



АГРЕГАТЫ НАДДУВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ЛЕКЦИЯ 1

ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАДДУВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ



ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАДДУВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

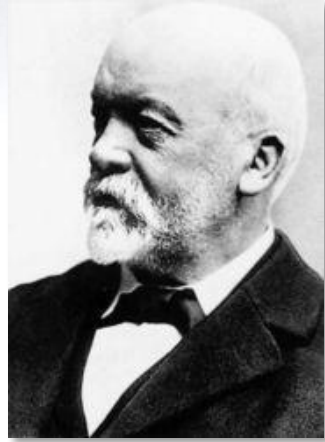
1. О.В. Батурин, Н.В. Батурин, В.Н. Матвеев. История изобретения и развития агрегатов наддува двигателей внутреннего сгорания
2. Патрахальцев Н.Н. Наддув двигателей внутреннего сгорания
3. Лангкабель Г.Х. Турбодвигатели и компрессоры
4. Савельев Г.М. Опыт доводки и производства турбокомпрессоров автомобильных дизелей
5. Turbochargers.ru

Идея зарядки цилиндра ДВС предварительно сжатым воздухом для увеличения мощности появилась в **80**е годы **XIX** века. Т.е. наддув является ровесником первых автомобилей.

Кто изобрел наддув?



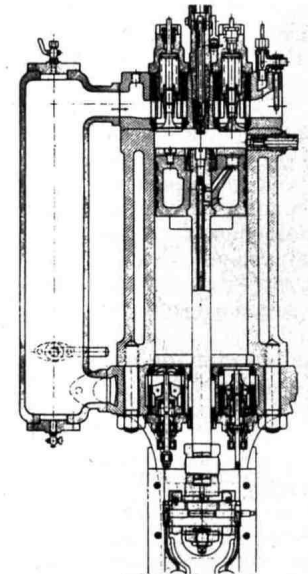
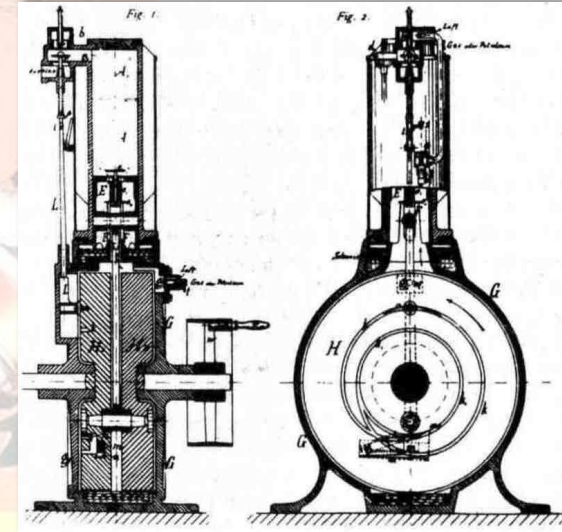
ИЗОБРЕТЕНИЕ НАДДУВА



Идею наддува ДВС предложил Готлиб Даймлер (1834-1900). В 1885 году он получил патент DRP 34926 (кривошипно-камерная продувка через клапан в головке поршня). Опыт неудачен: прирост мощности незначителен



Рудольф Дизель (1858-1913) в 1896 году оснастил наддувом второй экземпляр своего двигателя. Заметное повышение мощности, но КПД оказался меньше, чем у дизелей без наддува



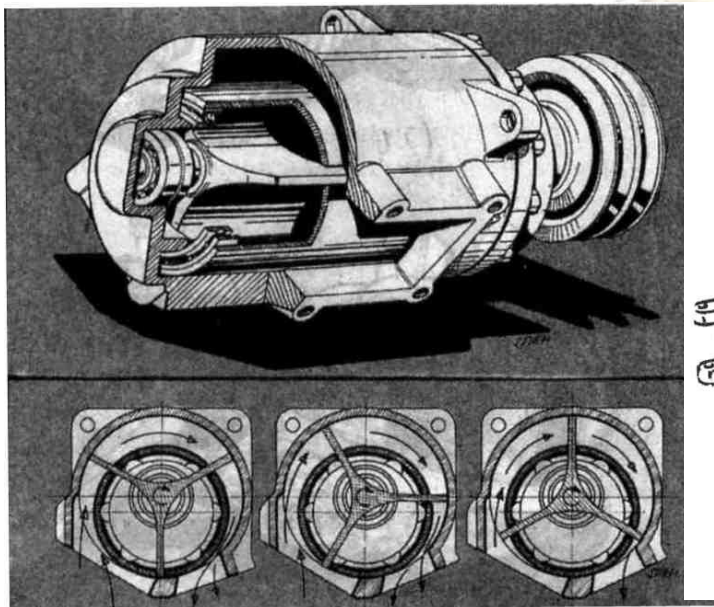
Ранние системы наддува были сложны и ненадежны.

Развитие наддува сдерживалось несовершенством технологий, отсутствием высокопрочных материалов и представления о том какая схема является наилучшей. Какая?

