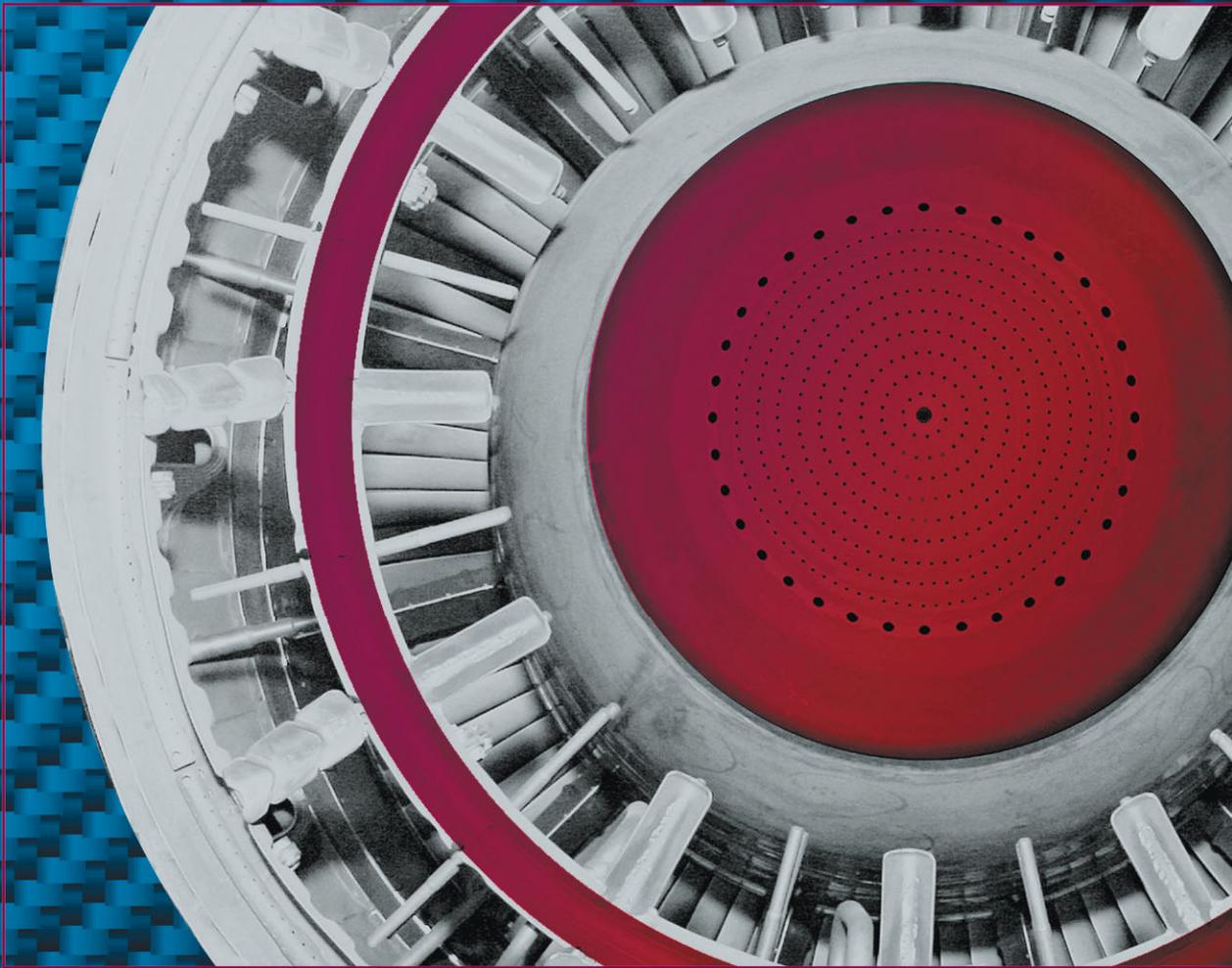


КОТЕЛЬНИКОВ В. Р., ХРОБЫСТОВА О. В., ЗРЕЛОВ В. А., ПОНОМАРЁВ В. А.



# ДВИГАТЕЛИ БОЕВЫХ САМОЛЁТОВ РОССИИ



## Уважаемые коллеги!

Перед вами издание, посвященное одной из самых высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности, — авиационному двигателестроению.

Акцент в этом уникальном научно-популярном цикле сделан не только на конкретные технические устройства и личности их создателей, но и на впечатляющую своим масштабом государственную стратегию развития авиационной промышленности. Благодаря ей наша страна обрела конкурентоспособную отрасль авиадвигателестроения, за которую мы в ответе перед будущими поколениями.

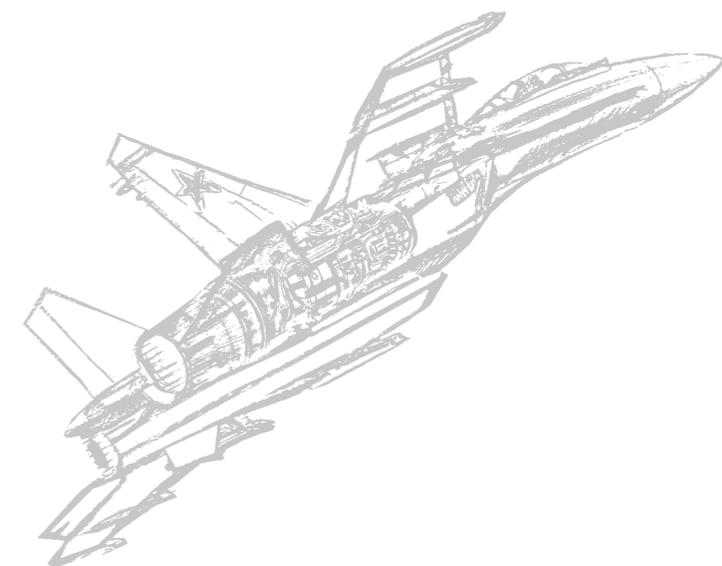
Отрасль представляется как единый организм, гибко реагирующий на внешние изменения и нуждающийся в непрерывном научно-техническом совершенствовании.

Символично, что издание выходит в год 90-летия Центрального института авиационного моторостроения. Продолжением цикла станет том, посвященный развитию авиадвигателестроительной науки и роли ЦИАМ в создании авиадвигателей. Издание — прекрасный подарок для тех, кто интересуется развитием отрасли, авиационной техники, историей страны.

Генеральный директор  
ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова»  
Гордин М. В.



УДК 621.431.75  
ББК 39.5г  
К73



**Котельников В. Р., Хробыстова О. В., Зрелов В. А., Пономарёв В. А.**

К73 Двигатели боевых самолётов России / Под общ. ред. В. В. Горошникова. – Рыбинск : Медиарост, 2020. – 616 с. : илл.

ISBN 978-5-906071-02-6

Научные редакторы: д. т. н. В. А. Зрелов, к. т. н. В. А. Пономарёв

В книге описана история отечественного авиадвигателестроения на примере базовых серийных двигателей и их основных модификаций для боевых самолетов России – истребителей, штурмовиков, разведчиков и бомбардировщиков. В доступной форме рассказано о предназначении двигателей, их устройстве, технических особенностях; приведены интересные факты и воспоминания участников событий, связанные с разработкой, испытаниями, освоением и эксплуатацией двигателей. Из этих подробностей складывается достоверная картина развития авиапрома в части создания двигателей для боевых самолетов, начиная с поршневых моторов и заканчивая ГТД пятого поколения. Издание адресовано широкому кругу читателей.

**УДК 621.431.75  
ББК 39.5г**

ISBN 978-5-906071-02-6

© Издательство «Медиарост», 2020

# ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Авиация является одним из величайших достижений XX века. Авиационный двигатель воплощает в себе сплав передовых научно-технических идей, и по его совершенству можно судить о научном, техническом и экономическом потенциале общества. До настоящего времени все наиболее важные достижения авиации в той или иной степени связаны с улучшением параметров и характеристик двигателей или с созданием двигателей принципиально новых типов и схем.

С 1911 года до конца 1950-х в нашей стране было создано более сотни типов поршневых авиационных моторов, из которых 53 производились серийно и устанавливались на серийные боевые самолеты – было построено около 300 тысяч таких моторов. К 1950 году отечественное моторостроение ценной огромных усилий вышло на мировой уровень.

Смена поршневых моторов газотурбинными двигателями привела к тому, что авиация стала играть очень важную роль не только в военной сфере, но и в мирной жизни. С 1945 года по настоящее

время в СССР и России создали не менее 350 экспериментальных, опытных и серийных образцов авиационных газотурбинных двигателей различных схем для самолетов, вертолетов и крылатых ракет.

Всего самолетных газотурбинных двигателей было разработано 52 типа. На их основе создано еще 92 модификации – всего не менее 163 вариантов серийных газотурбинных двигателей для самолетов. При работе над этой книгой мы приняли решение остановиться только на тех из них, что были установлены на серийных боевых самолетах, – а это 24 типа авиационных ГТД в 115 модификациях. Таких двигателей было изготовлено более 160 тысяч экземпляров.

В одном издании не представляется возможным со всей полнотой описать подробности и результаты этого поистине титанического труда авиадвигателестроителей и работников смежных с ними областей авиационного производства. Над созданием двигателей для отечественных самолетов трудилось большое число самых разнородных коллективов, общая

численность которых в 1990 году составила 350 тысяч человек – и в этот год общий выпуск авиационных двигателей достиг 10 000 экземпляров. Из-за ограниченности объема издания пришлось упомянуть только основателей моторостроительных ОКБ и конструкторских школ, а также некоторых их учеников и последователей. Есть еще одно обстоятельство, вынуждающее обойтись кратким перечнем известных имен создателей авиационных двигателей для боевых самолетов. Разработка этих изделий, по понятным причинам, была закрытым процессом. И в имеющихся источниках приведены весьма скудные и разрозненные сведения об этом.

Тема освоения и производства серийных двигателей на предприятиях страны является чрезвычайно сложной, – во-первых, из-за огромного объема материала, который следует обобщить и верно изложить в одном издании, а во-вторых, из-за фрагментарности и разного уровня доступных источников. Поэтому основное внимание уделено другим этапам жизненного цикла двигателя: формированию

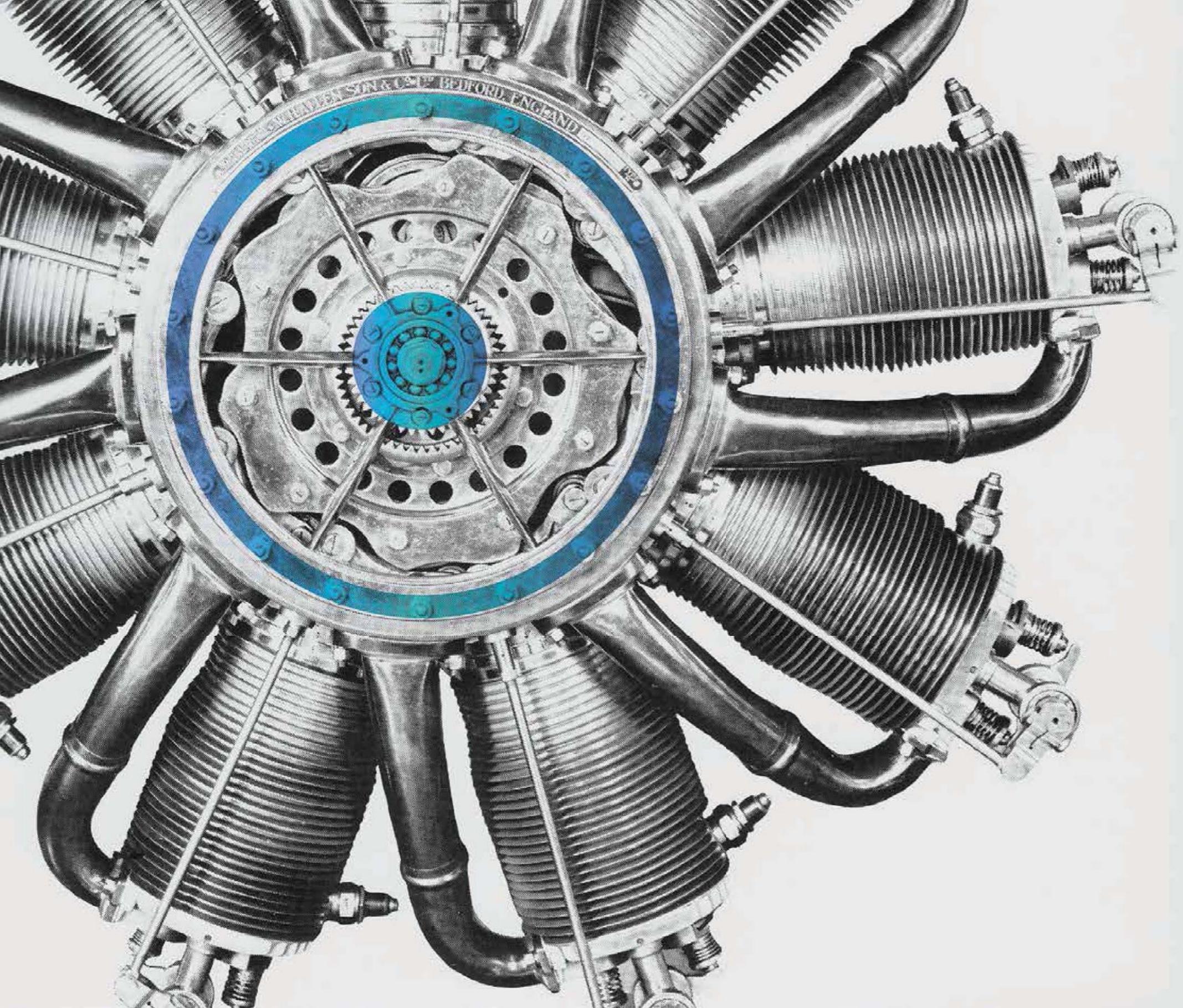
концепции, проектированию, испытаниям, доводке и эксплуатации на самолетах (в том числе их боевому применению).

В книге кратко рассказана история создания базовых двигателей и их модификаций для боевой авиации и самолетов, для которых они предназначались, раскрыты причины, по которым было принято решение разработать изделия именно с такими характеристиками, охарактеризована концепция самолетов, её воплощение в опытных экземплярах, описан процесс испытаний, принятие на вооружение и поступление в части, а также боевое применение, экспортные поставки, модификации. Упомянуты опытные и экспериментальные самолеты, на которые устанавливались серийные двигатели или их модификации. Редкое применение двигателей, созданных для боевых самолетов, на их гражданских вариантах также отмечено.

Данное издание не является ни справочником, ни энциклопедией. Такая цель и не ставилась. Задача была другой: в популярном издании, рассчитанном

на широкий круг читателей, на примере 53 типов поршневых моторов и 115 модификаций газотурбинных двигателей показать их место в развитии отечественной боевой авиации, дать по возможности исчерпывающую и понятную картину результатов труда многочисленной армии конструкторов и производственников, благодаря которым отечественные двигатели для боевой авиации создавались на мировом уровне и в некоторых случаях стали непревзойденными шедеврами инженерного труда.

В. А. Пономарёв,  
к. т. н., доцент кафедры авиационных двигателей Рыбинского государственного авиационного технического университета им. П. А. Соловьёва



# ЧАСТЬ 1

ПОРШНЕВЫЕ  
МОТОРЫ

# Как устроен и работает поршневой авиационный двигатель (мотор) внутреннего сгорания

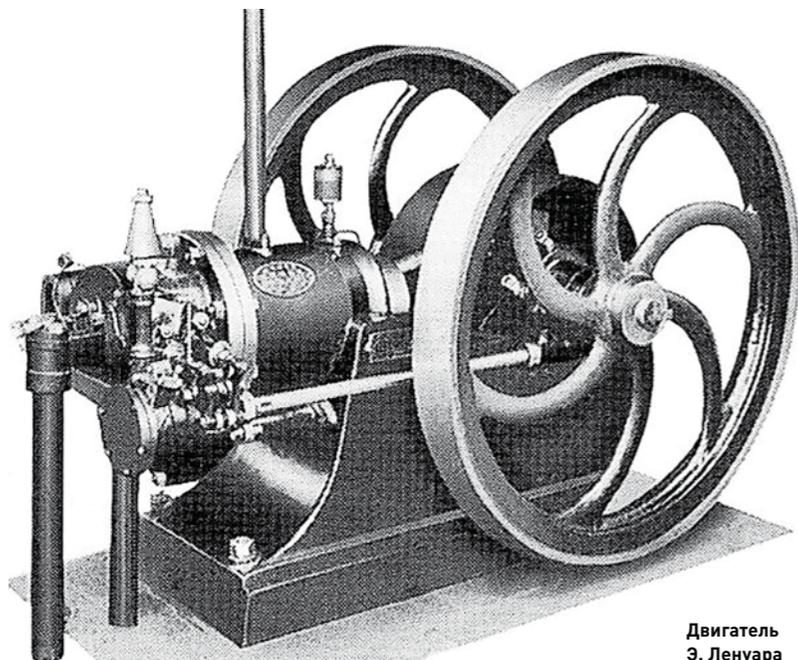
Можно утверждать, что самолёт появился благодаря созданию двигателя. Таким двигателем, позволившем впервые в истории человечества осуществить реальный пилотируемый полёт, был поршневой двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Делалось много безуспешных попыток создать двигатель, в котором топливо сжигалось бы не вне рабочего объема машины (цилиндров), как у паровых машин, а внутри его. Это должно было резко повысить КПД тепловой машины.

Этьен Ленуар

Но только в 1860 году французскому инженеру бельгийского происхождения Этьену Ленуару (Jean Joseph Etienne Lenoir) (1822–1900) удалось создать работоспособный и используемый в промышленности двухтактный двигатель внутреннего сгорания с водяным охлаждением, работающий на светильном газе.

Существенное улучшение характеристик ДВС произошло во второй половине 1870-х, когда немецкий предприниматель, изобретатель-самоучка Николаус Отто создал свой поршневой двигатель. В этом двигателе новым являлось то, что рабочая смесь перед зажиганием сжималась, при этом её воспламенение производилось в крайнем верхнем положении поршня.



