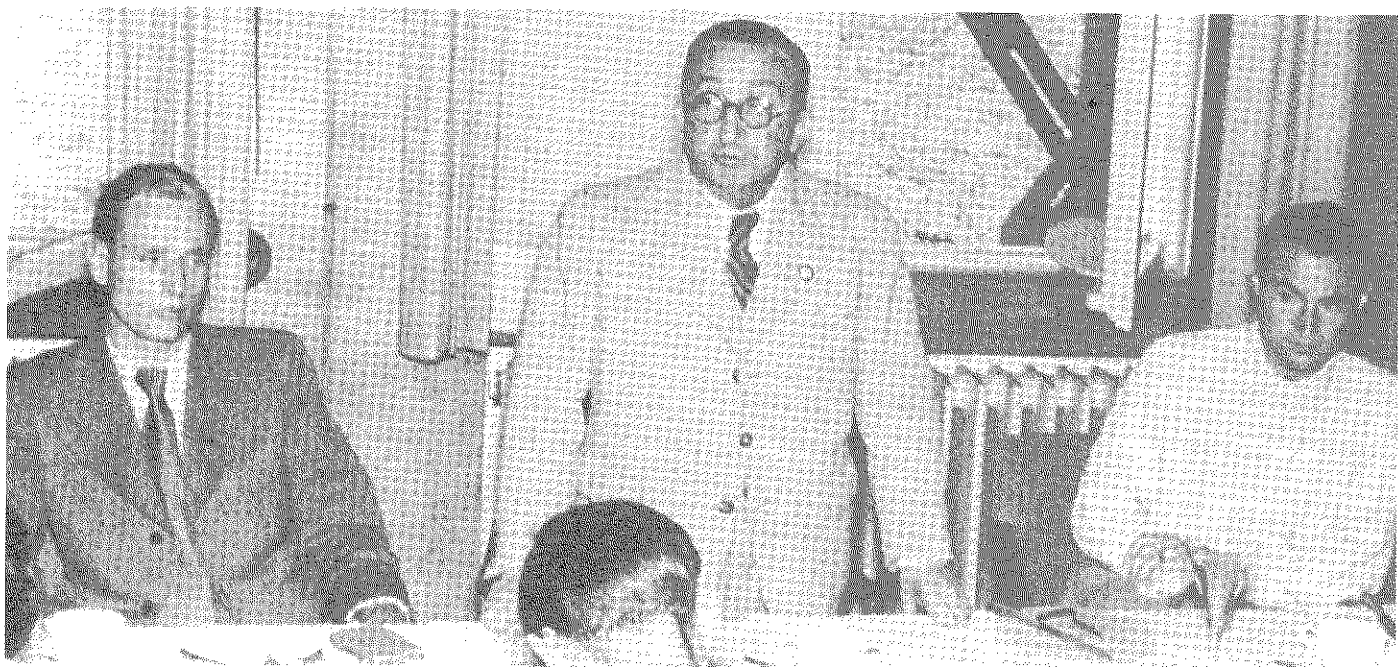


Рис. 2.5D. После первого полета турбореактивного самолета Хейнкеля He 178. 27 августа 1939 года по поводу этого события было организовано торжественное мероприятие. Слева направо: летчик Эрих Варзиг; профессор Эрнст Хейнкель и конструктор двигателя доктор Ганс фон Охайн стали инициаторами подготовки и реализации немецкой программы разработки турбореактивных двигателей

чить поддержку в Министерстве авиации, где было известно о его проекте реактивного двигателя 1938 года. Демонстрация полета самолета He 178 перед официальными представителями Министерства авиации 1 ноября 1939 года не вызвала большого восторга, хотя Ганс Маух позднее сказал фон Охайну, что самолет He 178 все-таки оказал определенное воздействие на представителей Министерства авиации, выступивших в поддержку продолжения разработки реактивного самолета. Тем не менее, Маух был прогив того, чтобы заводы Хейнкеля, занятые разработкой планера самолетов, стали разрабатывать лётные образцы двигателя из-за отсутствия опытных инженеров и конструкторов двигателей. С другой стороны, Шельп одобрил работу Хейнкеля по двигателям, а после ухода Мауха в конце 1939 года он занял более солидное положение в отделе GL/C3 Технического управления. Самолет He 178 находился в эксплуатации непродолжительное время, до момента изменения программы. Максимальная скорость, достигнутая этим самолетом, составляла 600 км/час. Ниже приведены данные по двигателю HeS 3b:

Тяга — 450 кг при скорости 800 км/час
Скорость вращения ротора двигателя — 13000 об/мин
Вес — 360 кг
Степень сжатия — 2,8:1
Удельный расход топлива — 2,16 кг топл./кг тяги·час
Расход воздуха — 22,5 кг/с
Удельный вес — 0,8
Диаметр — 0,93 м
Длина — 1,48 м
Лобовая площадь — 0,68 м²