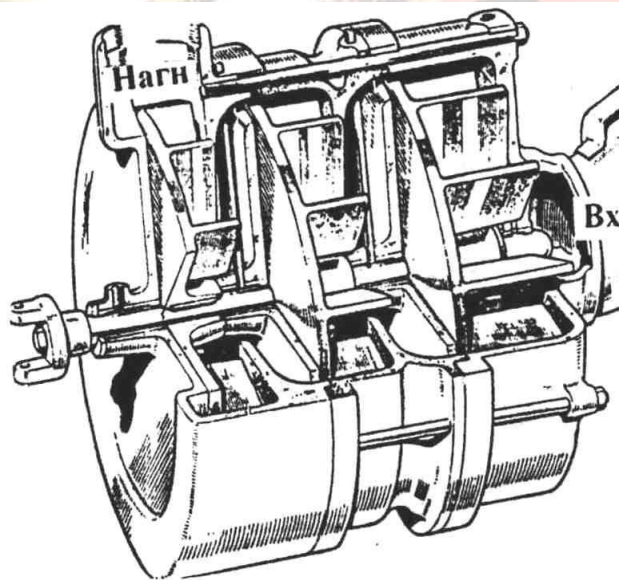


ИЗОБРЕТЕНИЕ НАДДУВА

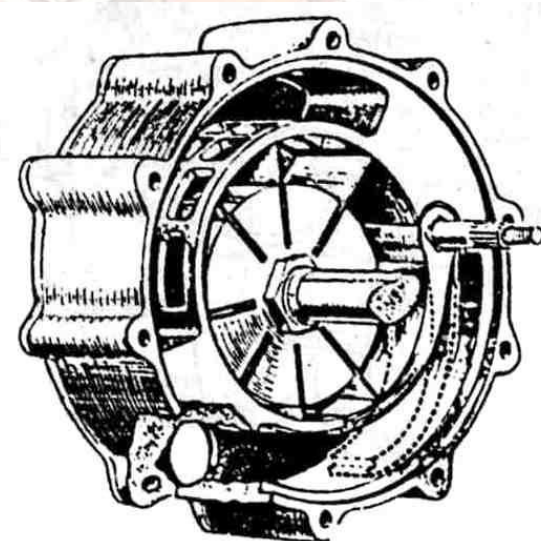
В начале **XX** века шел поиск оптимальной схемы наддува и конструкций сжимающих устройств, что дало множество интереснейших устройств, применяемых и сейчас.



Лопастной компрессор
Цоллера (**1910**)



Трехступенчатый компрессор
Биркинга (**1912**)



Шиберный компрессор
Уиттинга



ИЗОБРЕТЕНИЕ НАДДУВА

По мере накопления опыта применения наддува расширялся круг его применения:

- **1906г.** – Двигатели с наддувом применяются для гоночных автомобилей в США.
- **1910г.** – Первое применение двигателей с наддувом в авиации.
- **1913г.** – Первое применение двигателей с наддувом на тепловозных двигателях.

До Первой мировой войны наддув (а тем более турбонаддув) оставался экзотикой.

Что такое турбонаддув?

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТУРБОНАДДУВА

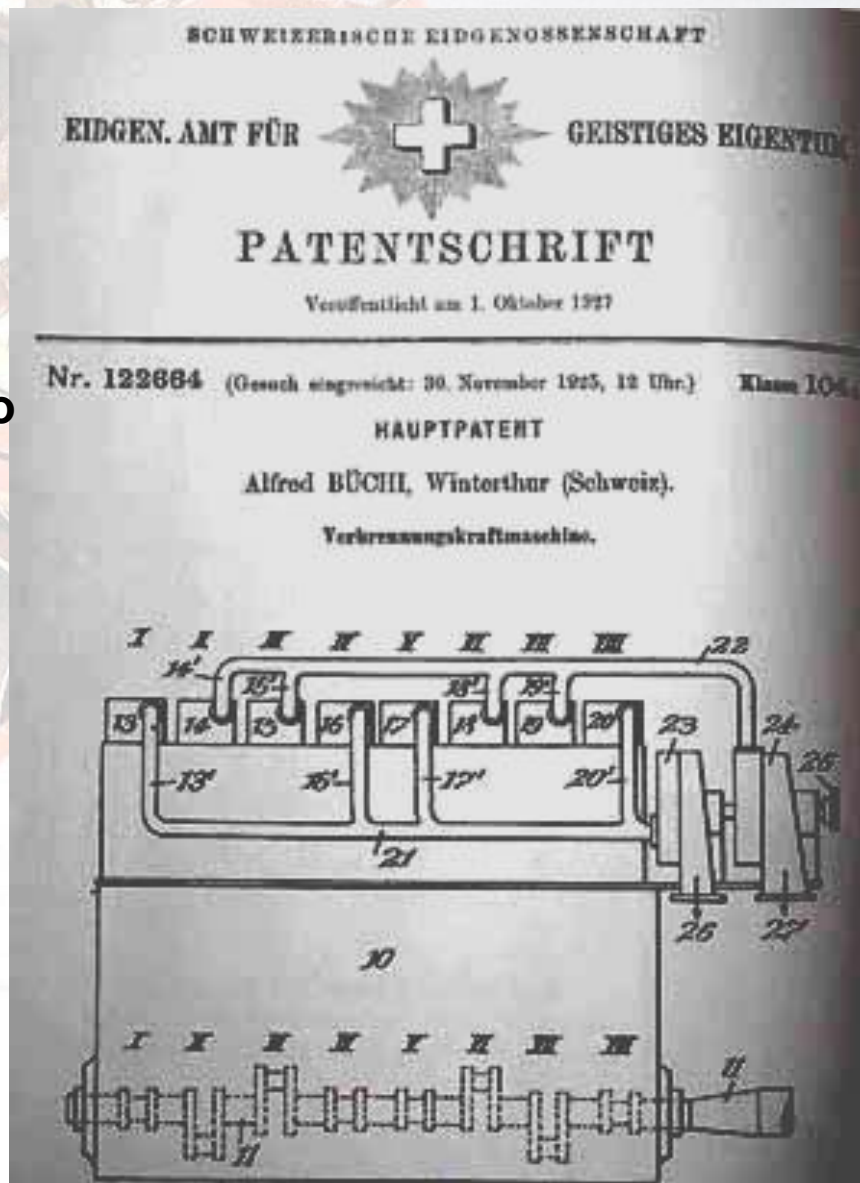


В 1905 году Альфред Бюши получил немецкий патент на машину «состоящую из последовательно расположенных компрессора, поршневого двигателя и турбины».