Двигатель Э. Ленуара

Изготовленный таким образом двигатель назвали четырехтактным, т. к. процесс в нём совершался в течение четырех ходов поршня.

I такт: **впуск** – поршень движется в цилиндре вниз, втягивая воздух и топливо через открытый впускной клапан.

II такт: **сжатие** – впускной и выпускной клапаны закрыты, поршень движется в цилиндре вверх, сжимая топливовоздушную смесь.

III такт: **рабочий ход** (расширение) – когда поршень в такте сжатия приближается к верхней мертвой точке, система зажигания дает искру на свечах. При этом топливовоздушная смесь поджигается и в процессе сгорания быстро расширяется. Создаваемое расширением давление толкает поршень вниз, а поршень, двигаясь к нижней мертвой точке, вращает коленчатый вал, передающий усилие на воздушный винт.

IV такт: **выпуск** – когда поршень достигает нижней мертвой точки, открывается выпускной клапан. Затем поршень снова идет вверх, выталкивая продукты сгорания топливовоздушной смеси из цилиндра.

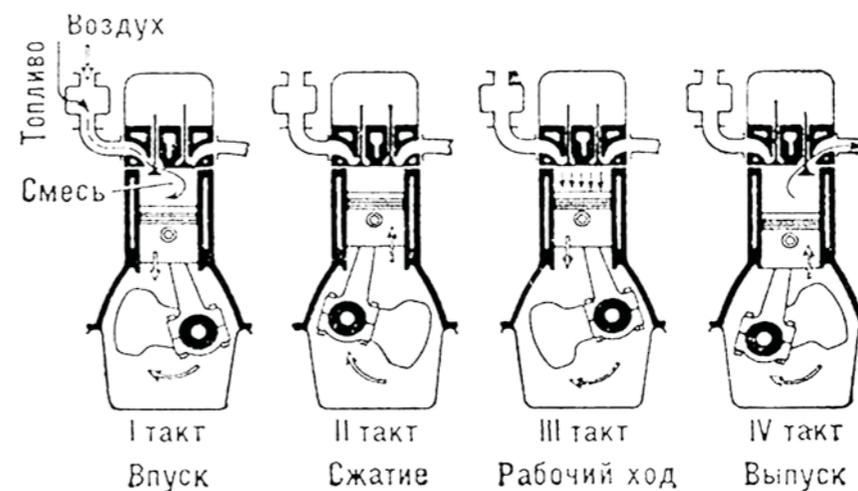
Одинаковые такты проходят в цилиндрах не одновременно, а последовательно, чтобы в каждый момент времени как минимум один поршень совершал рабочий ход.

Николаус Отто создал в Кёльне завод газовых двигателей Deutz-AG (1872), техническим директором которого стал Готтлиб Даймлер, а главным конструктором – Вильгельм Майбах.

Инженер Карл Бенц, независимо от Отто, Даймлера и Майбаха, создал первый в мире двухтактный бензиновый двигатель (построил первую модель такого двигателя в 1878) и в 1879 году получил на него патент.

В 1890 году Даймлер организовал компанию Daimler Motoren Gesellschaft (DMG) по производству небольших мощных двигателей для использования на земле, в воздухе и на воде. Этот лозунг стал основой для знаменитой трёхконцевой звезды – логотипа современной компании Mercedes-Benz.

Схема четырехтактного двигателя



(1) Николаус Отто

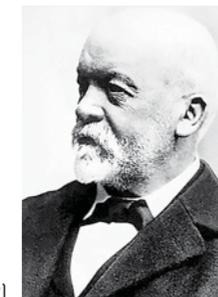
(2) Готтлиб Даймлер

(3) Вильгельм Майбах

(4) Карл Бенц



(1)



(2)



(3)



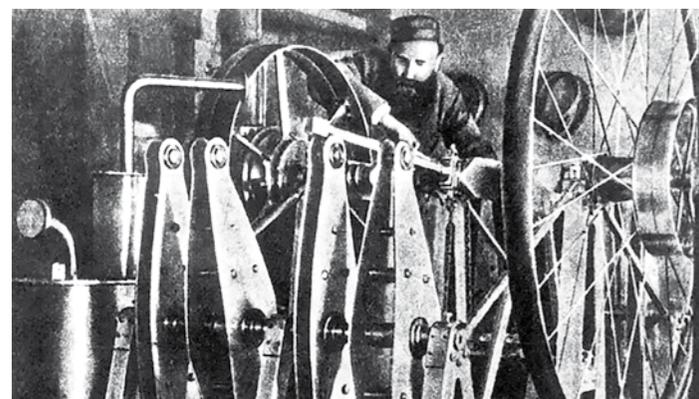
(4)

Даймлер и Майбах предположили, что топливом для их двигателя должен быть продукт перегонки нефти. В то время таких продуктов было три: масло, керосин и бензин. В качестве топлива был избран наиболее легко воспламеняющийся бензин, который в основном применялся для чистки одежды и продавался в аптеках. В конце 1885 года Даймлер и Майбах сконструировали свой первый двигатель. В нём было применено особое устройство – карбюратор, в котором бензин испарялся, пары смешивались с воздухом и поступали в цилиндр двигателя.

О. С. Костович



О. С. Костович и его двигатель



Двигатель О. С. Костовича

Лейтенант российского флота Евгений Александрович Яковлев основал в Санкт-Петербурге «Первый русский завод керосиновых и газовых двигателей Е. А. Яковлева».

В 1889 году был изготовлен первый двигатель внутреннего сгорания конструкции Яковлева, работающий на жидком топливе.

Все моторы он конструировал сам. В 1893 году двигатели Яковлева были удостоены премии на выставке в Чикаго. Выставочный комитет наградил завод и его владельца бронзовой медалью и почетным дипломом выставки.

Двигатели Е. А. Яковлева поставлялись не только на внутренний рынок, но и за границу. На своем заводе Евгений Александрович старался использовать только отечественное сырье и материалы, хотя не

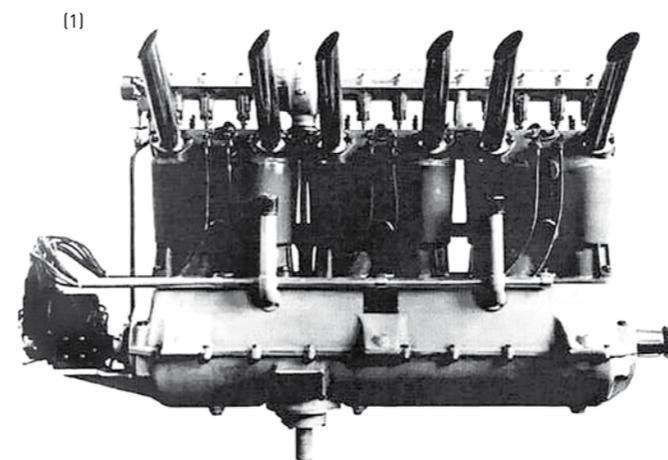
всегда это получалось. Так, из-за того, что российские аналоги не подходили по технологии, уголь и кокс пришлось покупать в Англии.

Наименованием завода «Первый русский» Яковлев хотел показать (и это ему удалось), что Россия может производить двигатели не хуже, чем в Европе.

Первый в России авиационный многоцилиндровый бензиновый двигатель с водяным охлаждением построил капитан русского флота Огнеслав Степанович Костович.

В оппозитном 80-сильном двигателе конструкции Костовича с горизонтальным размещением цилиндров впервые использовалось электрическое зажигание. К 1883 году двигатель был построен, испытания и доводка продолжались до 1885 года.

В начале XX века отдельные российские фирмы брались за разработку и изготовление авиадвигателей собственной конструкции (заводы Лесснера в Петербурге, завод «Мотор» и АО «Русско-Балтийский вагонный завод» в Риге). Известны проекты многих российских инженеров-изобретателей (Ф. Р. Гешвенда, С. С. Неждановского, Б. Г. Луцкого, П. Д. Кузьминского, В. В. Киреева, С. В. Гризодубова, А. Г. Уфимцева, А. В. Нестерова, А. А. Пороховщикова и других), однако дальше изготовления опытных образцов они не были реализованы.



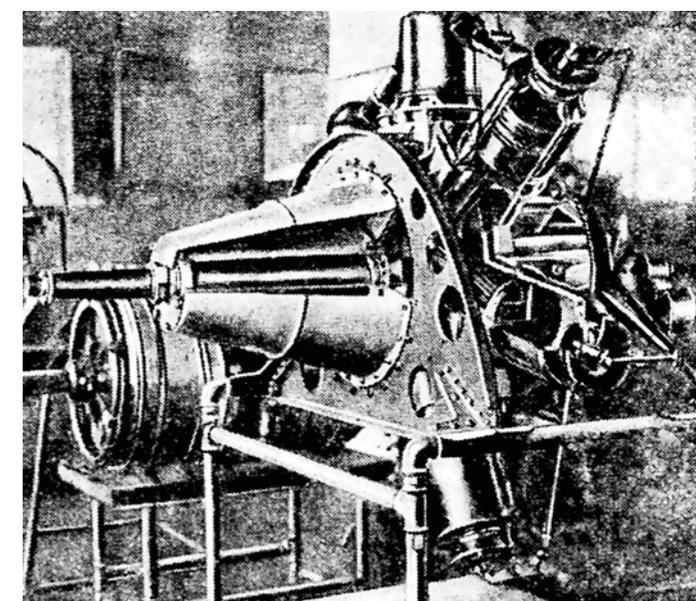
(1)



(2)



(3)



(4)

В этот период авиадвигателестроение в России осуществлялось на следующих заводах: «Мотор» в Риге (1909, с 1915 в Москве), «Гном-Рон» в Москве (1912), «Сальмсон» в Москве (1915), «Русский Рено» в Петрограде (1914) (этот завод до 1917 года производил автомобильные моторы), филиал «РБВЗ» в Петрограде (1915), АО Ильина в Москве (1916), «Дюфлон и Константинович» (ДЕКА) (1916) в Александровске (сейчас Запорожье).

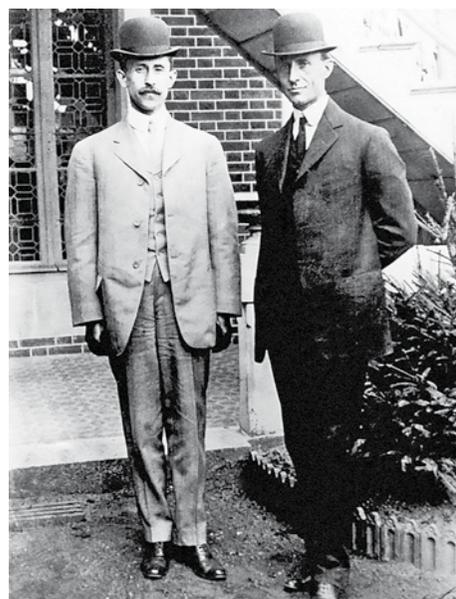
На всех этих предприятиях выпускались двигатели зарубежных конструкций: «Райт», «Гном», «Рон», «Рено» и др. Только Теодор Калеп смог на заводе «Мотор» выпустить несколько своих моторов (имевших характеристики лучше зарубежных), однако вскоре их производство пришлось сократить из-за ориентации правительства на зарубежные образцы.

(1) Мотор А. Г. Луцкого

(2) Мотор С. В. Гризодубова

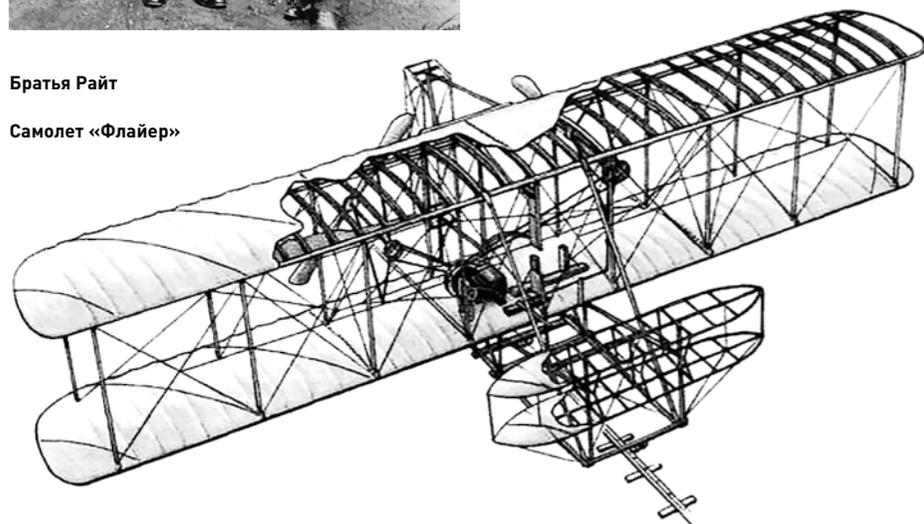
(3) Биротативный мотор А. Г. Уфимцева

(4) Мотор А. В. Нестерова



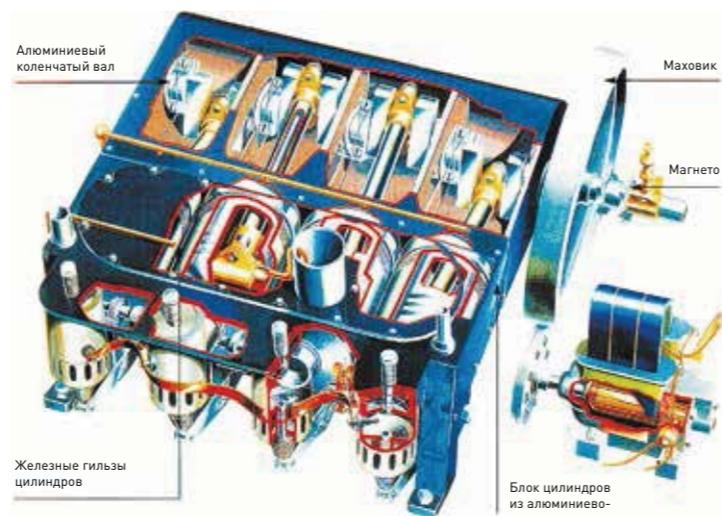
Братья Райт

Самолет «Флайер»



Чарльз Тейлор

Двигатель для самолета «Флайер»



В 1903 году был осуществлён первый полёт самолёта «Флайер» братьев Орвилла и Уилбура Райт. Двигатель для этого самолёта строил конструктор Чарльз Тейлор – первый в мире авиамеханик.

Это был ДВС с водяным охлаждением, однорядный четырехцилиндровый с алюминиевым блоком цилиндров. Диаметр и ход поршня – 4 дюйма. Коленчатый вал – алюминиевый, шатуны были изготовлены из труб.

Таким образом, во второй половине XIX века, благодаря изобретениям Отто и Даймлера, было положено начало широкому применению ДВС в летательных аппаратах тяжелее воздуха.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания состоит из следующих основных элементов:

– **поршень** – возвратно-поступательным движением обеспечивает впуск смеси, ее сжатие, получение энергии и дальнейший вывод отработанных газов;

– **поршневые кольца** выполняют функцию уплотнителей;

– **шатун и коленчатый вал** осуществляют преобразование возвратно-поступательного импульса в крутящий момент;

– **поршневой палец** обеспечивает шарнирное соединение поршня и шатуна;

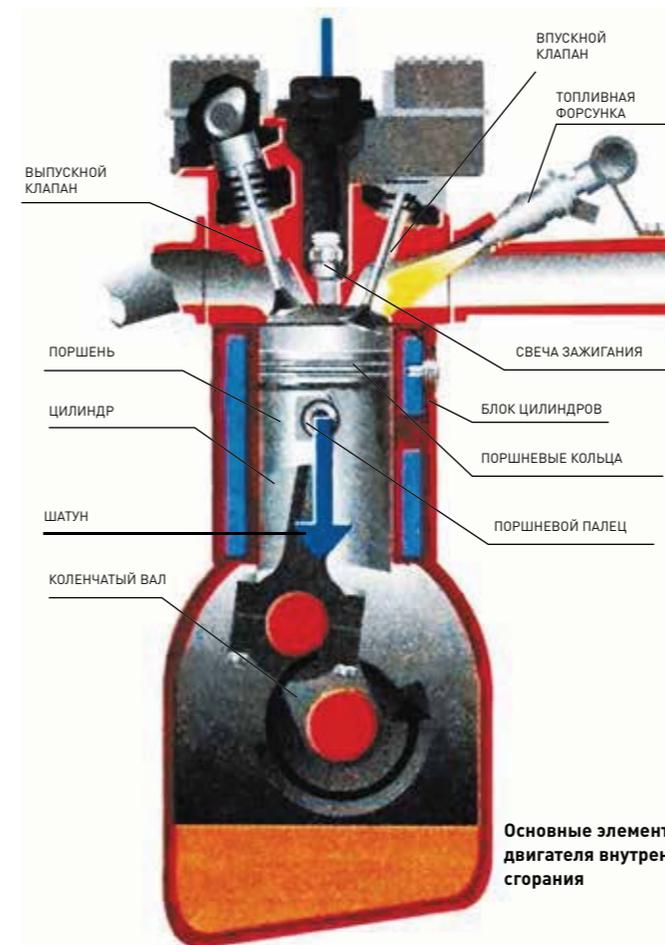
– **впускной и выпускной клапаны** открывают цилиндр для входа смеси (впускной) и выхода отработанных газов (выпускной), герметизируют цилиндр во время сжатия и воспламенения;

– **топливная форсунка** обеспечивает распыл топлива;

– **свеча зажигания** создает искру, которая поджигает топливоздушную смесь;

– **блок цилиндров** – силовой корпус, объединяющий цилиндры и обеспечивающий их охлаждение.