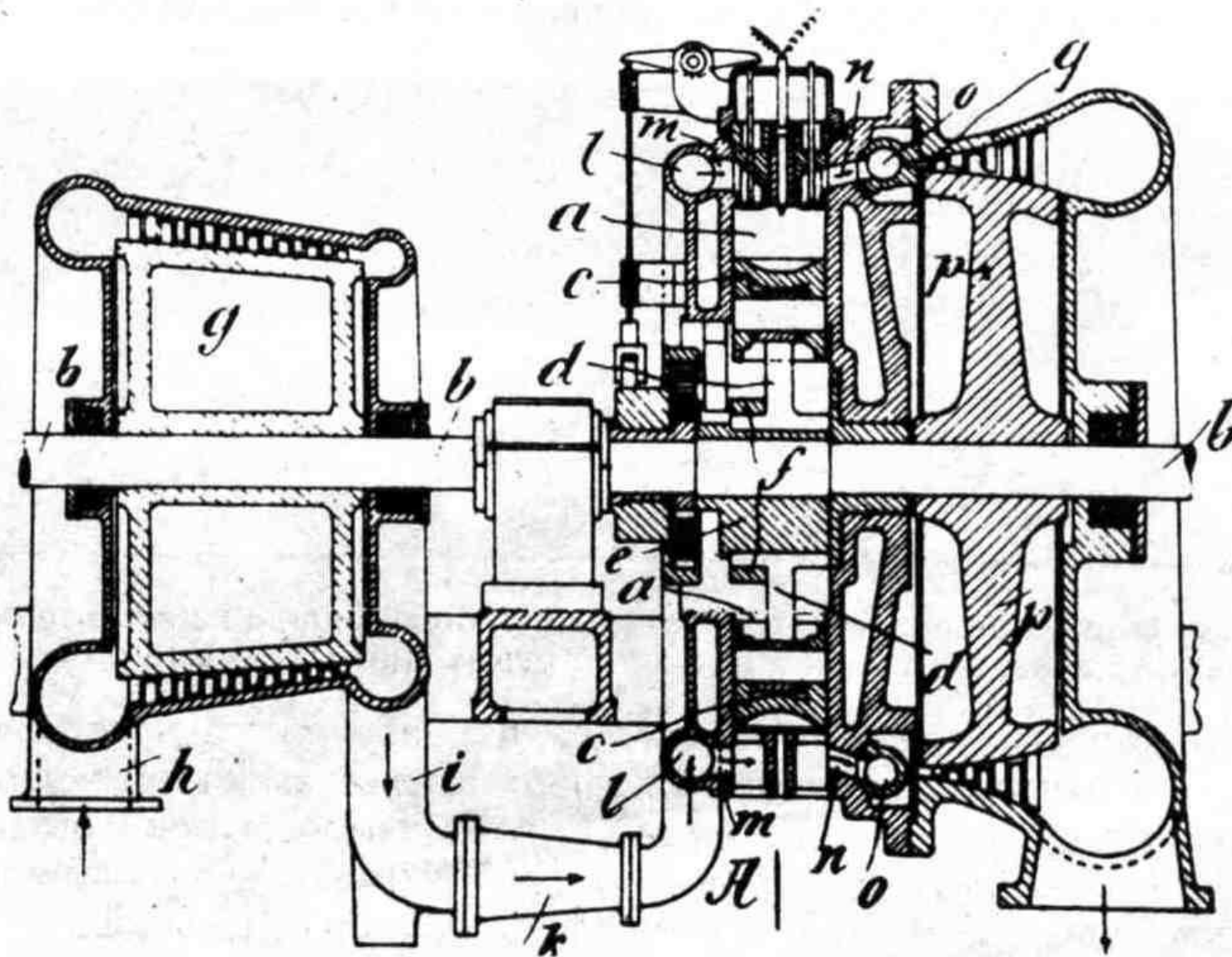
Сейчас это устройство известно под названием «турбонаддув».

В дальнейшем Бюши сделал еще ряд изобретений в этой области. В частности, он предложил охлаждать наддувающий воздух в теплообменнике.

Как он называется?



ИЗОБРЕТЕНИЕ ТУРБОНАДДУВА



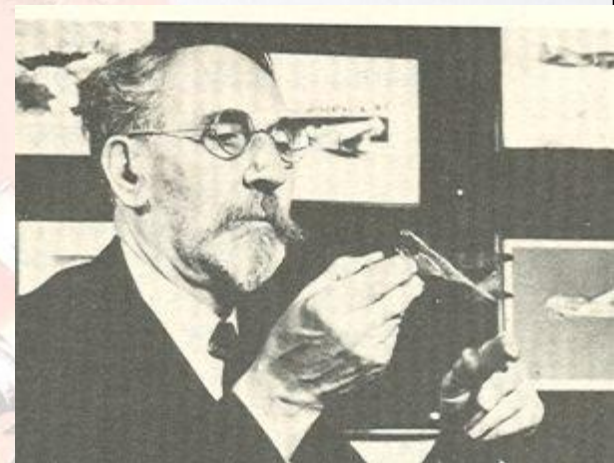
Турбокомпрессор, разработанный Альфредом Бюши

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТУРБОНАДДУВА

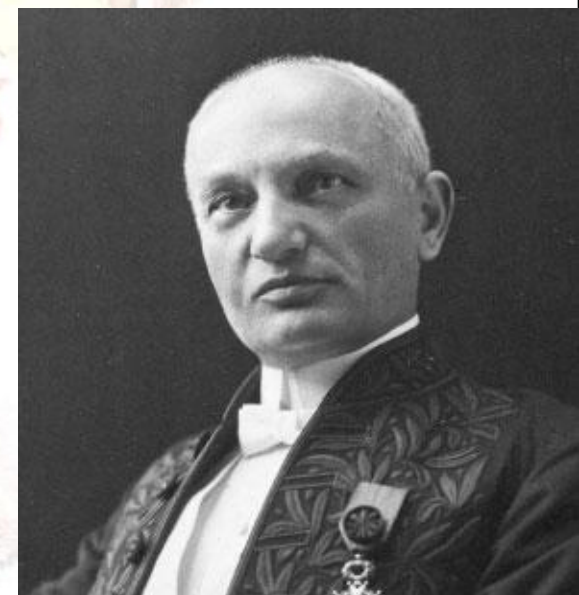
Соединение двух лопаточных машин на общем валу оказалось идеальным решением для двигателей малой мощности и привело к прорыву принципа наддува.

- в 1910г. развитием турбонаддува занялась фирма *General Electric* под руководством *Санфорда Мосса*;
- в 1917г. двигатель с турбонаддувом был впервые установлен на самолет коллегой *Бюши Августом Рато*;
- В 1924 г. Самолет *LaPere*, оснащенный двигателем *Liberty* с турбонаддувом установил рекорд высоты полета 10 км.

Какая высота тропосферы?



Санфорд Мосс



Август Рато



РАЗВИТИЕ НАДДУВА В АВИАЦИИ

Причины высокой актуальности:

- Падение плотности воздуха с высотой полета (на высоте **5400**м плотность снижается вдвое).
- Снижение с высотой температуры воздуха, что снижает термические нагрузки и уменьшает вероятность детонационного горения;
- Винтовая характеристика авиационного двигателя более благоприятна с точки зрения детонации топлива;
- Использование более качественных и дорогих сортов топлива.

Большой толчок в развитии наддува дало быстрое развитие авиации в годы Первой мировой войны (**1914-1918**).

Какие страны участвовали?





РАЗВИТИЕ НАДДУВА В АВИАЦИИ

Авиационные двигатели с наддувом времен Первой мировой войны были бензиновыми и имели механический наддув.

Их производили на фирмах:

- «Даймлер»;
- «Испано Сьюиза»;
- «Фиат»;
- «Рено» и др.



Центробежный нагнетатель звездообразного двигателя
воздушного охлаждения **BMW 805 (1943)**



Рядный двигатель водяного охлаждения
Daimler DIIIa (1917)



РАЗВИТИЕ НАДДУВА В АВИАЦИИ

Механический наддув в авиации сохранился до **2-й** мировой войны

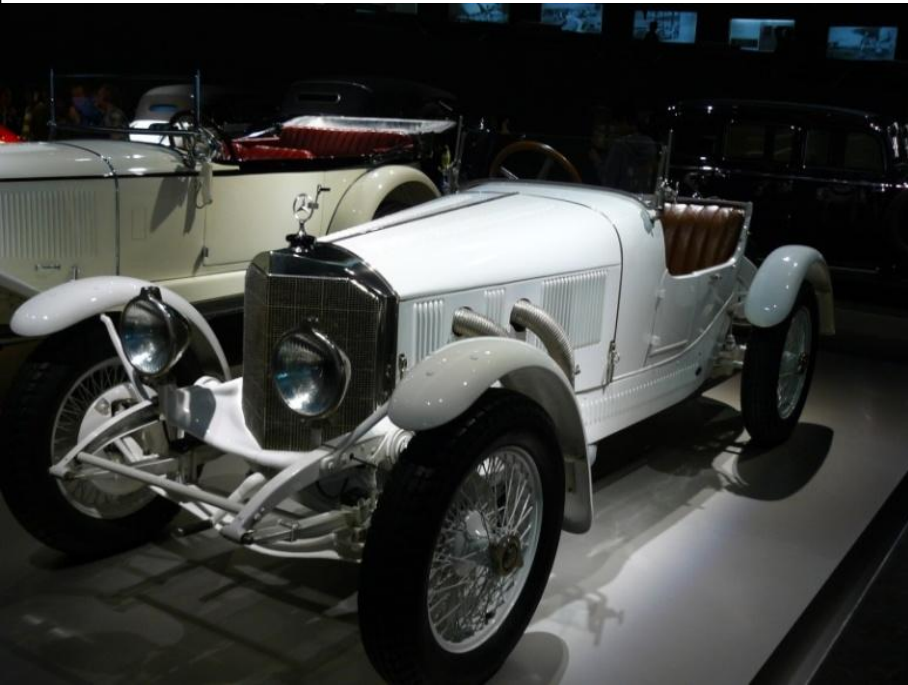


Штурмовик Ил-**2** (1943) и его двигатель АМ-**35**



НАДДУВ НА АВТОМОБИЛЯХ

В **20**е годы **XX** века авиационный опыт был перенесен на серийные автомобили.

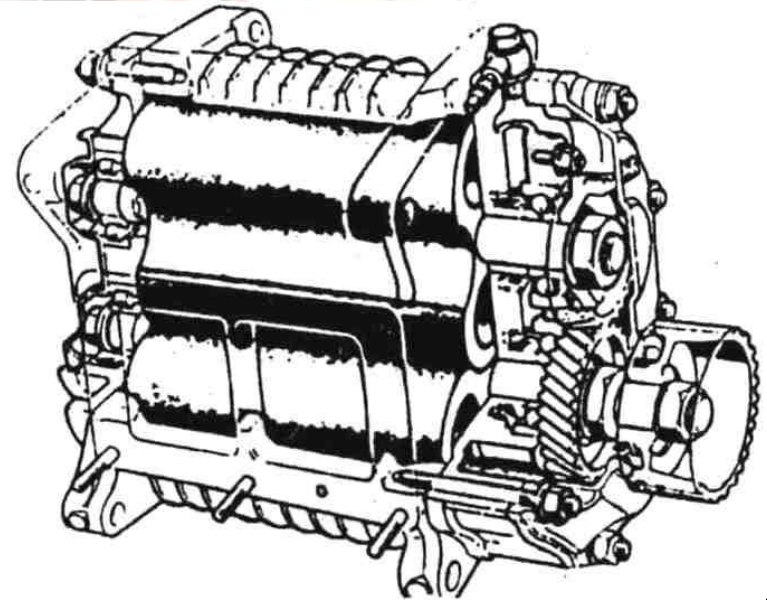


«Mercedes 10/40» (1923) – первый серийный легковой автомобиль, оснащенный механическим нагнетателем. Шибберный компрессор Уиттинга позволил поднять мощность с 40 до 65 л.с.

«Звездой» наддува в 20-30 годы стал компрессор типа «Рут».

Особенности компрессоров «Рут»:

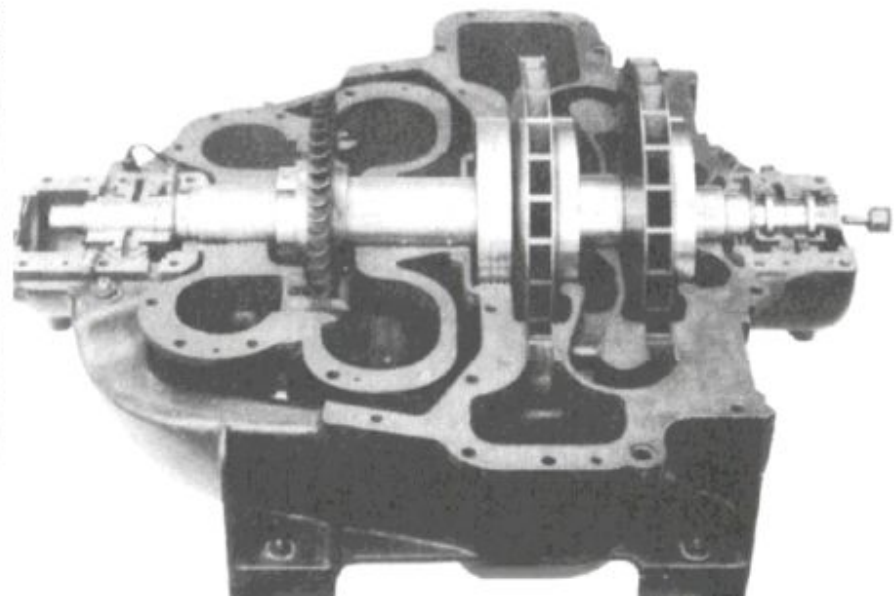
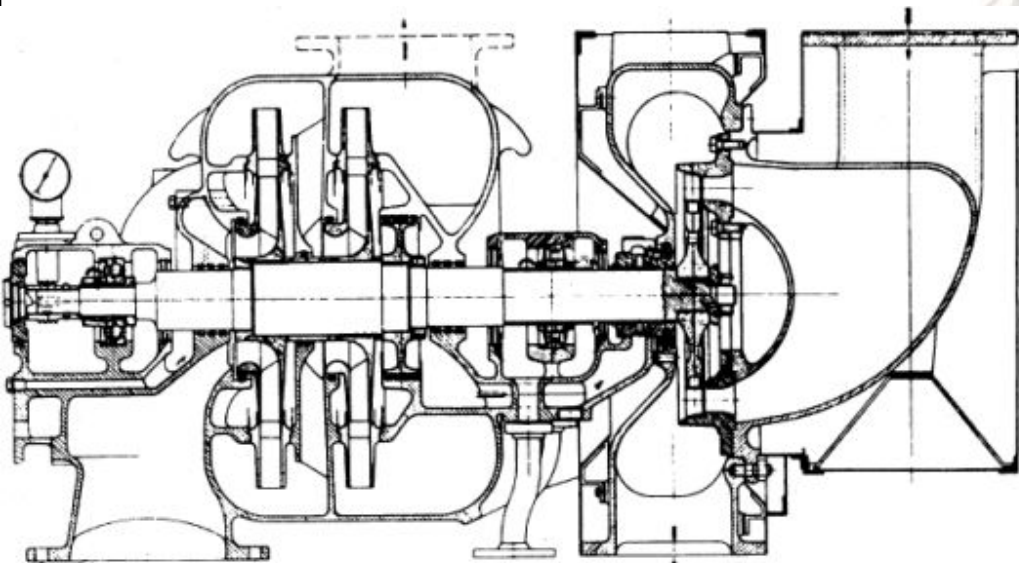
- роторы компрессора работают с зазорами;
- не требуется смака;
- пониженный шум;
- меньший износ.





НАДДУВ НА АВТОМОБИЛЯХ

В **1923**г. началось производство коммерческих турбокомпрессоров фирмой **Brown Boveri and Cie.** для наземных силовых установок.



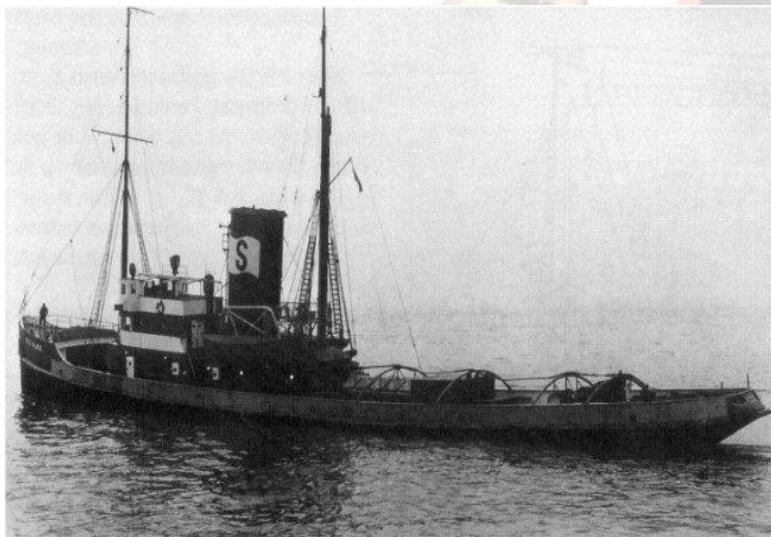
В **1938**г. На швейцарском заводе **Sauer** стали оснащать турбонаддувом двигатели грузовых автомобилей.



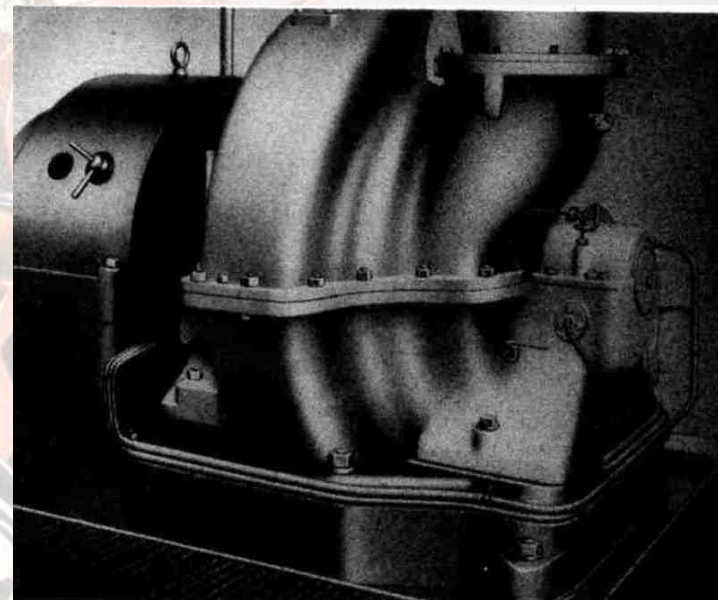
НАДДУВ В МОРЕ

В **1923**г. турбонаддув был применен на германских теплоходах **«Danzig»** и **«Prussen»**.

Мощность дизельных двигателей возросла с **1750** до **2500** л.с.



Буксир **«Seefalke»**



Турбонагнетатель корабля **«Prussen»**

В **1924**г. Немецкий спасательный буксир **«Seefalke»** был оснащен двумя нагнетателями с электроприводами.

Мощность дизельных двигателей возросла с **900** до **1200** л.с.