Сгорание топлива в поршневом двигателе осуществляется в цилиндрах, где поджигается смесь топлива и воздуха,



Основные элементы двигателя внутреннего сгорания

под действием давления получившихся газов происходит поступательное движение поршня. Образовавшаяся при этом тепловая энергия превращается в механическую. Это движение поршня, в свою очередь, преобразуется во вращательное движение коленчатого вала двигателя через шатун, являющийся связующим звеном между цилиндром с поршнем и коленчатым валом.

Коэффициент полезного действия современных поршневых двигателей не превышает 25–30%, то есть большая часть энергии, получаемой при сгорании топлива, превращается в тепло, которое необходимо отводить из двигателя. Эту функцию выполняет система охлаждения.

Схемы двигателей усложнялись, появились моторы 4-, 6-, 8-цилиндровые; рядные и V-образные; с жидкостным охлаждением (лидер – Германия) или воздушным (лидер – Франция).

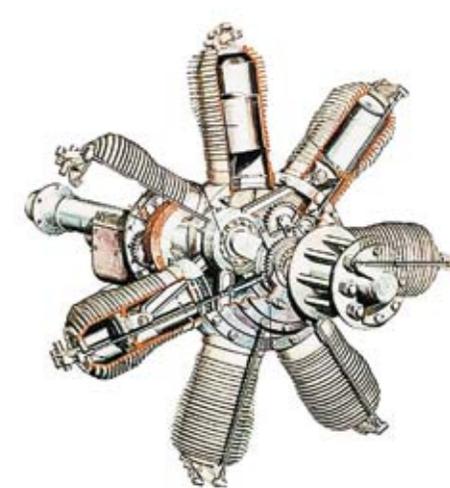
Мощность зависела в основном от объёма цилиндров. Но с увеличением объёма цилиндров (или их количества) росла масса двигателя.

Авиационные поршневые двигатели могут быть классифицированы по различным признакам.

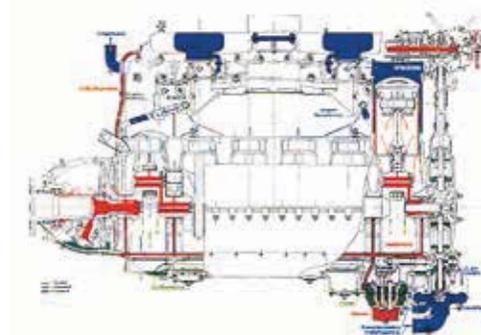
В зависимости от рода применяемого топлива – на двигатели легкого или тяжелого топлива.

По способу смесеобразования – на двигатели с внешним смесеобразованием

(1) Схема двигателя воздушного охлаждения



(2) Схема двигателя жидкостного охлаждения



(карбюраторные) и с внутренним смесеобразованием (непосредственный впрыск топлива в цилиндры).

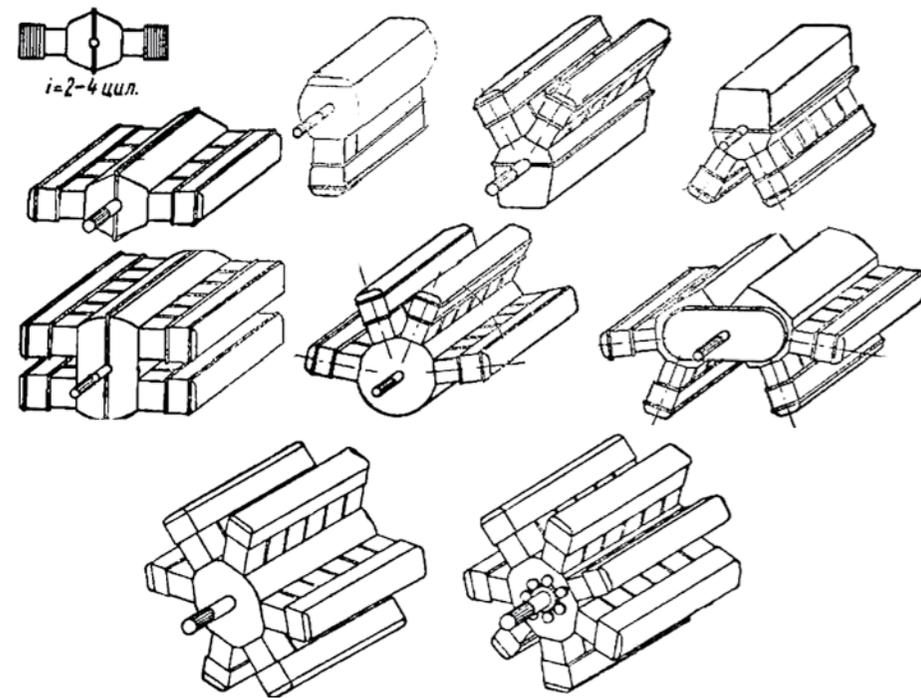
В зависимости от способа воспламенения смеси – на двигатели с принудительным зажиганием и двигатели с воспламенением от сжатия.

В зависимости от числа тактов – на двухтактные и четырехтактные.

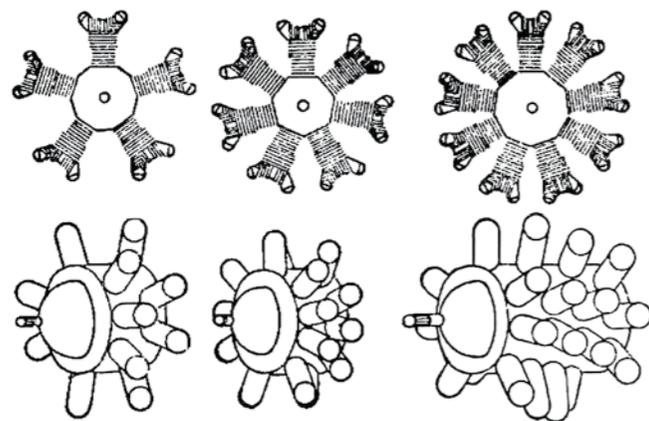
В зависимости от способа охлаждения – на двигатели жидкостного и воздушного охлаждения.

По числу цилиндров – на четырехцилиндровые, пятицилиндровые, двенадцатицилиндровые и т. д.

В зависимости от расположения цилиндров – на рядные (с расположением цилиндров в ряд) и звездообразные (с расположением цилиндров по окружности).



Схемы основных типов поршневых рядных двигателей



Схемы основных типов поршневых звездообразных двигателей

Рядные двигатели, в свою очередь, подразделяются на однорядные, двухрядные V-образные, трехрядные W-образные, четырехрядные H-образные или X-образные. Звездообразные двигатели также бывают однорядные, двухрядные и многорядные.

По характеру изменения мощности в зависимости от изменения высоты двигатели подразделяются на высотные,

то есть сохраняющие мощность с подъемом самолета на высоту, и невысотные, мощность которых падает с увеличением высоты полета.

По способу привода воздушного винта – на двигатели с прямой передачей на винт и редукторные двигатели.

Поршневые двигатели работают по циклу периодического действия.

Поршневые двигатели воздушного охлаждения имеют следующие преимущества перед двигателями жидкостного охлаждения: меньшая масса, соответственно, большая удельная мощность и более простая, а значит, и более надежная конструкция, высокая эффективность охлаждения. Для лучшего обдува цилиндров воздухом их располагают в виде звезды. Каждый цилиндр отделен от остальных и доступен для ремонта и обслуживания.

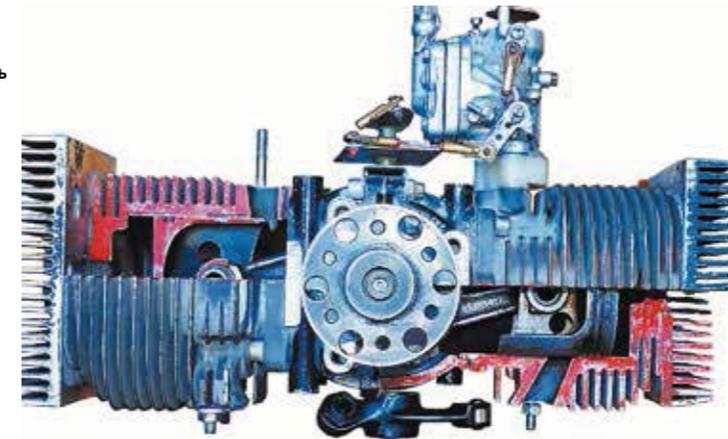
В 1909 году Луисом и Лораном Сеген был создан ротативный двигатель «Гном». В этом звездообразном двигателе вокруг неподвижного коленчатого вала вращался блок цилиндров. В таких двигателях нет необходимости в установке противовесов. Цилиндры постоянно находятся в движении, что создает хорошее воздушное охлаждение. Можно отказаться от применения маховика, т. к. вращающиеся цилиндры и поршни создают вращающийся момент.

К недостаткам ротативных двигателей следует отнести плохое маневрирование самолета, обусловленное гироскопическим эффектом, создаваемым большой вращающейся массой двигателя, а также плохую систему смазки, поскольку инерционные силы заставляют смазочное масло скапливаться на периферии двигателя. Масло приходилось смешивать с топливом для обеспечения надлежащего смазочного эффекта.

Такая конструкция была проще, но самолеты (да и летчики тоже) возвращались из полета покрытые толстым слоем касторового масла, которое во время работы такого двигателя разлеталось от вращающегося блока. К тому же на вращающиеся цилиндры действовали большие инерционные нагрузки.

Более поздние двигатели стали иметь привычный неподвижный блок цилиндров и вращающийся коленчатый вал. Но радиальное расположение имело и свои недостатки: высокое лобовое сопротивление и сложность обслуживания двигателя.

Оппозитный поршневой двигатель П-020



В авиации мотор никогда не был так популярен, как самолёт. Широко известны, например, самолёты Первой мировой войны («Фоккер D7», «СПАД 13», «Бристоль F.2B»), но редко слышно о 185-сильном БМВ, 235-сильном «Испано-Сюиза», 275-сильном «Фалькон» («Роллс-Ройс»). Хотя всё начиналось с мотора.

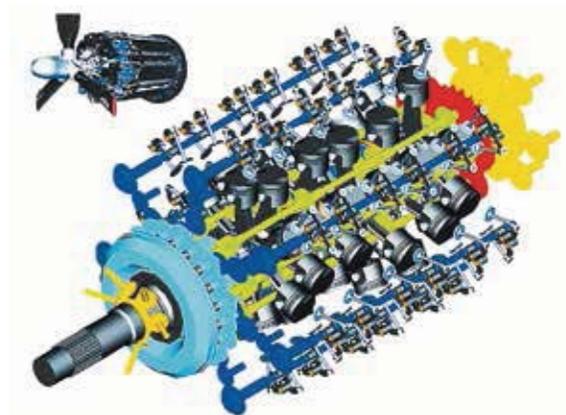
В 1918 году французский изобретатель Ратье предложил турбонагнетатель.

Авиационные поршневые двигатели имеют большее число цилиндров (от 5 до 24), хорошие экономические характеристики, способны работать в перевернутом состоянии и обладают большей надёжностью. Авиационные двигатели имеют воздушное или водяное охлаждение, способ охлаждения опреде-

ляет конструкцию двигателя. В двигателях с жидкостным охлаждением цилиндры объединяют по 4–6 штук в блоки (ряды), они имеют общую рубашку, внутри которой циркулирует охлаждающая жидкость. В одном двигателе может быть несколько (2, 4 или 6) блоков, размещаемых вдоль оси двигателя. В двигателях с воздушным охлаждением цилиндры располагают в плоскости, перпендикулярной оси двигателя, по 5–9 штук; вместе эти цилиндры напоминают звезду. У мощных двигателей могло быть до четырех звёзд (до 20–24 цилиндров). Цилиндры охлаждаются потоком встречного воздуха, для более эффективного охлаждения наружная поверхность корпусов цилиндров делается ребристой.



«Райт R-2160 Торнадо»



Помимо звездообразных двигателей, нашли свое применение в авиации и оппозитные двигатели. Их часто устанавливают на легкие самолеты небольших размеров, так как их мощности вполне достаточно для полета на высоких скоростях.

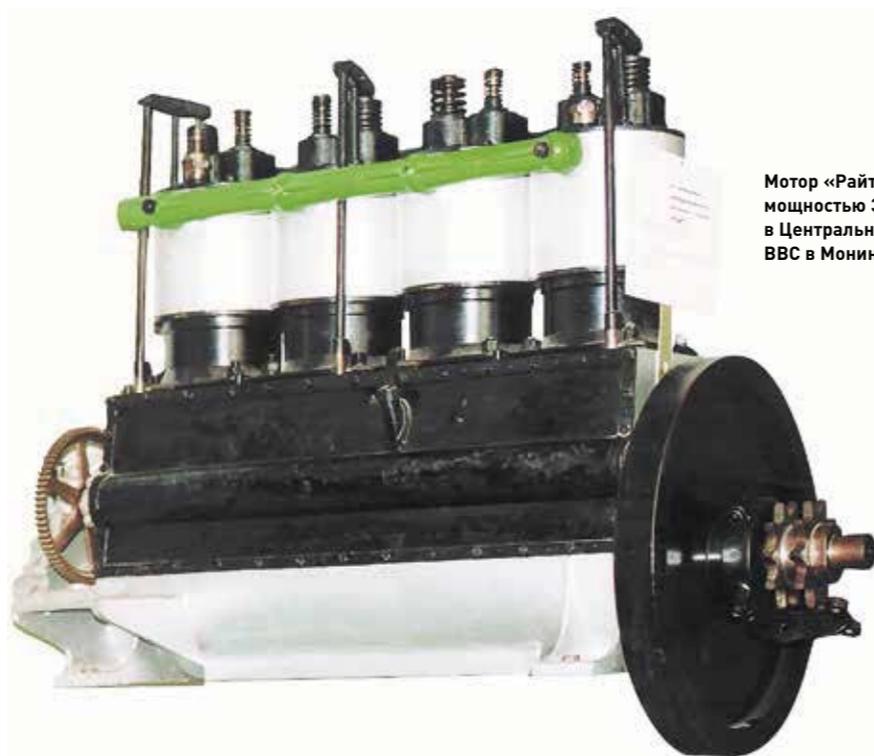
К 1942 году поршневые моторы практически исчерпали свои возможности. Пропеллеры достигли высшей точки эффективности. Увеличение числа цилиндров, применение нагнетателей, сложных систем впрыска воды, спирта или химических в топливо усложняло конструкцию и давало небольшой эффект.

Одним из наиболее удивительных двигателей, изготовленных во время Второй мировой войны, был американской опытной звездообразный двигатель жидкостного охлаждения «Райт R-2160 Торнадо», в котором 42 цилиндра располагались в семь рядов в шести радиальных блоках. По мысли конструкторов, «Торнадо», имевший небольшой диаметр, позволял авиаконструкторам разрабатывать фюзеляжи с небольшим поперечным сечением. Но «Торнадо» требовалась довольно тяжелая и сложная система радиаторов охлаждающей жидкости, которая сводила на нет любое аэродинамическое преимущество от малого поперечного сечения двигателя.

# Первые шаги

## Мотор «Райт-Рига»

**Отечественное авиационное моторостроение свои первые шаги сделало еще до революции – в начале прошлого века.**



Мотор «Райт-Рига» мощностью 35 л. с. в Центральном музее ВВС в Монино

Братья Уилбур и Орвилл Райт, владельцы мастерской по ремонту велосипедов из Дейтона в США, увлеклись идеей полета на аппарате тяжелее воздуха. Они построили несколько планеров и летали на них. А затем у них возникла идея установить на свой третий по счету планер бензиновый мотор.

Почему они выбрали именно двигатель внутреннего сгорания? Ранее многие конструкторы пытались создать летательные аппараты с паровыми машинами. Но всех их постигли неудачи. Что произошло с аппаратом А. Ф. Можайского – до сих пор толком неизвестно. Строили его на деньги военного министерства, но почему-то

никакой комиссии для осмотра и испытаний «летательной машины» не создали. Современные исследователи предполагают, что на разбеге аппарат завалился то ли с помоста, то ли с рельсовой дорожки и получил серьезные повреждения. А вот за «Эолом» француза К. Адера военные заказчики тщательно наблюдали со всех сторон. В рапорте о попытке взлета четко указано, что он подпрыгнул, но заднее колесо от земли не отрывалось, так что полёт места не имел. Мощную машину американца Х. Максима постигла примерно та же участь, что аппарат Можайского – он не взлетел, а свалился после разгона.

А причина была проста – недостаток тяги при большом весе. У Можайского большая из двух паровых машин, изготовленных по его заказу в Англии, развивала мощность 20 л. с. при суммарном весе около 140 кг. Это был очень неплохой показатель. Как писали в то время, «Можайскому удалось изобрести машину, каких до сих пор еще не было, и действительно, его машина вместе с котлом весит 14 ½ ф. на паровую лошадь». В пересчете это примерно 6,6 кг на одну лошадиную силу. У других изобретателей выходило 8–10 кг/л. с. Можайский мечтал заполучить легкую паровую машину с показателем 4–5 кг/л. с., но на том уровне развития

техники это было недостижимо. КПД «как у паровоза» – это, к сожалению, реальность.

Кроме того, паровая машина расходует не только топливо (Можайский использовал сырую нефть), но и воду. Можайский пошел на включение в силовую установку теплообменника-конденсатора, превращавшего «мятый» пар обратно в воду. Это добавило к весу машины около 20 кг.

Кое-кто думал о применении электрической тяги, уже опробованной на дирижаблях. Электромотор мог быть достаточно легким, но тогдашние свинцовые аккумуляторы весили непомерно много. На дирижабле «Франс» Шарля Ренара с электрическим приводом на одну лошадиную силу приходилось 104 кг веса силовой установки! При этом запаса энергии хватало где-то на полчаса полета.