НАДДУВ В МОРЕ

Наддув применялся на дизелях подводных лодок:

На советских лодках **С-1** и **С-2** применялись дизели **М6V49/48**;



Турбоагнетатель немецкой подводной лодки **XXI** серии (1944)



Подводная лодка **С-56**

Другие лодки серии **С** имели советские дизели **1Д** с турбонаддувом



НАДДУВ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

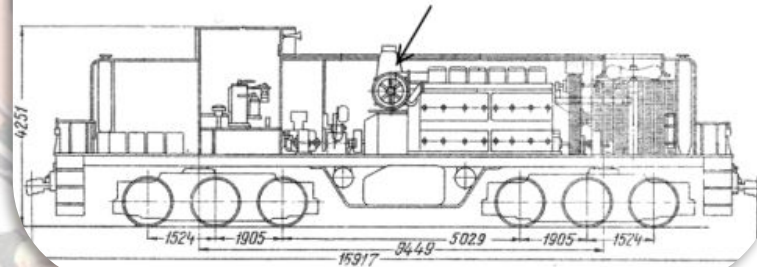
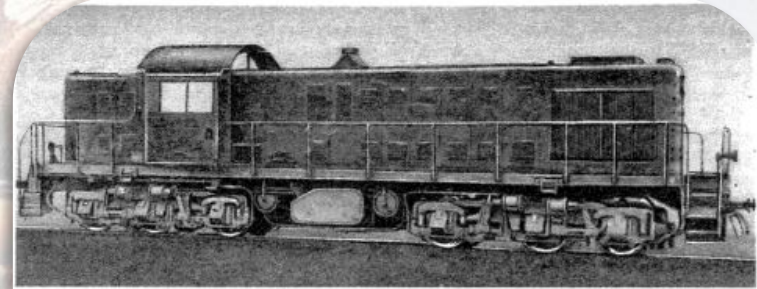
Наддув для тепловозов на железной дороге был впервые применен в **1913** году.

В **1927** г. на швейцарских тепловозах был впервые применен турбонаддув.

С **1935** г. **1400**-сильные дизели с наддувом стали устанавливаться на локомотивах немецкой железной дороги.

На железных дорогах СССР первыми тепловозами с турбонаддувом стали американские локомотивы **ALCO** (серия Да), поставленные по ленд-лизу в **1944**.

В **1948** появился первый советский тепловоз с турбонаддувом **ТЭ-1**.



Тепловоз серии Да



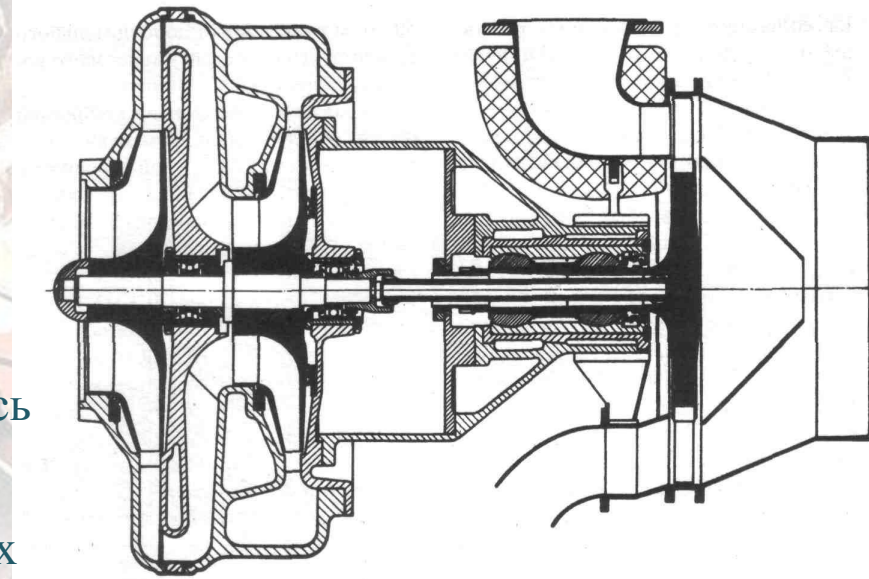
Тепловоз ТЭ-1



ТУРБОНАДДУВ В АВИАЦИИ

Особенности организации турбонаддува времен
Второй мировой:

- Существовавшие материалы не выдерживали температуры выхлопных газов;
- Турбонагнетатели располагались достаточно далеко от двигателя;
- Выхлопные газы по пути к турбине охлаждались набегающим потоком или в теплообменниках;
- В ряде конструкций для охлаждения выхлопных газов применялся воздух из-за нагнетателя, что отрицательно сказывалось на эффективности двигателя.



Турбокомпрессор фирмы
Jumo (Германия, **1944**),
устанавливавшийся на опытных
экземплярах самолета
FW-190D



ТУРБОНАДДУВ В АВИАЦИИ



P-38 «Lightning»



Пе-8



B-24 «Liberator»



P-47 «Thunderbolt»



На B-17 «Fling Fortress» для охлаждения выхлопных газов трубопровод к турбине проходил снаружи мотогондолы



НАДДУВ В ГОНОЧНОМ СПОРТЕ

- До **60-х** годов XX века в гоночном спорте царствовал механический наддув. Увеличение мощности сопровождалось ростом расхода топлива, который превосходил разумные пределы;
- В конце **50-х** использование наддува ограничили. В **1961** году использование наддува в автоспорте было запрещено;
- В **1966** году было разрешено применение турбонаддува в «Формула 1». В **1970** году все двигатели гоночных автомобилей оснащались турбонаддувом;

В **1977** на одном из этапов «Формула 1» победил болид **Renault** оснащенный турбонаддувом.



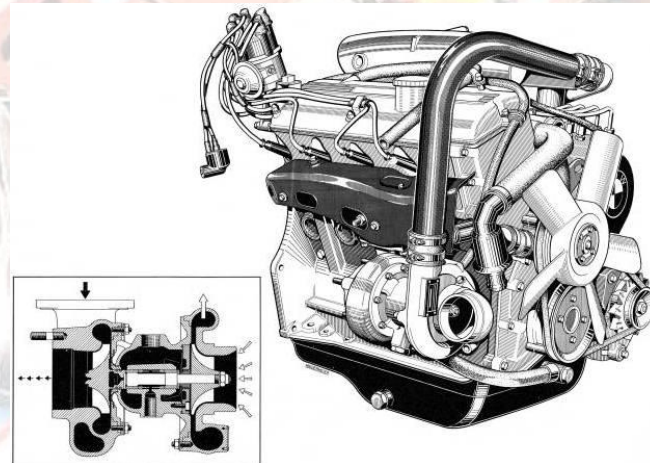
- BMW** разработал двигатель мощностью **1000 л.с.** объемом **1,5** литра. Машины оснащенные им становились чемпионами «Формула 1» с **1983** по **1989**.
- В **1989** году двигатели с наддувом были запрещены окончательно.