А вот двигатели внутреннего сгорания с самого начала демонстрировали

неплохие показатели по весу на единицу мощности. Что такое двигатель внутреннего сгорания? Паровая машина, так же как, скажем, двигатель Стирлинга – внешнего сгорания. Рабочее тело – вода (в «паровике») или газ (в «стирлинге») отделены от горящего топлива, которое может быть каким угодно: углем, нефтью, дровами или хоть сухим навозом. А вот в бензиновом моторе работу совершают горячие газы, образовавшиеся при сгорании топливовоздушной смеси. Они движут поршни, поступательное движение которых тем или иным способом преобразуется во вращательное, передаваемое на винт. Все вы, наверное, знаете, как работает кривошипно-шатунный механизм в моторе вашего автомобиля. На самом деле механизмов подобного назначения – до десятка разных видов, но кривошипно-шатунный (шатуны плюс коленчатый вал) – самый распространенный. В общем,

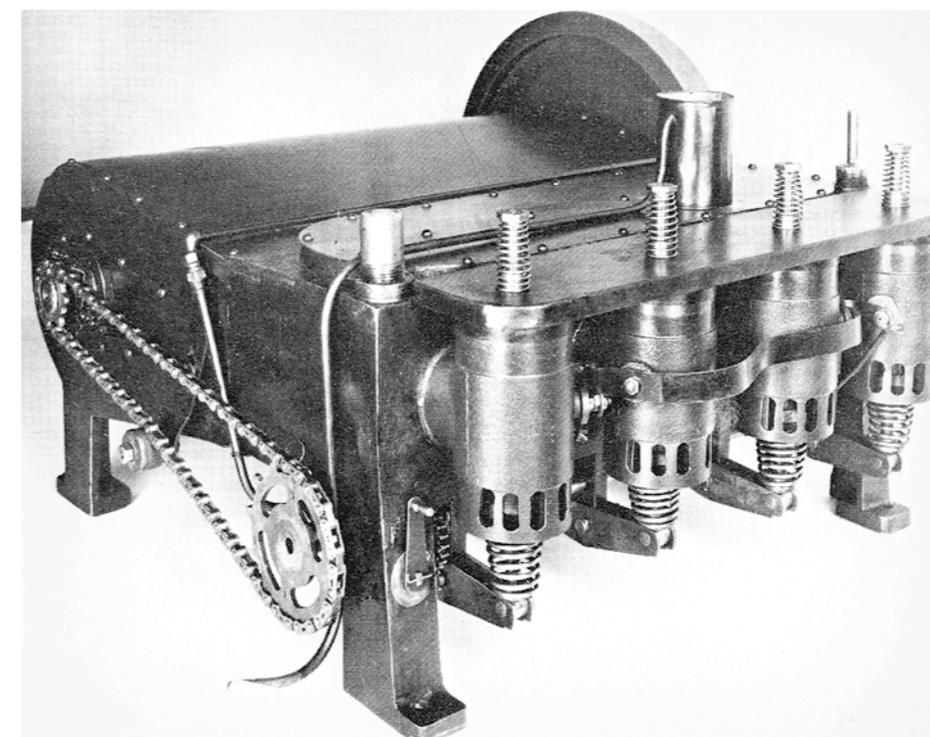
бензиновый мотор преобразует тепловую энергию, высвободившуюся при сгорании топлива, в крутящий момент на выходном валу, вращающем винт.

У первых автомобильных моторов на одну лошадиную силу приходилось сначала около 8 кг, то есть на уровне хороших паровых машин, но довольно быстро этот показатель довели примерно до 6 кг и двигались дальше. Но автомобилю-то летать не надо!

Мастерская братьев Райт в то время уже пробовала ремонтировать новомодные автомобили. Одни авторы пишут, что братья купили автомобильный мотор и доработали его, другие – что они сделали его сами, используя части от разных двигателей. На самом деле его сконструировали специально для летательного аппарата – впервые в мире!

Уилбур и Орвилл вычислили, что для взлета им нужно получить мощность не менее 8 л. с. при весе мотора не более 90 кг. Проект готовили с запасом – на 10 «лошадях».

Мотор Райтов имел блок из четырех цилиндров, лежавший горизонтально. Блок отливался из мягкого сплава алюминия с медью, охлаждался водой. Большую часть других деталей изготавливали из чугуна. Карбюратор отсутствовал, вместо него применили небольшой обогреваемый стакан, куда бензин поступал самотеком. В нем легкое топливо превращалось в пар, засасывавшийся в цилиндры. Свечей не было, вместо этого в каждом цилиндре монтировали пару контактов с небольшим зазором.



Первый авиамотор братьев Райт. 1903

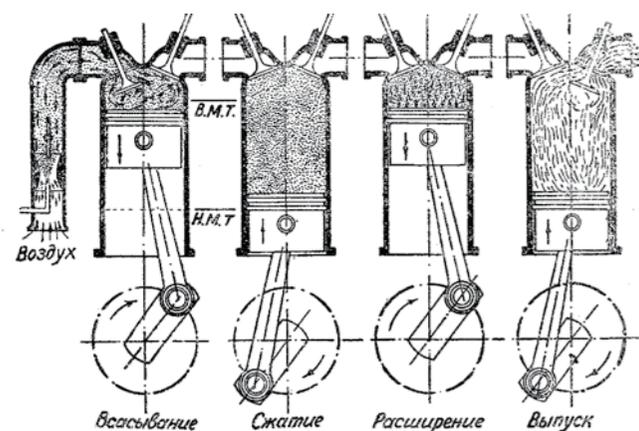


Схема работы  
четырёхтактного  
двигателя внутреннего  
сгорания

Биплан братьев  
Райт в музее  
Смитсоновского  
института  
в Вашингтоне (США)

Двигатель работал по четырехтактному циклу, то есть все фазы проходили на протяжении двух оборотов коленчатого вала. На первом круге шло всасывание бензинового пара, потом его сжатие. Затем электрическая искра воспламеняла смесь. Температура и давление газов резко возрастали, и они с силой давили на поршень – это рабочий ход. Второй круг завершал выхлоп – вытеснение прогоревших газов.

Запускать собирались с зажиганием от сухой батареи и предварительным шприцеванием цилиндров небольшим количеством бензина. Дальше искру обеспечивало магнето – маленький импульсный генератор.

Все заготовки сделали на заводе «Бакай айрон энд брас уоркс», а дальше их обработал один из механиков мастерской. Братья лично занимались регулировкой. Все потрудились на совесть – при первом пуске получили 16 л. с. и ужасно обрадовались. Но при втором мотор перегрелся, и его заклинило. Практически всё пришлось делать сначала.

На второй раз добились стабильной работы двигателя, он выдавал 12–13 л. с. Какой-либо дроссель отсутствовал, после прогрева мотор выходил на максимальные обороты и так и оставался. Правда, они

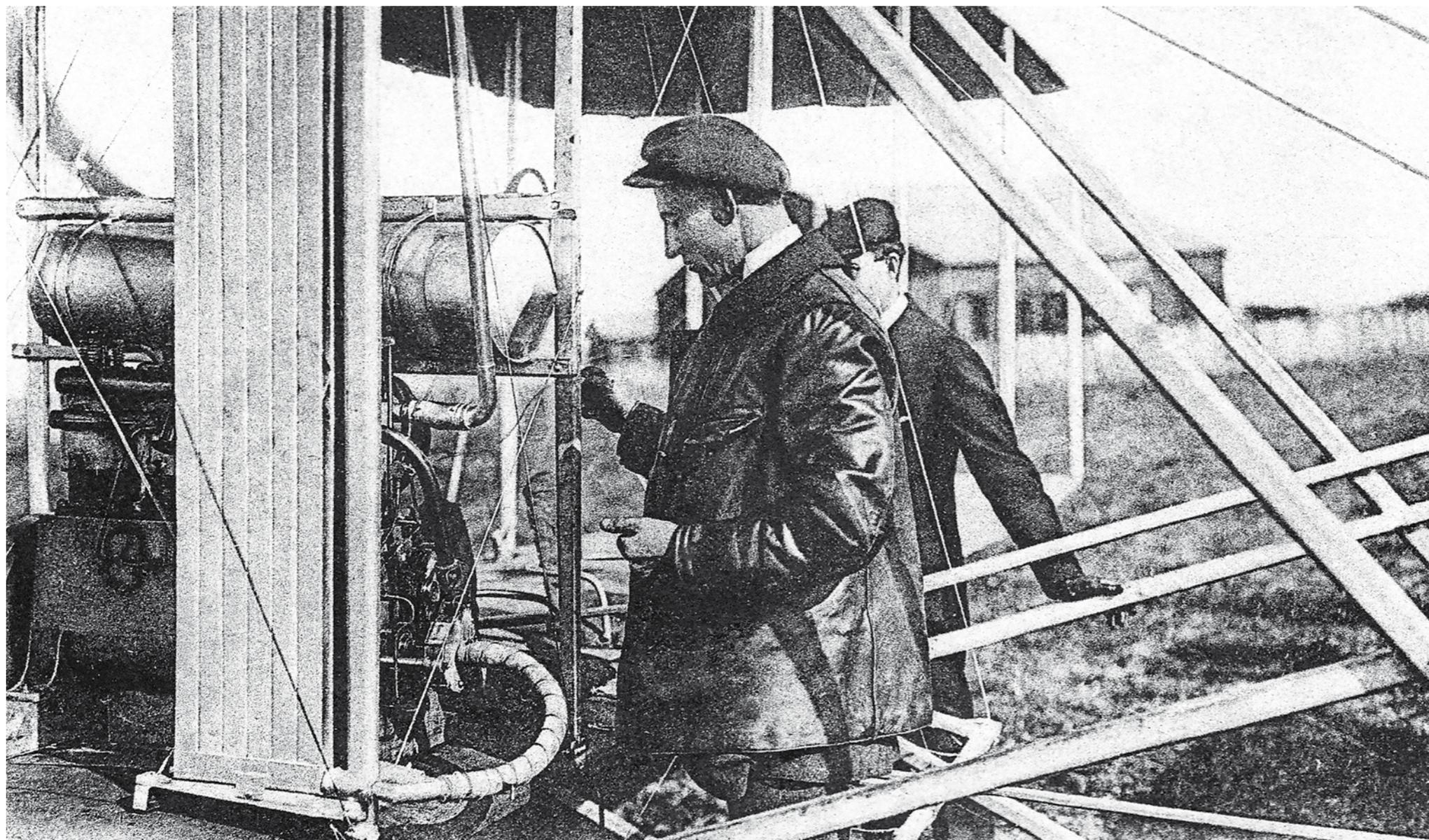
были невелики – всего 1025 об/мин. По современным меркам это совсем мало, практически холостой ход. Но учтите, что никто не ожидал от аппарата полета с большой скоростью, а чем меньше скорость – тем медленней должны вращаться воздушные винты (на биплане Райтов их имелось два, оба толкающие).

При этом на каждую лошадиную силу получалось что-то порядка 5 кг веса. Вот это, плюс мешок с песком, приводивший в действие примитивную катапульту, и позволило братьям поднять свой биплан в воздух. Прежде чем воткнуться носом в землю, он летел 12 секунд. Это произошло 17 декабря 1903. Так появился первый в мире аэроплан, а его двигатель, соответственно, стал первым в мире авиамотором.

Конечно, райтовский «Флайер» (то есть «Летун») при размахе бипланной коробки 12,25 м весил всего 340 кг с мотором и пилотом и не имел никакого практического значения. Но это было окно в будущее...

Воодушевленные успехом, братья забросили велосипеды и автомобили, фирма «Райт» стала создавать новые самолеты и моторы для них. Последующие двигатели получились уже существенно совершеннее первого. Их делали специально для применения на аэропланах.





Уилбур Райт проверяет 30-сильный мотор перед полетом

Какие же специфические черты имеет авиационный двигатель? Во-первых, он должен быть мощным – для полета требуется много энергии. При этом автомобильный мотор большую часть времени развивает порядка 10–15% максимальной мощности, лишь при разгоне нужно больше; авиационный редко опускается ниже

50% от максимала. Во-вторых, двигатель для самолета должен быть легким. Это предопределило широкое использование в них алюминия. В-третьих, он должен быть компактным. В-четвертых, требуется высокая надежность, в небе на обочину не отъедешь. Конструкция аэроплана – легкая и довольно хрупкая, поначалу их

делали из деревянных реек, рояльной проволоки и полотна, поэтому тряска и сильные вибрации недопустимы. Потом появились и другие требования, но о них мы поговорим позже.

Один из наиболее удачных моторов «Райт», сделанный в 1908 году, развивал мощность 30 л. с. Он тоже имел четыре

цилиндра, но уже поставленных вертикально в ряд. Охлаждение сохранили водяным, термосифонного типа – без насоса. Карбюратор опять отсутствовал, его заменили впрыском топлива низкого давления – во всасывающие патрубки цилиндров. Применение для картера алюминия существенно снизило вес. Кро-

ме того, сыграло свою роль увеличение размерности – один большой мотор всегда легче, чем два маленьких, развивающих в сумме ту же мощность. Новый двигатель сохранил некоторые черты, свидетельствующие об «автомобильном» происхождении. Например, у него имелся маховик, делавший вращение вала более стабильным, без рывков. Вообще-то авиатору маховик не нужен: его функции выполняет воздушный винт (пропеллер). Но у братьев Райт на самолетах предусматривалось сцепление. Двигатель прогрелся на холостом ходу, без нагрузки, затем сцепление соединяло зубчатое колесо на коленчатом валу с винтами посредством цепной передачи. Сейчас нечто подобное присутствует на вертолетах. У этого мотора уже приходилось всего 3,2 кг на 1 л. с. Такой двигатель стоял на биплане «Райт А».

Этот аппарат сохранял схему «утка» (оперение впереди крыла, а не сзади), но уже был больше и тяжелее, взлетный вес дошел до 573 кг. При необходимости можно было взять на борт второго человека, который тоже сидел «на жердочке», как и пилот. На испытаниях развили максимальную скорость 69 км/ч – примерно на уровне тогдашнего спортивного автомобиля.

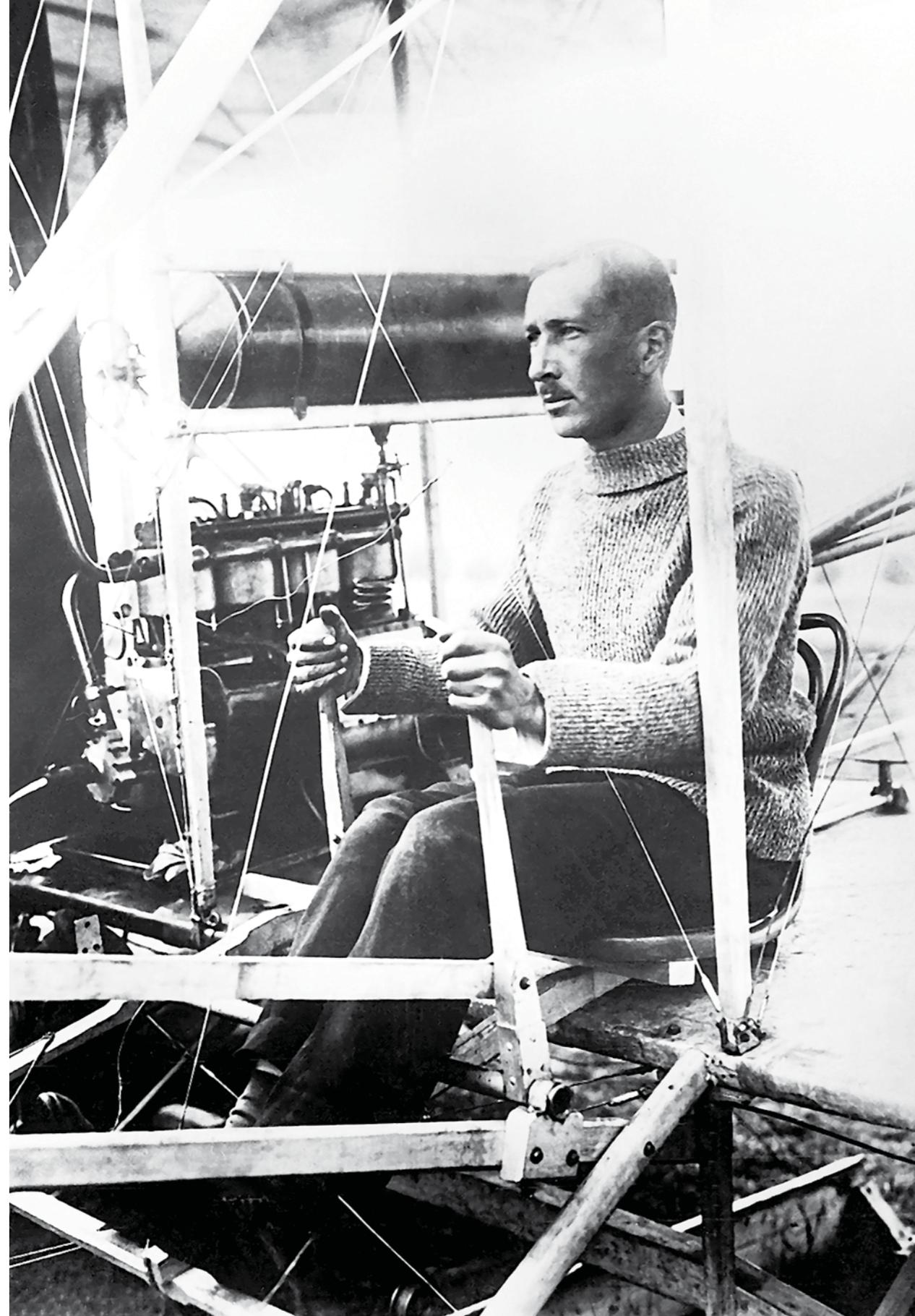
Предприимчивые братья стали предлагать свои аэропланы и моторы для них разным странам, продавать лицензии на их изготовление. В 1908 году Военное министерство России тоже решило купить образец биплана «Райт А» для ознакомления. В феврале 1909 оно заплатило необходимую сумму французской фирме «Ариэль», строившей американские самолеты по лицензии. Но при облете во Франции машина разбилась, пилот погиб.

Чтобы сгладить факт, подрывавший репутацию, в апреле 1910 «Ариэль» отправила в Россию два таких же аэроплана. Их тоже довольно быстро расколотили.

Однако нашлись люди, готовые освоить производство райтовских самолетов и моторов в России. Инициативу проявил директор рижского завода «Мотор» Теодор Калеп. Официально это предприятие именовалось Товариществом Первого Рижского машиностроительного и чугунолитейного завода «Мотор». В документах встречается и другое наименование – Рижский трансмиссионный машиностроительный и чугунолитейный завод «Мотор». Основной продукцией там являлись трансмиссии для станков. Тогда в цехе ставили одну паровую машину, которая приводила во вращение валы, идущие вдоль стен. От этих валов через ременные передачи работали все станки. Располагалось предприятие в местечке Зассенгоф (ныне Засулаукс) под Ригой.

Калеп провел переговоры с берлинской фирмой «Флюгмашинен Райт», имевшей лицензию на американские аэропланы и моторы. В марте 1910 он приобрел у немцев права на постройку биплана «Райт А» и 30-сильного двигателя. Летом того же года на «Моторе» наладили выпуск этих моторов в несколько модернизированном виде (их иногда именуют «Райт-Рига») с мощностью, поднявшейся до 35 л. с. Калеп немного доработал клапанный механизм, заменил некоторые материалы более качественными.

Первый из сделанных в Риге двигателей 11 января 1911 поднялся в небо на биплане, построенном на базе конструкции братьев Райт. Самолет пилотировал М. Траутман. Журнал «Вестник воздухоплавания» написал про калеповский



Летчик Н. Е. Попов  
в биплане «Райт»  
постройки  
французской фирмы  
«Ариэль». 1910

мотор: «Он без труда пускается в ход, достаточно одного или пол-оборота винта, чтобы машина заработала без перебоев». Вот так и запускали тогда авиационные двигатели. При жесткой связи коленчатого вала с винтом механик рукой рывком дергал за конец лопасти пропеллера, а пилот в это время включал зажигание. Заевался технарь – получи удар винтом. Он хоть и деревянный, но жесткий и тяжелый – перелом кости обеспечен. Отметьте: летные испытания проходили зимой, мотор водяного охлаждения, но полет прошел успешно. Сделали моторов «Райт-Рига» немного, менее десятка; ни на одном серийном аэроплане этот тип не устанавливался. Сейчас сохранился один экземпляр, демонстрирующийся в Центральном музее ВВС в Монино. Он немно-

го пострадал при пожаре старого здания музея, но в целом имеет вполне пристойный вид.

Для нас этот двигатель интересен только тем, что он был первым в России. Парадоксально, но мотор «Райт-Рига», основанный на американском образце, купленном через немцев, доработанном эстонцем Калепом, и выпущенный заводом на территории современной Латвии, считают первым российским авиационным двигателем. Однако в этом есть свой смысл: вся Прибалтика считалась частью Российской империи, Калеп являлся российским подданным (в паспорте у него значилось – Федор Григорьевич), а «Мотор» позже перебрался в Москву и стал частью ныне существующего завода «Салют».

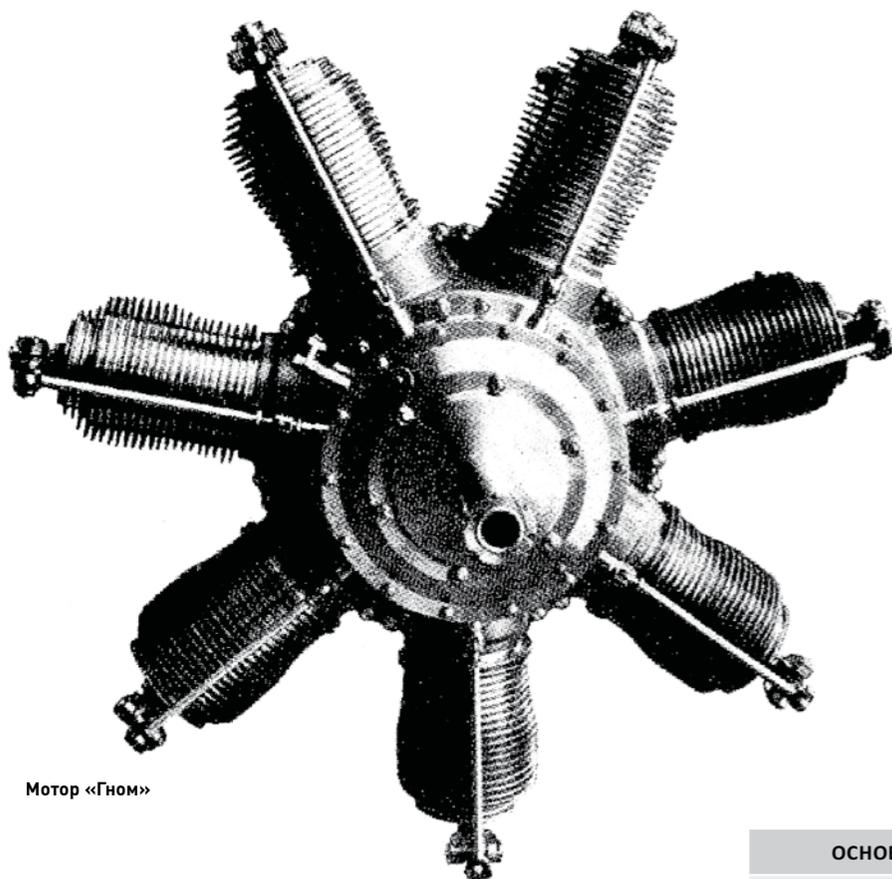
Мотор «Райт-Рига» нельзя считать ни гражданским, ни военным. Просто тогда еще не существовало ни гражданской, ни военной авиации. Аэроплан был чем-то вроде игрушки, иногда – аттракционом. Но ситуация довольно быстро изменилась.

«Райт-Рига» после пожара в здании музея. Немного оплавился угол алюминиевого картера. В настоящее время двигатель не экспонируется, хранится в запаснике



# Первые шаги

## «Гном» и «Калеп»



Мотор «Гном»

Мотор «Калеп-80»  
из Центрального музея  
ВВС в Монино

Для нашего времени немного непривычно: коленчатый вал стоит, а цилиндры и картер вращаются, – такими были ротативные моторы. Лучшими среди них одно время считались французские «Гномы». В годы зарождения российской авиации они были широко распространены в нашей стране.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ	«Лямбда»	«Калеп-80»
Количество цилиндров	7	7
Компоновка	звездообразный (ротативный)	звездообразный (ротативный)
Охлаждение	воздушное	воздушное
Диаметр цилиндра, мм	124	124
Ход поршня, мм	145	140
Рабочий объем, л	12,3	11,83
Степень сжатия	3,9	4,0
Максимальная мощность, л. с.	75 л. с. при 1250 об/мин	80 л. с. при 1250 об/мин
Вес сухого, кг	98	81

Когда люди поняли, что полет на аппарате тяжелее воздуха действительно возможен, последовал настоящий взрыв энтузиазма. В разных странах строили самые разнообразные аэропланы, для них требовались двигатели. Сначала «перелицовывали» автомобильные и иные конструкции. Например, «Антуанетт» создавался исходно для гоночной моторной лодки, «Анзани» – для мотоцикла. Потом начали делать специальные двигатели именно для полета. Многие авиаконструкторы сами проектировали и изготавливали их для своих аэропланов. У нас, например, С. В. Гризодубов (отец известной летчицы В. С. Гризодубовой) собрал четырехцилиндровый мотор АДГ-1 мощностью 40 л. с., который последовательно ставил на три своих самолета.

Каких только схем и компоновок не придумывали! Вдобавок к водяному охлаждению стали применять воздушное. Оно было не столь эффективно на малых скоростях полета, но зато мотор получался легче. При водяном охлаждении на двигатель требовалось ставить помпу (насос), жидкость в рубашках охлаждения увеличивала вес. Кроме того, к суммарному весу винтомоторной установки добавлялись водяной бачок, радиаторы, магистрали, клапаны и прочее. Утечка воды в конечном счете приводила к перегреву мотора и его заклиниванию. Двигатели воздушного охлаждения считали более «живучими».

Цилиндры ставили в ряд, как братья Райт, располагали двумя рядами под углом друг к другу (этот тип стали называть V-образным), звездообразно и веером. Чем больше цилиндров, тем плавнее ход мотора. Число же их при рядном расположении выбирали обычно кратным четырем или шести. Это определялось удобством уравнивания, «шестерка» почти полностью уравнивается сама собой.

Мощность двигателей постоянно росла, к началу 1911 года выпускали немало типов в 50 л. с. и даже более. Так, английский «Грин» 1909 года развивал 60 л. с.

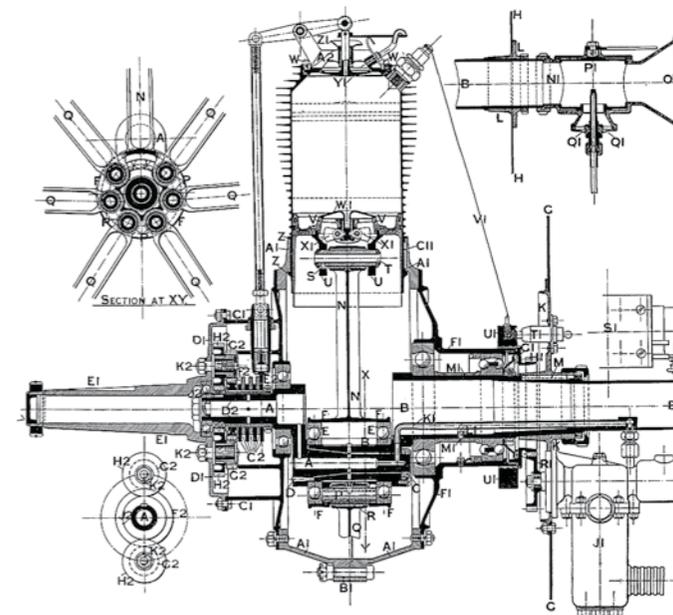
Вскоре в лидеры выбилась Франция: там покупали аэропланы, моторы для них, туда приезжали учиться летать. А самолетов и двигателей требовалось больше и больше – всё явственнее вырисовывались перспективы военного применения летательных аппаратов. Еще братья Райт поняли, какое мощное оружие создали. Но это их несколько не смутило – как уже говорилось, они начали предлагать свои самолеты и моторы армиям и флотам разных стран. Первыми, естественно, стали США. К американским военным Райты обращались дважды – и дважды получали отказ. Второй стала Россия, которой подобное предложение сделали весной 1906 г. В этом имелся свой резон – русская армия тогда была самой большой в мире. Но наши генералы новинкой тоже не заинтересовались.

Пионерами всё же стали американцы – 1 августа 1907 в США появилось авиационное подразделение службы связи. Но аэропланами оно обзавелось только в августе 1909. В тот же год первый военный самолет появился у итальянцев и не-

сколько штук – у России. С этого времени началось бурное развитие военной авиации. Сперва речь шла только о воздушной разведке. Но в январе 1910 американцы попробовали с воздуха сбрасывать в цель мешочки с песком, а в августе того же года – стрелять из винтовки по мишеням.

Создавалась военная авиация и в России. Сразу встал вопрос: на какие типы моторов следует ориентироваться? В декабре 1910 во Францию командировали подполковника С. А. Ульянина, начальника авиационного отдела воздухоплавательной школы и авиаконструктора. Инженерное ведомство, которому тогда подчинялись авиаторы и аэронавты, поставило перед ним задачу выявить, какие типы авиационных двигателей стоило бы выпускать в России. В своем рапорте Ульянов написал: «Мое личное мнение... следующее: начать производство моторов "Гном"...»

Компания «Гном» занималась выпуском ротативных двигателей. Тогда все моторы делились на стационарные и ротативные. Стационарный – это привычный нам вариант, когда картер и цилиндры неподвижны,

Схема мотора  
«Гном»



Ротативный мотор  
Гном «Омега»  
мощностью 50 л. с.  
(он же «Гном-50»)

а коленчатый вал вращается. У ротативного, наоборот, коленчатый вал неподвижен (он прикреплен к «пауку», выполняющему роль моторамы), а крутится картер с цилиндрами. Такая схема позволяла довольно компактному и легкому двигателю не перегреваться при полете с малой скоростью; тогдашний аэроплан передвигался медленнее современного автомобиля.

Ротативный принцип изобрел англичанин Л. Харгрейв, но до практического воплощения его довели французские инженеры. Конструкторами «Гнома» были братья Лоран и Луи Сеген. Они создали

целое семейство звездообразных моторов воздушного охлаждения. Все они имели ряд общих черт. Топливоздушная смесь из карбюратора через полый коленчатый вал поступала в картер. Оттуда в камеры сгорания она проходила через клапаны в днищах поршней, открывавшиеся просто перепадом давления. Чтобы бензин не разбавлял масло (это привело бы к увеличению трения), смазку осуществляли касторкой. Она не растворяется бензином, но имеет все известные слабительные свойства. Выхлоп осуществлялся через клапаны у головок, открывавшиеся длинными штоками, приводившимися от кулачковой шайбы.

Цилиндры изготавливали из стали, поршни – из чугуна, картер отливали из алю-

миния. Количество цилиндров, как у всех звездообразных моторов, обязательно было нечетным. Дело в том, что на первом обороте коленчатого вала вспышки происходят в нечетных цилиндрах – первом, третьем, пятом... А на втором – в четных: втором, четвертом и так далее.

Ток к свечам зажигания шел через угольный контакт на коллектор, вращающийся вместе с картером. Зажигание – одинарное: на цилиндр – одна свеча, у мотора – одно магнето.

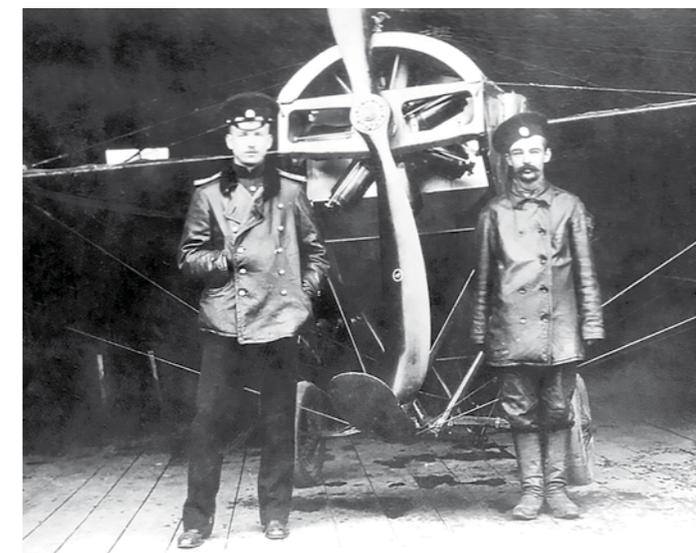
Двигатели «Гнома» обозначались буквами греческого алфавита, но не по порядку создания. Первой успешной конструкцией, которая выпускалась в больших количествах, стала семицилиндровая «Омега» мощностью 50 л. с. Ее сконструировали в 1907 году и серийно делали с 1908 года. К моменту прибытия Ульянина во Францию появилась «Гамма». Чтобы увеличить мощность, на ней конструкторы увеличили диаметр цилиндра со 110 мм до 130 мм при прежнем ходе 120 мм. Заявленная мощность «Гаммы» составляла 70 л. с., позже испытания в России показали, что больше 65 л. с. серийные моторы не дают. Формируя российскую военную авиацию, пришли к выводу, что часть самолетов можно строить на отечественных заводах, а вот все двигатели придется приобретать за границей. Военное министерство выбрало «Омегу», уже собиравшуюся в значительных количествах. В пересчете на русские деньги она обходилась в 3975 рублей. У нас этот мотор к этому времени уже применялся. Впервые их поставили на небольшой серии аэропланов «Россия-А», представлявших собой вариант французского биплана «Фарман-III». В России приняли свою систему обозначений авиационных двигателей: писали название фирмы и мощность в лошадиных силах. Так «Омега» превратилась в «Гном-50». Эти моторы монтировались на аэропланах «Ньюпор-IV», «Моран-Ж», «Фарман-IV» и «Фарман-VII», которые с 1912 года состояли на вооружении в России.



«Ньюпор-IV» в период зарождения русской военной авиации считался основным типом самолета. Это был небольшой моноплан с крыльями, укрепленными системой проволочных растяжек. Пилот сидел в открытой кабине на бензобаке. Эти машины покупали за границей и строили на отечественных заводах в разных вариантах. Прославился «Ньюпор-IV» тем, что именно на нём П. Н. Нестеров 27 августа 1913 впервые в мире выполнил «мертвую петлю». Летчик потом писал: «...мотор... великолепно работал всю верхнюю половину петли». За смелый полёт Нестеров вручили новенький аэроплан «Моран». Этот самолет имел схожую с «Ньюпором» компоновку, но летал быстрее – его максимальная скорость достигала 135 км/ч. В 1914 году на нём Нестеров совершил перелет из Москвы в Санкт-Петербург за пять часов. «Мораны» тоже как импортировали, так и собирали в нашей стране. 26 августа 1914 на этой машине Нестеров колесами таранил австрийский аэроплан «Альбатрос». Мотор «Гном» при ударе отвалился и упал отдельно.

Оба упоминавшихся выше «Фармана» выглядели куда более старомодно, напоминая коробчатые воздушные змеи. Летчики сидели на открытых сиденьях, мотор

устанавливался за пилотом, вращая толкающий пропеллер. «Четверки» в разряде боевых пробыли очень недолго и быстро превратились в учебные. Максимальная скорость у них не превышала 60 км/ч. Самолеты «Фарман-VII» с ноября 1912 применялись как разведчики в Первой Балканской войне, причем летали на них русские добровольцы. Все эти машины не несли никакого вооружения.