ТУРБОНАДДУВ НА ЛЕГКОВЫХ А/М

На серийных легковых автомобилях турбонаддув был применен в **1963** году фирмой **General Electric**.

Автомобили не имели успеха из-за плохого характера срабатывания, плохой моментной кривой, большого расхода топлива и низкой надежности



BMW 2002 Turbo (1973) – Первый немецкий серийный легковой автомобиль с турбонаддувом и его двигатель.

Автомобиль не имел успеха из-за низкой надежности и энергетического кризиса **1973** г.



ТУРБОНАДДУВ НА ЛЕГКОВЫХ А/М



Porsche 911 (1973) и его двигатель

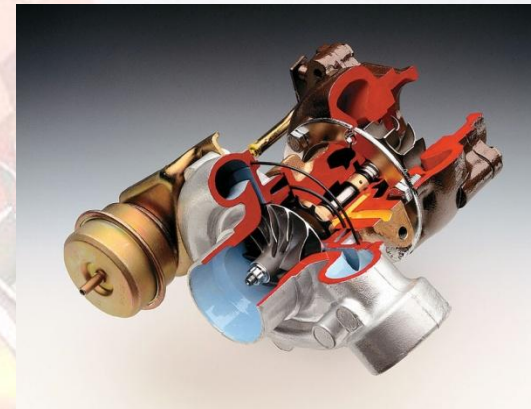
Saab 99 Turbo (1977) – Первый серийный автомобиль на котором удалось достигнуть надежной работы турбокомпрессора

В **70-80-е** годы XX века турбонаддув начал стремительно развиваться на легковых автомобилях. Причины этого:

- Успехи в гоночном спорте;
- Нефтяной кризис **1973**;
- Ужесточение экологических требований в **80-х** годах.



ТУРБОНАДДУВ НА ЛЕГКОВЫХ А/М



Opel GM (1972) – Гоночный автомобиль с турбодизелем

Mercedes 300 SD (1978) – Первый серийный автомобиль с турбодизелем



Porsche 959 (1987) – Первый автомобиль с двухступенчатым турбонагнетателем

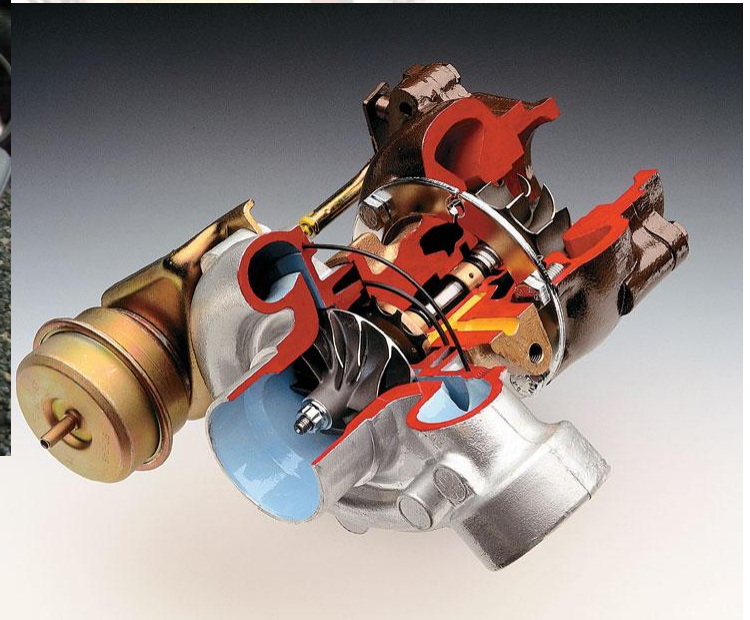
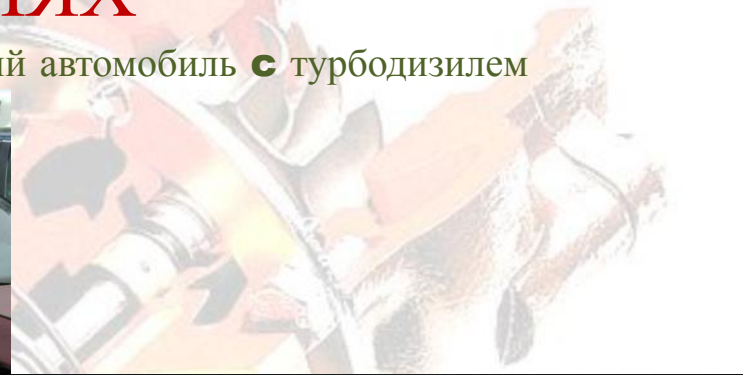


Самарский государственный Аэрокосмический университет
имени
академика С.П. Королева

Кафедра теории двигателей летательных аппаратов

ТУРБОНАДДУВ НА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Mercedes 300 SD (1978) – Первый серийный автомобиль с турбодизелем





ТУРБОНАДДУВ В СССР

В СССР первые серийные турбодизели ЯМЗ-**238НБ** были выпущены в **1963** году для тракторов К-**700**.



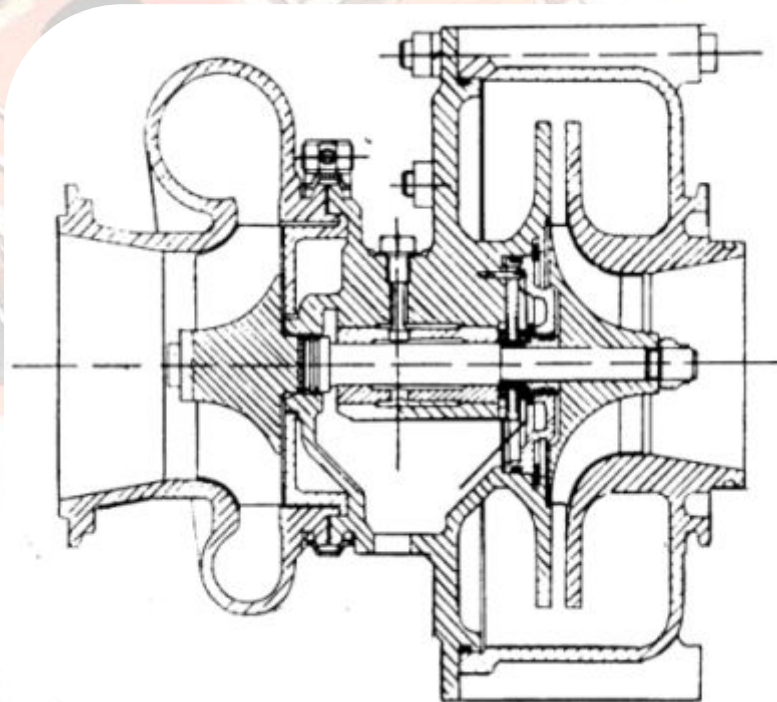
Следом стали выпускаться 12 цилиндровые дизели с наддувом ЯМЗ 240М для БелАЗ и ЯМЗ 238Н(П)(Ф) для автомобилей МАЗ и КраЗ