Биплан  
«Фарман-VII»  
производства  
московского  
завода «Дукс»  
с мотором «Гном»,  
выставлявшийся  
на конкурс военных  
аэропланов в 1912 году

Летчик П. Н. Нестеров  
(слева) и его механик  
Г. М. Нелидов  
у моноплана  
«Ньюпор-IV»  
с мотором  
«Гном-70»



### Теодор Калеп (1866–1913)

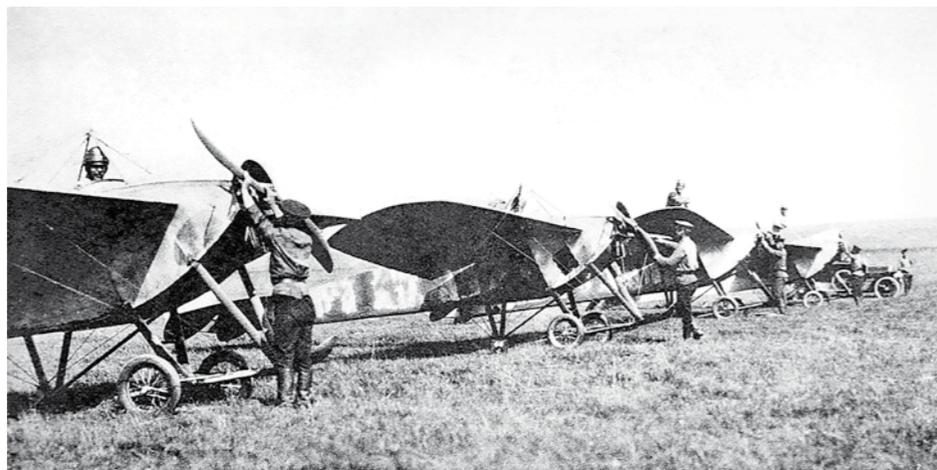
В паспорте у Калепа было написано «Фёдор Георгиевич», но на самом деле его звали Теодор-Фердинанд. Эстонец по национальности, он родился в 1866 году под Ревелем (ныне Талин) в семье начальника почтовой станции. Окончил реальное училище в Ревеле, затем Политехнический институт в Риге.

Получив диплом инженера, Калеп сначала работал на заводе «Ланге и сын», а параллельно преподавал в Политехническом институте. В 1899 году он перешел на Трансмиссионный машиностроительный и чугунолитейный завод. Там инженер быстро продвигался вверх, стал директором, а затем и совладельцем предприятия. Именно Калеп предложил назвать завод «Мотором», что и сделали.

Новый директор начал постепенно переориентировать «Мотор» на автомобилестроение, самолетостроение и моторостроение. Под его руководством там стали активно осваивать алюминиевое литье.

Калеп создал несколько типов авиационных двигателей, некоторые из них выпускались серийно. Он также сотрудничал с РБВЗ. В 1912 году А. Нагель выиграл на автомобиле «Руссобалт» гонки в Монте-Карло. Мотор на этой машине имел алюминиевые поршни, изготовленные под руководством Калепа.

Талантливый конструктор и организатор производства умер в возрасте 47 лет.



Самолеты «Ньюпор-IV» с моторами «Гном-70», входившие в XII корпусной авиаотряд, под Здолбуново. Осень 1916

Теодор Калеп, поняв конъюнктуру, решил организовать производство «Гномов» в России. Он начал переговоры с фирмой о лицензии, но выставленные условия ему совсем не понравились. Французы требовали таких высоких отчислений, что вся затея теряла смысл. Тогда пошли другим путем. Используя купленный во Франции образец «Омеги», Калеп и инженер Шухгальцер в конце 1911 года спроектировали на его основе собственный вариант. Картер сделали разъемным из двух половин, изменили крепление цилиндров, доработали впускные клапаны, чугунные поршни заменили алюминиевыми.

К февралю 1912 сделали партию из пяти таких моторов, ставших потом известными как «Калеп-50». Сначала испытания пошли не очень удачно. Но затем наладили поставки высококачественных заготовок с Путиловского завода в Санкт-Петербурге и рижской «Саламандры». Это позволило достичь хороших результатов. «Калеп-50» весил 66 кг против 74,5 кг у оригинала. При этом «Омега» реально выдавала макси-

мально 47–49 л. с., а рижский мотор – до 60 л. с. «Гном-50» по инструкции требовал переборки через каждые 20 часов работы. Реально латунные поршневые кольца («обтюраторы») выходили из строя через 16–25 часов. Кроме того, из-за деформаций штоков привода выхлопных клапанов нарушались зазоры в системе газораспределения. «Мотор» гарантировал 50 часов надежной работы, в том числе 10 – непрерывно. Но шарикоподшипники и магнето для рижских двигателей импортировали из Германии.

Один экземпляр «Калеп-50» выставили на официальные стендовые испытания в Гатчине. Сначала всё шло хорошо, мотор подтвердил заявленные данные, но закончилось поломкой. Тем не менее в феврале 1912 Калеп обратился к Главному инженерному управлению, предлагая свои двигатели. Он просил передать ему заказ, который намеревались выдать заводу «Гном», и получил отказ. В советское время писали, что французы попросту дали генералам взятку. Но из найденных в настоящее время документов становится ясно, что Главное инженерное управление побоялось закупать в больших количествах недостаточно изученную конструкцию. В частности, Калеп так и не представил военным результаты осмотра вышедшего из строя двигателя.

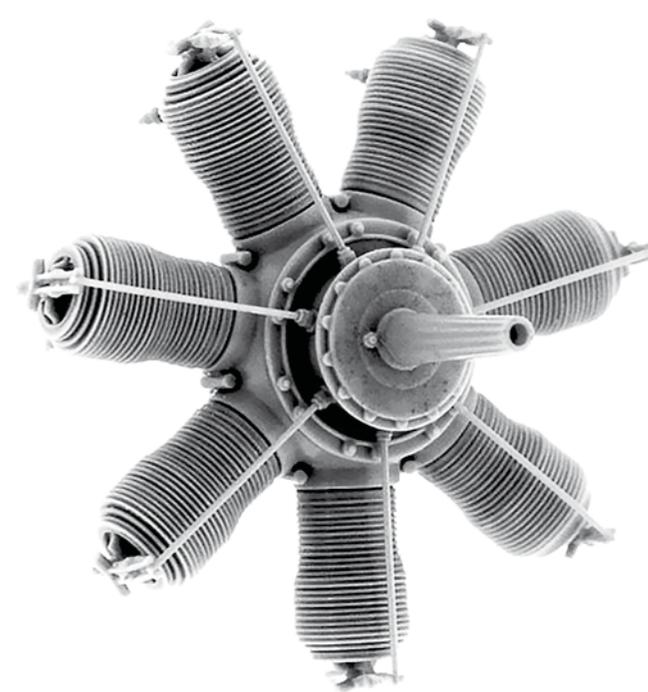


Однако завод «Мотор» делал двигатели «Калеп-50» в количестве одного-двух в месяц. Они устанавливались на некоторых самолетах «Фарман-VII» русского производства.

Фирма «Гном» экспортировала в Россию и другие модели своих моторов. Они поступали как вместе с аэропланами, так и отдельно. Кроме упоминавшихся «Омеги» («Гном-50») и «Гаммы» («Гном-70»), поставлялась «Лямбда» («Гном-80»), запущенная в серию в 1912. На этом типе конструкторы увеличили как ход поршня, так и диаметр цилиндра, немного подняли степень сжатия и ввели чугунные поршневые кольца. По тому времени мотор показывал выдающиеся показатели по легкости – при номинальной мощности 80 л. с. он весил всего 96 кг. Он не перегревался и считался простым по конструкции.

Но и недостатков у него тоже хватало. Часть из них являлась неизбежной для ротативной схемы. Вращение картера делало невозможным оборот масла. Оно уходило в камеры сгорания и «выхаркивалось» через выхлопные клапаны,

Выхлопной клапан у «Калепа» конструктивно такой же, как у «Гнома», но сделан из других материалов и по другой технологии



Ротативный мотор Гном «Лямбда» («Гном-80») мощностью 80 л. с.

расход получался просто кошмарный. Существенная часть мощности мотора уходила на преодоление аэродинамического сопротивления при вращении почти всей его конструкции. Из-за гироскопического эффекта левый и правый развороты выполнялись по-разному.

Ну а кроме того, все «Гномы» отличались низкой экономичностью (бензина тоже расходовали слишком много). У них имелся один главный шатун, а остальные шесть – прицепные на пальцах. Из-за этого ход в разных цилиндрах получался разным, что способствовало появлению сильных вибраций. У «Лямбды» появился новый карбюратор, немного улучшивший экономичность, но зато приводивший к переизбытку бензина в смеси на малых оборотах, из-за чего двигатель просто глох. Особенно опасно это было при заходе на посадку; говорили «мотор обрезаю».

Тем не менее «Гномы» стали очень популярны. Их производство наладили в Германии, Великобритании, Швеции и Италии. В 1912 году и в Москве фирма создала свой филиал. Выпуск мото-

ров «Лямбда» на новом заводе начали 19 апреля 1913. Поначалу это была фактически небольшая мастерская, там работали всего 16 человек, русский был всего один – дворник. Конструкторское бюро отсутствовало, использовали документацию, присылавшуюся из Франции. Моторы делались целиком из импортных деталей и отличались только маркировкой на русском языке. Собирали семь-десять двигателей в месяц. Постепенно производство расширялось, некоторые детали стали изготавливать на месте, кое-что закупали на других предприятиях. Попытки освоить литье крупных деталей не удались, части картера по-прежнему ввозили из Франции.

Моторная мастерская завода «Дукс» в Москве. Среди моторов, которые готовят к установке на самолеты, по крайней мере три «Гнома», 1916

Биплан «Фарман-XV», построенный на заводе «Дукс», с мотором «Гном-80»



В российской авиации параллельно использовались моторы «Гном» французского и русского изготовления, конструктивно друг от друга не отличавшиеся. Они устанавливались на аэропланах «Фарман-IX», некоторых «Фарман-XV» и «Ньюпор-IV», а также «Фарман-XVI». Первые строились серийно на московском заводе «Дукс», русский вариант имел обтекаемую gondolu, в которой сидели два члена экипажа. Вторых на «Дуксе» сделали всего 18 штук, но этот тип примечателен тем, что стал первым аэропланом в России, вооруженным пулеметом: в 1913 году поручик В. Р. Поплавко поставил в передней кабине станковый «Максим».



Свою высокую оценку мотору Дыбовский сообщил в письме Калепу. «Директору машиностроительного завода «Мотор» господину Ф. Калепу, в Риге, – писал он 17 апреля 1912 г. – Я, нижеподписавшийся, сим удостоверяю, что мною испытан 16-го сего месяца в двух полетах на двухместном моноплане системы «Ньюпор» построенный вами 50-сильный ротативный мотор типа «Гном».

Ваш мотор работал спокойнее и лучше, чем испытанные мною на 12 таких же аппаратах французские моторы, не дававшие никогда полного числа оборотов. Мотор ваш обладает большей мощностью, чем французский, так как число его оборотов достигает в полете 1100 в минуту вместо 1050 при тех же измерениях мотора.

Расход бензина и масла тот же, как у французских моторов. Вес мотора уменьшен по сравнению с французским благодаря различным целесообразным изменениям, особенно картера, на 10 килограммов.

Я имел также возможность убедиться в точной и чистой выработке частей вашего мотора, производящихся почти исключительно из русских материалов. Я видел у вас 4 готовых мотора и серию моторов в работе.

Я надеюсь, что находящиеся в работе моторы ваши еще превзойдут своим качеством испытанный мною, так как я имел возможность убедиться в настойчивой и плодотворной конструктивной работе, а также в том, что все части французских моторов, оказавшиеся на практике не соответствующими своему назначению, заменяются у вас усиленными частями или же частями из лучших материалов.

Военный летчик лейтенант Дыбовский.

При полетах лейтенанта Дыбовского присутствовал и в правильности всего вышеизложенного убедился член и секретарь Балтийского автомобильного и аэроклуба инженер-технолог Евг. Тельберг».

Зильманович Д. Я.  
Теодор Калеп. 1866–1913. –  
М., 1970

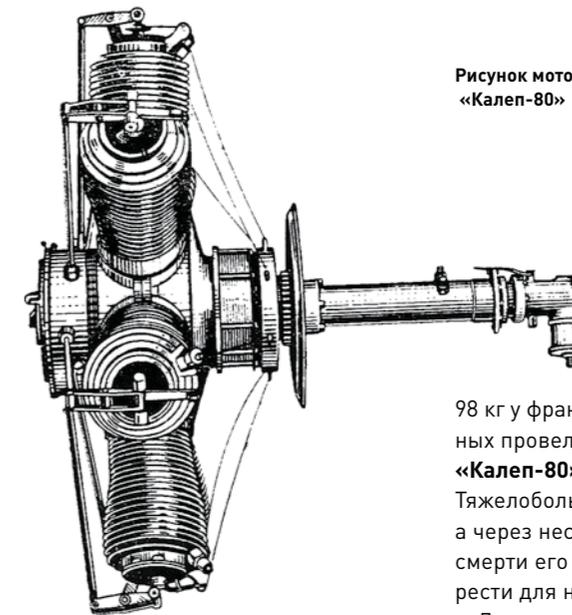
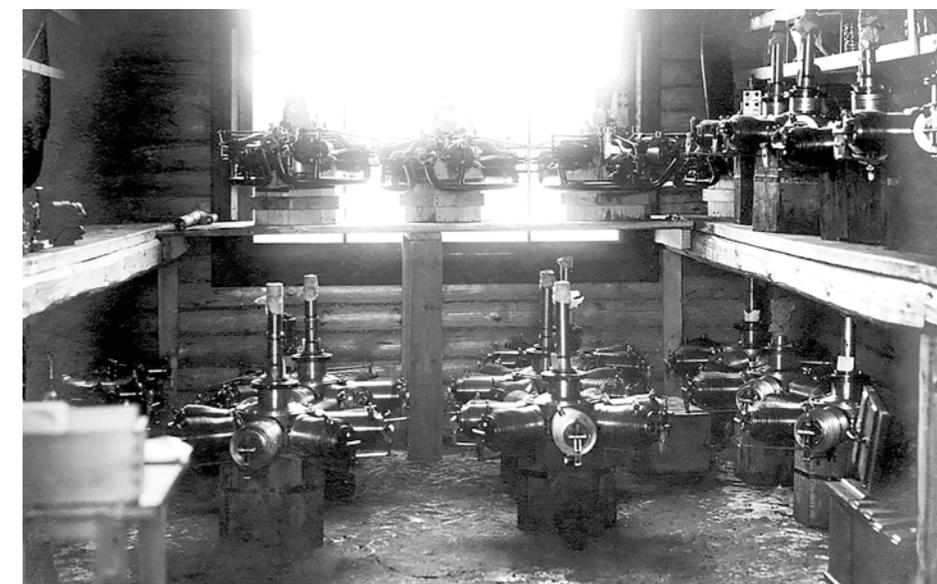


Рисунок мотора «Калеп-80»

Склад моторов Московского общества воздухоплавания, 1914 г. Большая часть моторов в нем – «Гномы» (они внизу и справа)

98 кг у французов. В 1913 году для военных провели показательные испытания «Калеп-80», завершившиеся успешно. Тяжелобольной Калеп приехал на запуск, а через несколько дней умер. Уже после смерти его мотор рекомендовали приобрести для нужд Военного министерства.

Двигатель «Лямбда» задержался в России дольше, чем во Франции. К началу Первой мировой войны он считался устаревшим, ненадежным и неэкономичным. Его требовали заменить либо на «Калеп-80», либо на французские «Клерже» или «Рон». В качестве варианта рассматривался также «Гном-Моносупап» типа В (100 л. с.), запущенный в производство французами в 1914 году.





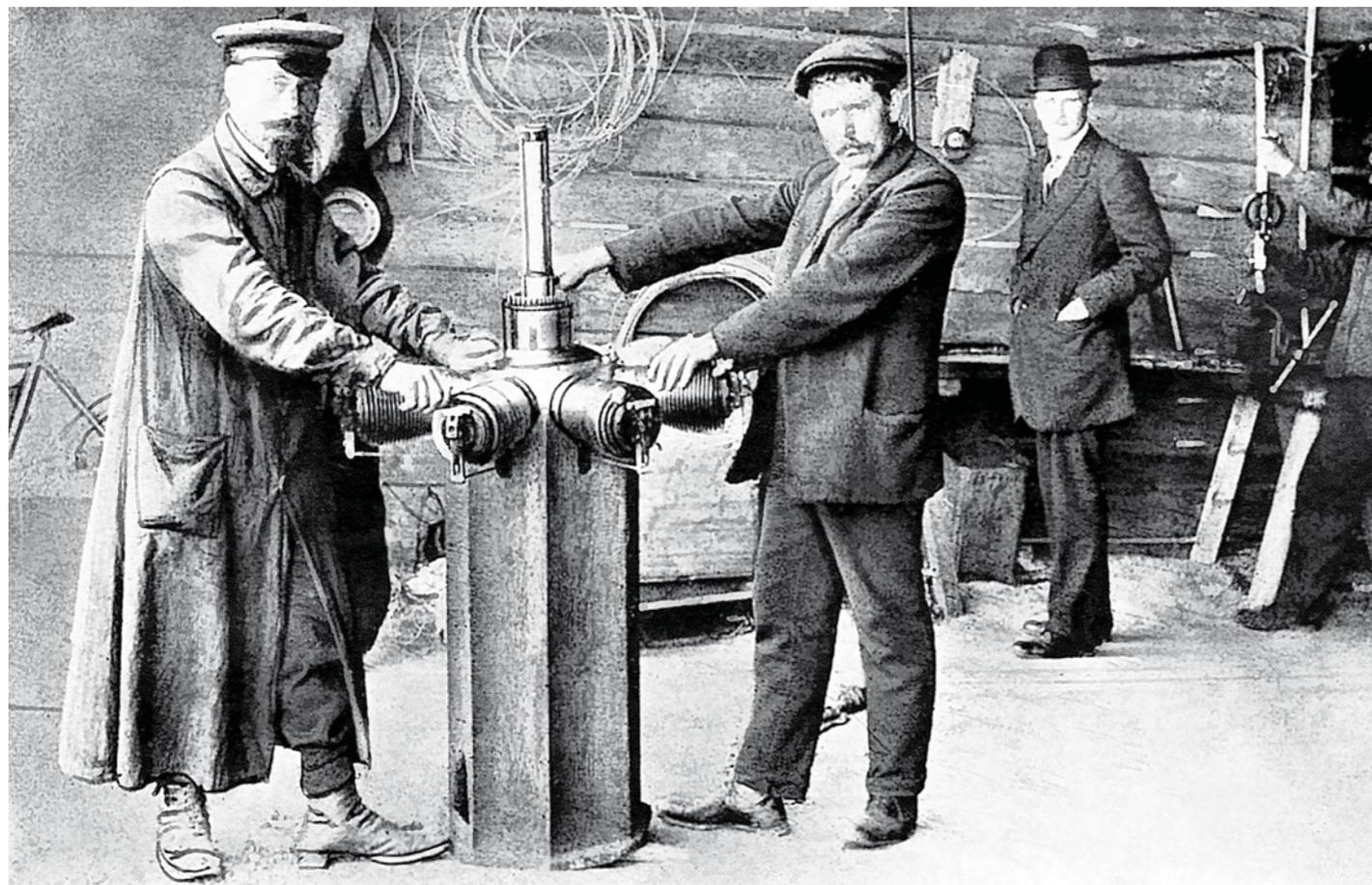
Мотор «Калеп-80»

Сборка мотора «Гном», 1915

А. К. Туманский, учившийся в 1916 году летать в Качинской школе, писал в своих мемуарах: «Ротативные моторы типа "Гном"... по своей ненадежности не могли идти ни в какое сравнение с немецкими...»

Но в Москве, несмотря на протесты, продолжали собирать «Лямбду». После начала Первой мировой войны темпы производства начали быстро расти, завод заработал в три смены. «Гном» в 1915 году собирал в среднем по 23 штуки в месяц. Моторы в основном шли на самолето-строительный завод «Дукс». В том же году после слияния конкурирующих фирм «Гном» и «Ле Рон» завод переименовали в «Гном и Рон» (у нас чаще писали через дефис – «Гном-Рон»).

Отвечавший за приемку моторов полковник Яковлев в начале 1916 года писал в Главное военно-техническое управление: «Из всех русских авиационных заводов московский завод "Гном-Рон" является наиболее косным, медлительным, откровенно отстаивающим свои, иногда очень узко понимаемые коммерческие интересы». Сохранилась также памятная записка курировавшего авиацию великого князя Александра Михайловича, пытавшегося разобраться с причинами сохранения в производстве явно устаревшей конструкции. По его мнению, после того, как французское правительство прекратило выдавать заказы на «Лямбду», у фирмы остался изрядный задел деталей,



Репорт начальника воздухоплавательной школы А. М. Кованько с представлением программы испытания мотора «Калеп»



узлов и агрегатов. Его постепенно перевозили в Россию и использовали при сборке моторов в Москве. По секретному распоряжению руководства компании директор завода Фридегем всеми способами тянул время, дожидаясь израсходования запасов. В основном он ссылаясь на то, что освоение нового типа временно сократит выпуск. Предлагали реквизируют завод и сделать его казенным, но боялись, что французы перестанут поставлять комплектующие. Выпуск моторов типа «Лямбда» прекратили только в конце 1915, изготовив 435 экземпляров.

24 октября 1914 военное ведомство выдало заказ на производство моторов «Калеп-80». Всего за 1914–1915 годы выпустили 53 штуки, хотя ежегодная про-

изводительность «Мотора» оценивалась в 300 двигателей и более. Причины этого будут описаны далее. «Калеп-80» устанавливались на самолетах «Фарман-ХVI» и «Фарман-XXIIбис» русского изготовления.

Смерть Калепа стала тяжелым ударом для российского авиационного моторостроения. На «Моторе» так и не появилось специалиста, сравнимого с ним по таланту и энтузиазму. Шухгальтер еще долго работал на заводе, но явно не рвался в лидеры. Новые руководители предприятия сосредоточили усилия на организации серийного производства. Последние проекты Калепа позабросили; 100-сильный девятицилиндровый мотор, по-видимому, даже не проходил испытаний.

Моторы «Гном» разных вариантов стали основными для молодой русской авиации. Перед началом Первой мировой войны они составляли львиную долю имевшегося парка, да и несколько лет спустя их имелось еще немало, особенно двигателей «Гном-80». Большую часть импортировали из Франции, но важным дополнением к этому уже стала сборка в Москве. «Гном-80» стал первым серийно производившимся (хотя и не совсем полноценно) в нашей стране авиационным мотором. Он строился по заказам военного ведомства и был официально принят на снабжение. К концу 1914 года к «Гномам-80» добавились выпускавшиеся в Риге «Калепы-80», представлявшие собой их усовершенствованный вариант. В сумме это означало возникновение в России собственного авиационного моторостроения.

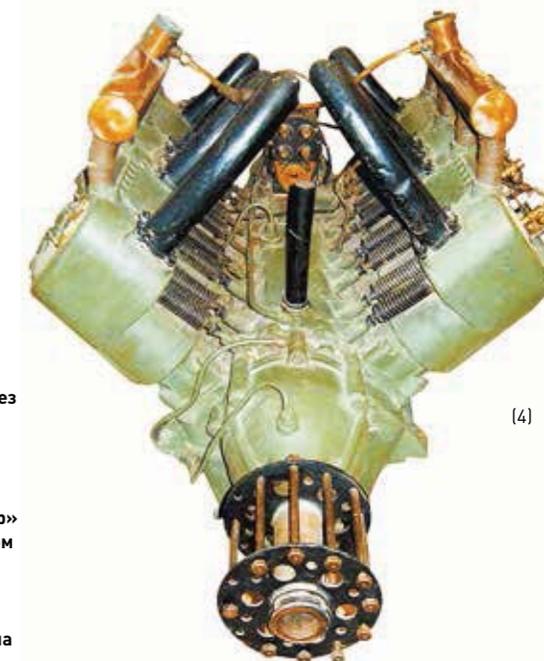
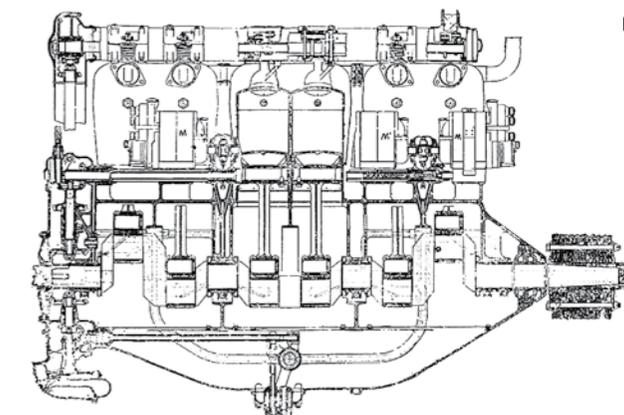
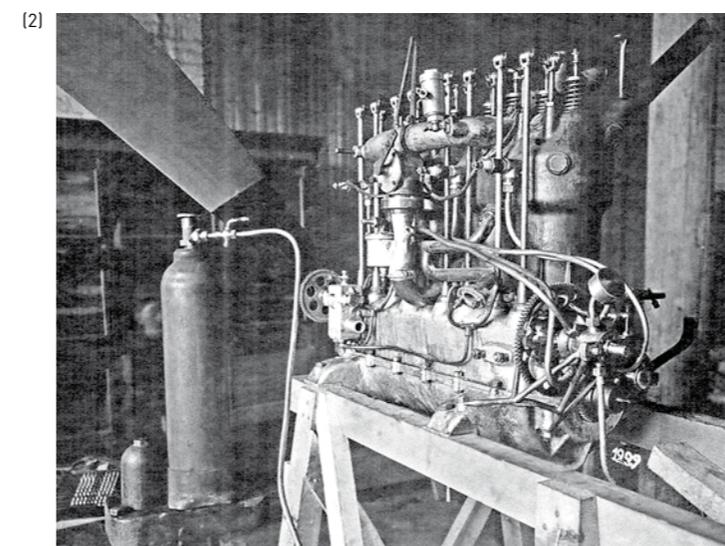
# Моторы для «Муромцев»

## РБВЗ-6, МРБ-6, «Рено-220»

## и «Крусейдер» Ильина



ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ	РБВЗ-6	МРБ-6	Санбим-150	Рено 12Fe
Количество цилиндров	6	6	8	12
Компоновка	рядный	рядный	V-образный	V-образный
Охлаждение	водяное	водяное	водяное	водяное
Редуктор	нет	нет	есть	нет
Диаметр цилиндра, мм	130	130	90	125
Ход поршня, мм	180	140	150	150
Рабочий объем, л	14,3	11,14	7,6	22,089
Степень сжатия	4,5	–	5,1	5,1
Максимальная мощность	150 л. с. при 1400 об/мин	140 л. с. при 1350 об/мин	150 л. с. при 2500 об/мин	220 л. с. при 1400 об/мин
Вес сухого, кг	292	-	218	367



(1) Основные части мотора РБВЗ-6

(2) Мотор МРБ-6 на испытаниях

(3) Продольный разрез мотора Рено 12Fe («Рено-220»)

(4) Мотор «Крусейдер» в Политехническом музее в Москве. Возможно, этот экземпляр собран на фабрике Ильина

**Тяжелые бомбардировщики «Илья Муромец», безусловно, являлись огромным достижением. Ни у кого в мире подобных машин тогда не имелось. Однако стоявшие на этих самолетах моторы либо были просто импортные, либо, произведенные в нашей стране, представляли собой копии иностранных конструкций.**

1 августа германские войска перешли границу Бельгии, началась Первая мировая война. У всех воюющих держав к этому моменту уже имелась военная авиация. Лидером являлась Россия – 244 аэроплана. Значительная часть их была изготовлена на отечественных заводах, но вот двигатели в подавляющем большинстве импортировались.

Почти все имеющиеся у европейских стран самолеты не несли никакого воо-

ружения и годились только для разведки. Только в России были настоящие боевые машины – четырехмоторные бомбардировщики «Илья Муромец». Их выпускало воздухоплавательное отделение Русско-Балтийского вагонного завода (РБВЗ) в Санкт-Петербурге.

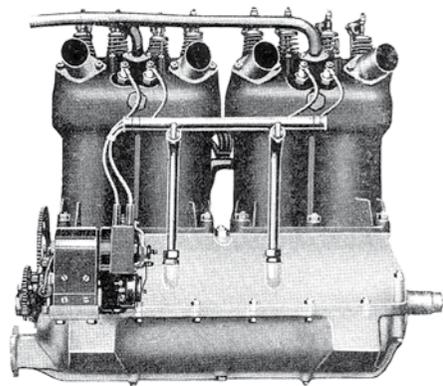
Этот самолет изначально проектировался под руководством И. И. Сикорского как военный, на нём предусматривались и бомбы, и пулеметы. Сикорский начал

(3)

(4)

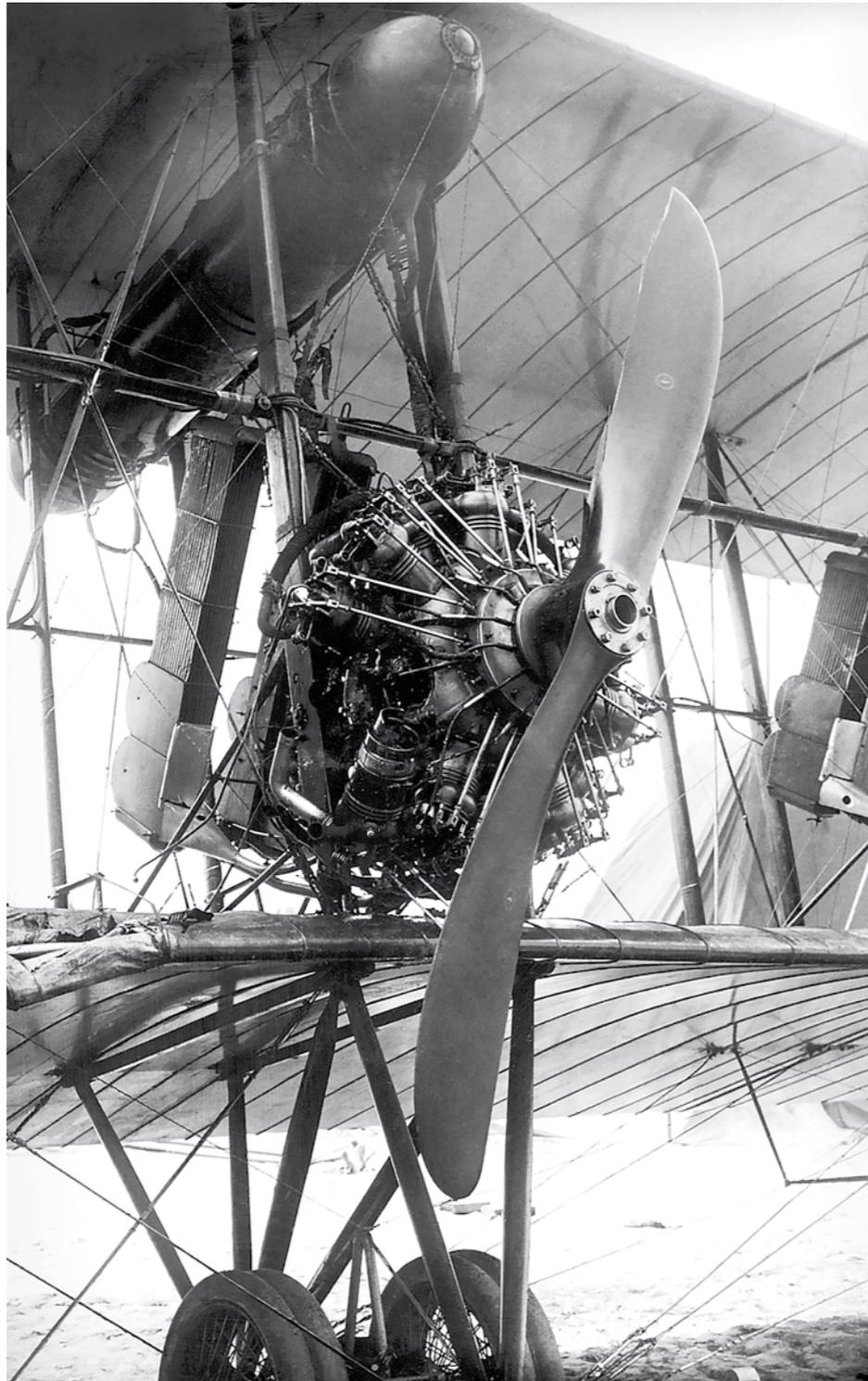
с двухмоторного биплана С-9 «Гранд», поднявшегося в воздух в марте 1913 г. В начале мая конструктор заменил одиночные мотоустановки тандемными и получился «Русский витязь», который стал прототипом еще большего воздушно-го корабля – «Илья Муромец» с размахом верхнего крыла 32 м. Это был гигантский по тому времени деревянный биплан. На нем предусматривалась площадка под пулемет или 37-миллиметровую пушку. «Муромец» взлетел 10 декабря 1913.

Первоначально на нём стояли в ряд на нижнем крыле четыре немецких двигателя «Аргус-100» максимальной мощностью 98 л. с. Под этим именем в России эксплуатировался As-II, созданный фирмой «Аргус» (филиалом автомобильного завода «Хорх») в 1912 году. Для бомбардировщика и дальнего разведчика, рассчитанного на длительное пребывание в воздухе, легкие, но неэкономичные «Гномы» оказались непригодны. Вот и взяли немецкий четырехцилиндровый рядный двигатель водяного охлаждения стационарного типа, тяжелый, но расходующий меньше бензина и масла.



Немецкий мотор «Аргус» As-II (он же «Аргус-100»)

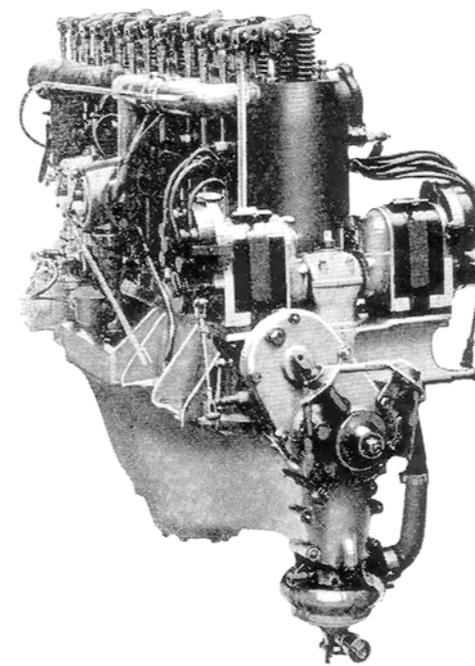
Звездообразный мотор водяного охлаждения «Сальмсон» M14 (он же 2M7) на бомбардировщике «Илья Муромец»



Реплика самолета «Илья Муромец» в Центральном музее ВВС в Монино с имитацией внешнего вида моторов «Аргус» и настоящими чехословацкими двигателями «Вальтер», обеспечивавшими движение машины по аэродрому



Мотор «Аргус» As-III раннего выпуска мощностью 115 л. с.



Тяги четырех «Аргусов-100» большому самолету не хватало, и Сикорский заменил их парой «Сальмсон-200» и парой «Аргус-115». «Сальмсон-200» – это «Сальмсон» M14 (он же 2M7), 14-цилиндровый двухрядный звездообразный мотор, но не воздушного, а водяного охлаждения. Машина сверхоригинальная, работавшая по шеститактному циклу и с очень замысловатым механизмом превращения поступательного движения поршней во вращательное на валу. Этот мотор был тяжел, зато отличался плавностью хода и высокой экономичностью. А «Аргус-115» – это As-III ранних серий, немецкая новинка того времени, шестицилиндровый двигатель, являвшийся развитием четырехцилиндрового As-II.

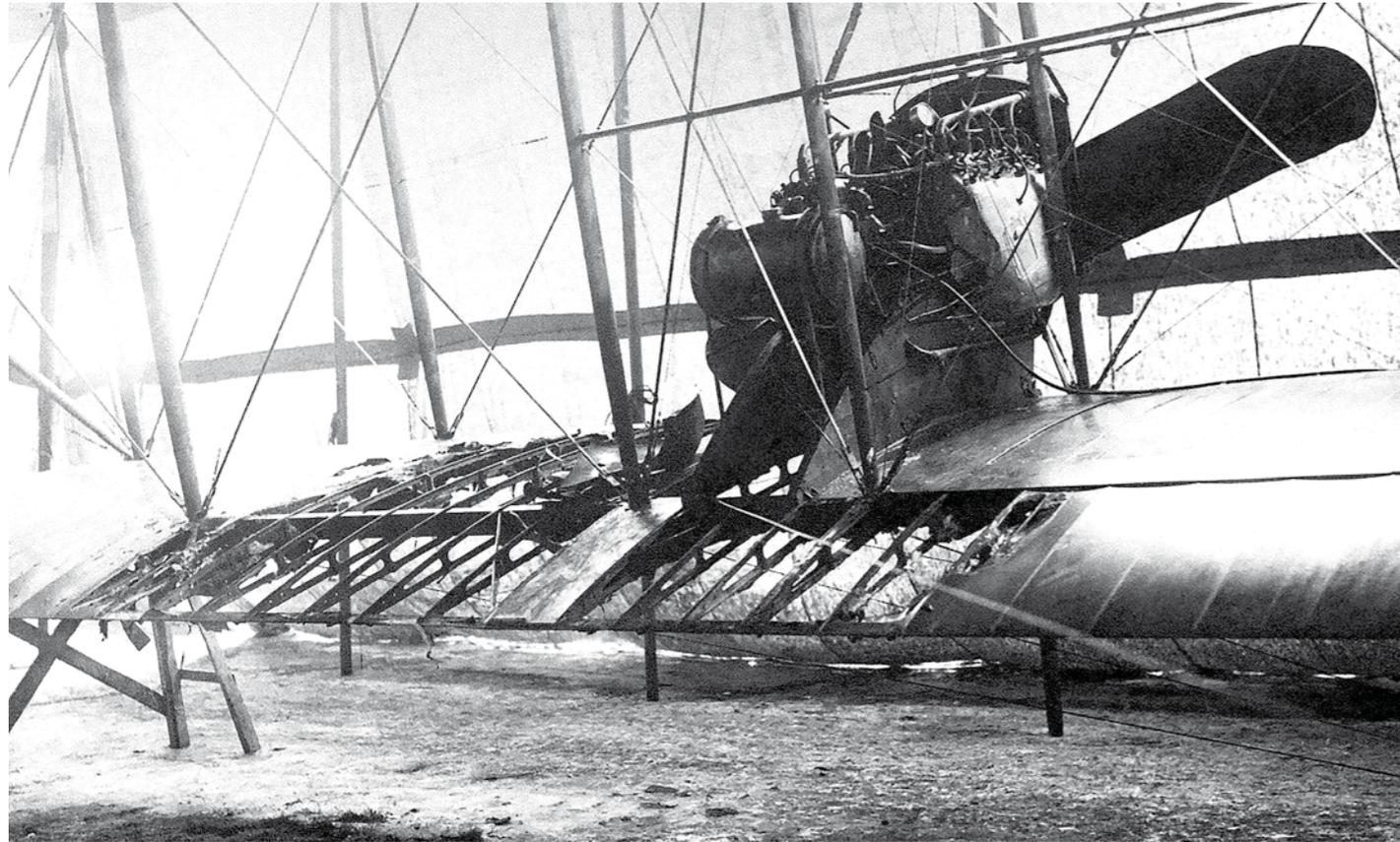
Серийные «Муромцы» модификации Б (ИМ-Б), выпускавшиеся с мая 1914, комплектовались либо четырьмя двигателями

4 июня 1914 года на самолете «Илья Муромец» был установлен мировой рекорд высоты полета с десятью членами экипажа на борту. В августе того же года этот самолет был принят на вооружение русской армии в качестве разведывательного.

Пономарёв А. Н. Советские авиационные конструкторы. – М., 1990

«Аргус-140», либо парой «Аргус-140» и парой «Аргус-125». Первый тип – это шестицилиндровый As-III раннего выпуска, второй – уже знакомый As-III, но немного усовершенствованный.

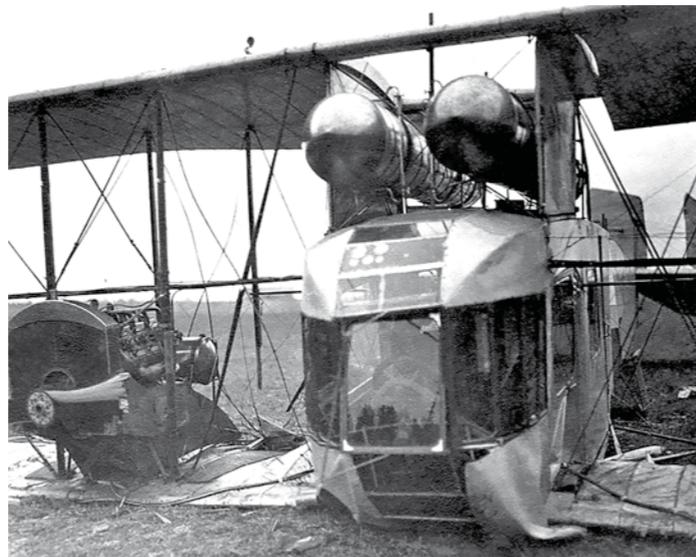
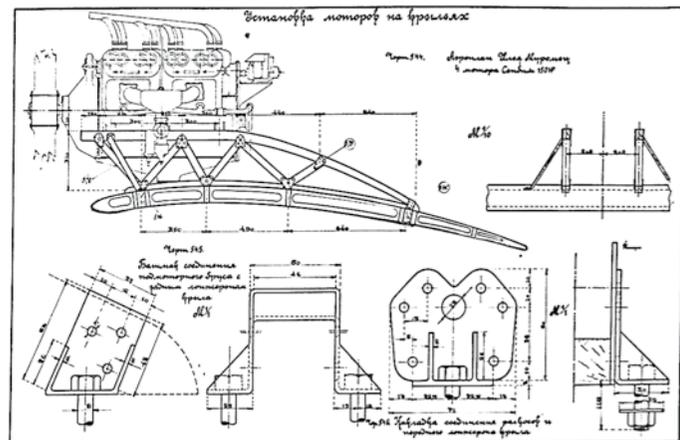
Но началась война, и импорт из Германии прекратился. Уже в сентябре 1914 запасы немецких моторов на складах кончились, их осталось не более дюжины.



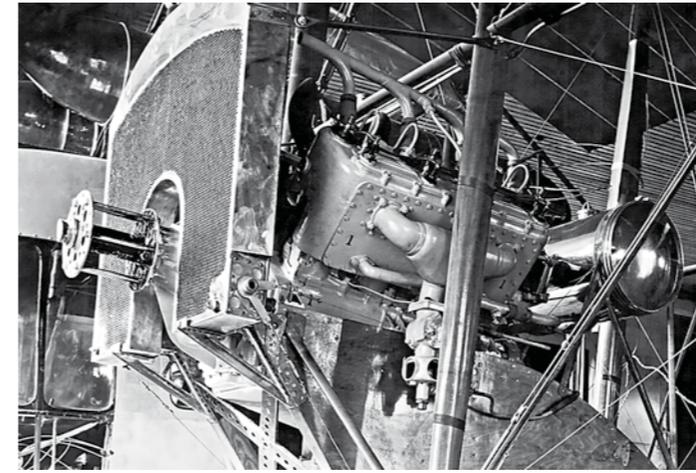
(1) Вид сзади на мотоустановку с «Крусейдером» на недостроенном «Муромце»

(2) Схема установки двигателя «Крусейдер» на нижнее крыло самолета «Илья Муромец»

(3) Авария «Муромца» с четырьмя моторами «Крусейдер»



(3)



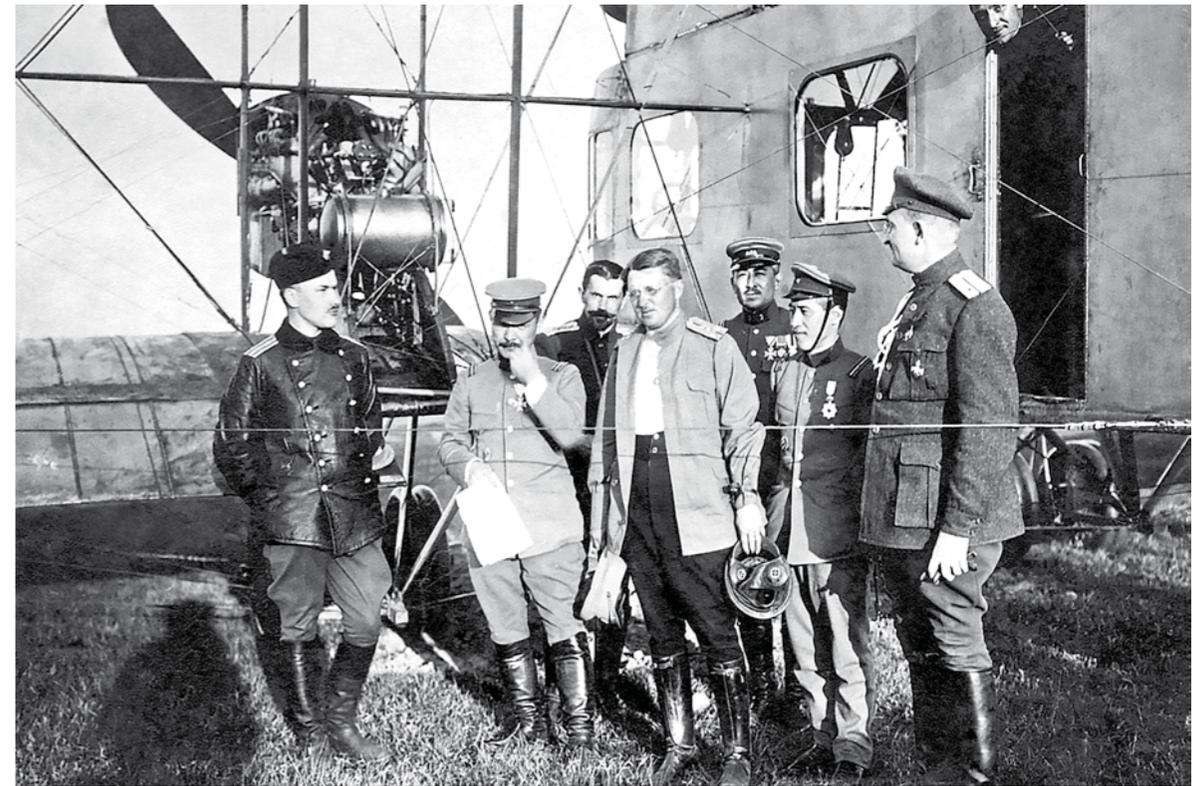
Мотустановка с двигателем «Крусейдер» и лобовым радиатором

Сикорскому пришлось ставить на самолеты уже упоминавшиеся «Сальмсоны». Позже в ход пошли английские «Санбимы» (их поставляли три типа – «Крусейдер» в 150 л. с., «Зулу» в 160 л. с. и «Мохок» в 225 л. с.) и «Бердморов» (160 л. с.). «Кру-

сейдеры» считались не очень надежными. Самолеты с ними неоднократно терпели аварии, летчики боялись на них забираться глубоко в тыл противника. Вдобавок больше 130 л. с. из этого мотора «выжать» реально не удавалось. «Зулу» получился

и мощнее, и надежнее. Эти двигатели делали, кстати, только на экспорт в Россию. «Мохоки» поступили поздно и в небольшом количестве. У «Бердморов» репутация была еще лучше. Эти двигатели представляли собой немного увеличенный вариант «Аустро-Даймлера» образца 1911 года, спроектированного, между прочим, молодым Ф. Порше. Но «Бердморов» из Англии пришло всего шесть, и поставили их на один-единственный бомбардировщик.

Но руководство РБВЗ делало попытки заменить импортные двигатели на «Муромцах» отечественными. Еще в 1914 году председатель правления РБВЗ М. В. Шидловский объявил конкурс на создание такого мотора. В нем участвовали две группы. Одна, руководимая В. В. Киреевым, работала в Риге, другая, подчинявшаяся непосредственно И. И. Сикорскому, – в Петрограде.



Экипаж у бомбардировщика «Илья Муромец» с моторами «Крусейдер»

(2)

# Содержание

Предисловие научного редактора..... 4

## ЧАСТЬ 1 ПОРШНЕВЫЕ МОТОРЫ

Как устроен и работает поршневой авиационный двигатель (мотор) внутреннего сгорания .....	8
Мотор « <b>Райт-Рига</b> ». Первые шаги .....	16
« <b>Гном</b> » и « <b>Калеп</b> ». Первые шаги.....	24
<b>РБВЗ-6, МРБ-6, «Рено-220»</b> и « <b>Крусейдер</b> » Ильина.	
Моторы для «Муромцев» .....	34
« <b>Рон-80</b> ». Меняем «Гном» на «Рон» .....	48
« <b>Сальмсон</b> ». Упущенные возможности .....	56
<b>М-2</b> и <b>М-4</b> . Старое наследство .....	68
<b>М-5</b> и <b>М-6</b> . Трофеи Гражданской войны.....	76
<b>М-17</b> . «Временный» долгожитель.....	86
<b>М-22</b> . Советский французский английский мотор .....	100
<b>М-34 (АМ-34)</b> . Необычная идея.....	108
<b>АМ-35</b> . Мотор бомбардировщика на истребитель .....	126
<b>АМ-38</b> и <b>АМ-42</b> . «Сердце» штурмовика.....	132
<b>М-25, М-62</b> и <b>М-63</b> . Точная копия «Райта».....	142
<b>М-82</b> . Это уже не совсем «Райт», или даже совсем не «Райт».....	158
<b>АШ-73ТК</b> . Потомок М-25Д18 .....	176
<b>М-100, М-103</b> и <b>М-104</b> . Еще раз об «Испано-Сюйзе».....	184
<b>М-105</b> . Самый массовый мотор Великой Отечественной войны .....	202
<b>М-107 (ВК-107)</b> . Последний из семейства .....	220
<b>М-85, М-86, М-87</b> и <b>М-88</b> . «Запорожская чехарда».....	226
<b>М-30</b> и <b>М-40</b> . Советские дизели.....	238
Конец пути .....	248

## ВЫДАЮЩИЕСЯ КОНСТРУКТОРЫ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

<b>Владимир Яковлевич Климов</b> .....	250
<b>Николай Дмитриевич Кузнецов</b> .....	252
<b>Архип Михайлович Люлька</b> .....	254
<b>Александр Александрович Микулин</b> .....	256
<b>Владимир Алексеевич Добрынин</b> .....	258
<b>Борис Сергеевич Стечкин</b> .....	260
<b>Аркадий Дмитриевич Швецов</b> .....	262
<b>Сергей Петрович Изотов</b> .....	264
<b>Пётр Алексеевич Колесов</b> .....	266
<b>Павел Александрович Соловьёв</b> .....	268
<b>Сергей Константинович Туманский</b> .....	270

## ЧАСТЬ 2 СЕРИЙНЫЕ РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ I-III ПОКОЛЕНИЙ

Как устроен и работает турбореактивный двигатель .....	274
Основные функциональные элементы турбореактивного двигателя .....	275
Как устроен и работает турбореактивный двигатель с форсажной камерой .....	277
Как устроен и работает турбовинтовой двигатель .....	278
Краткая история создания газотурбинных двигателей .....	280
<b>РД-10</b> и <b>РД-20</b> . Трофеи для первых реактивных истребителей .....	290
<b>РД-45, РД-500</b> и <b>ВК-1</b> . Самое массовое семейство ТРД советского производства.....	304
<b>АЛ-7Ф</b> . Первый дважды сверхзвуковой .....	324

<b>АЛ-21Ф-3</b> . Начало третьего поколения .....	338
<b>АМ-3</b> . Первый отечественный серийный ТРД .....	352
<b>АМ-5, РД-9Б</b> . Выход на сверхзвук .....	364
<b>АМ-11 (Р11-300)</b> и его модификации до <b>Р25-300</b> Самое массовое семейство – для МиГ-21, Су-15 и Як-28 .....	376
<b>Р95Ш</b> и <b>Р195</b> . Незаменимые для живучих «Грачей» .....	402
<b>Р15Б-300</b> . Восхождение к трем Махам .....	414
От <b>Р27-300</b> до <b>Р35-300</b> . Последние одноконтурные ТРДФ .....	428
<b>Р27-300, Р27В-300, Р28В-300</b> . Подъемно-маршевые для вертикального взлета и посадки.....	440
<b>ВД-7</b> . Самый мощный для самых дальних .....	452
<b>ВД-7М, РД-7М2</b> . Двигатели для сверхзвуковых бомбардировщиков.....	462
<b>РД36-35</b> и <b>РД38</b> . Вертикальная тяга.....	472
<b>НК-12</b> . Непревзойденные турбовинтовые .....	484
<b>НК-144-22</b> и <b>НК-22</b> . Тяга к совершенству .....	500

## ЧАСТЬ 3 СЕРИЙНЫЕ РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ IV ПОКОЛЕНИЯ

Как устроен и работает двухконтурный двигатель с форсажной камерой .....	512
<b>АЛ-31Ф</b> . Венец творения Архипа Люльки .....	514
<b>Д-30Ф6</b> . Первый двухконтурный с форсажем для истребителя .....	528
<b>РД-33</b> . С чистого листа до четвертого поколения .....	544
<b>НК-25</b> . Первый трехвальник четвертого поколения .....	562
<b>НК-32</b> . Двигатель для сверхзвукового «стратега».....	566
<b>АИ-222-25</b> . 4+ для учебно-боевых .....	578

## ЧАСТЬ 4 ДВИГАТЕЛИ V ПОКОЛЕНИЯ И ИХ ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

Путь к пятому поколению .....

590

Пояснения к таблицам .....

606

Библиографический список .....

607