ТУРБОНАДДУВ В СССР

Основные технические данные советских двигателей с турбонаддувом

№№ п. п.	Марка двигателя	Изготовитель	$N_{\text{НОМ}}$ кВт	$n_{\text{НОМ}}$ мин ⁻¹	P_e МПа	V_h л	$N_{\text{НОМ}}/V_h$ кВт/л
1	ЯМЗ-238 НБ	ЯМЗ	158	1700	0,77	14,86	14,5
2	ЯМЗ-238 Н	»	220	2100	0,86	14,86	20,2
3	ЯМЗ-238 Ф	»	235	2100	0,92	14,86	22,2
4	ЯМЗ-238 П	»	206	2000	0,85	14,86	18,9
5	ЯМЗ-240 Н	»	368	2100	0,97	22,3	22,4
6	ЯМЗ-240 П	»	309	2100	0,81	22,3	18,8
7	ЯМЗ-8401	»	478	2200	1,0	25,86	25
8	ЯМЗ-8403	»	404	2000	0,96	25,86	21,3
9	ЯМЗ-8421	»	309	2200	1,0	17,24	24,3
10	ЯМЗ-8424	»	330	2200	1,01	17,24	26,1
11	ЯМЗ-8423	»	243	2000	0,86	17,24	19,1
12	КаМАЗ-7403	КаМАЗ	191	2200	0,97	10,9	23,8
13	СМД-17 К	«Серп и молот»	73,5	1900	0,87	6,33	15,8
14	СМД-60	ХЗТД	110	2000	0,74	9,15	16,4
15	А-41 Т	АМЗ	81	1750	0,83	7,45	16,15
16	А-50	АМЗ	110	2000	0,91	7,45	20,2
17	Д-240 Т	ММЗ	73,5	2200	0,86	4,75	21
18	Д-160 Т	ВТЗ	103	2200	0,92	6,22	22,6

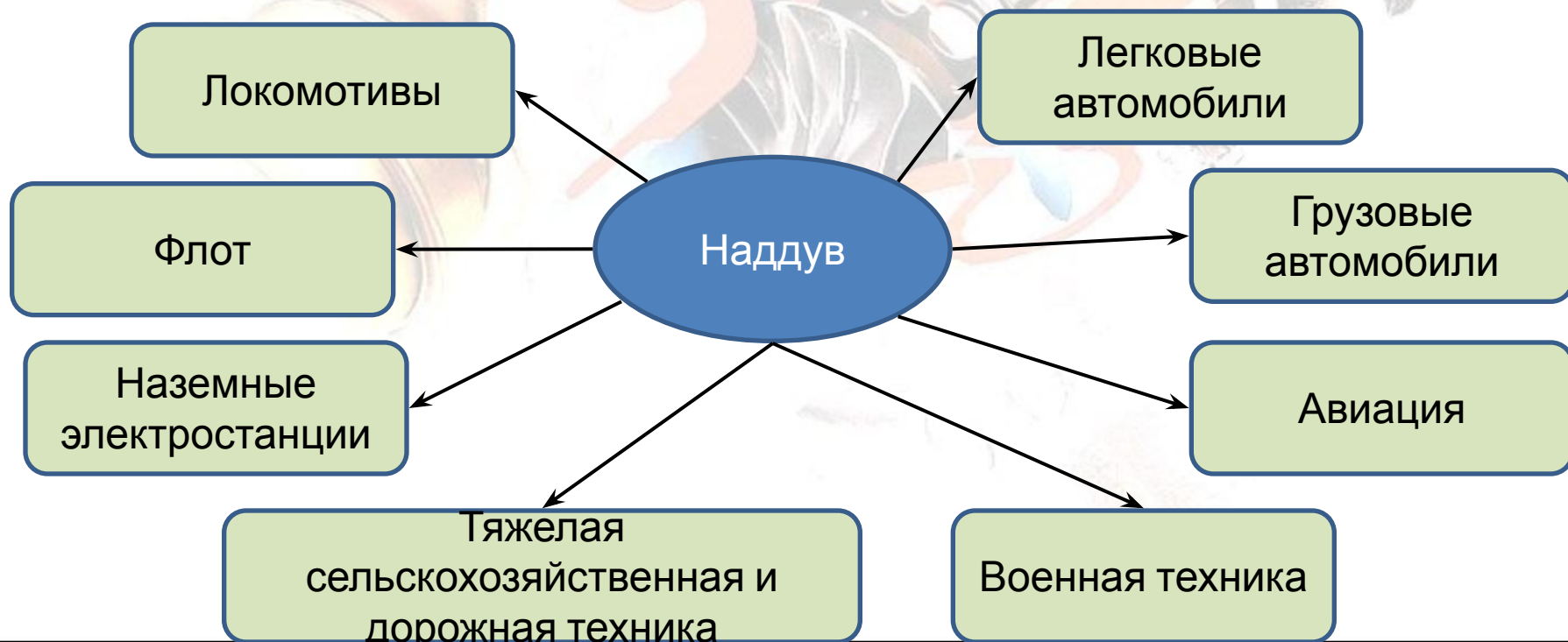




НАДДУВ СЕГОДНЯ

Сегодня наддув прочно занял свое место на ДВС:

- Он применяется на земле, на море, воздухе;
- Доля двигателей с наддувом в объеме производства составляет **50-100%**.
- Почти **100%** выпускаемых дизелей имеют наддув.
- Наддуваются около **6%** бензиновых двигателей.

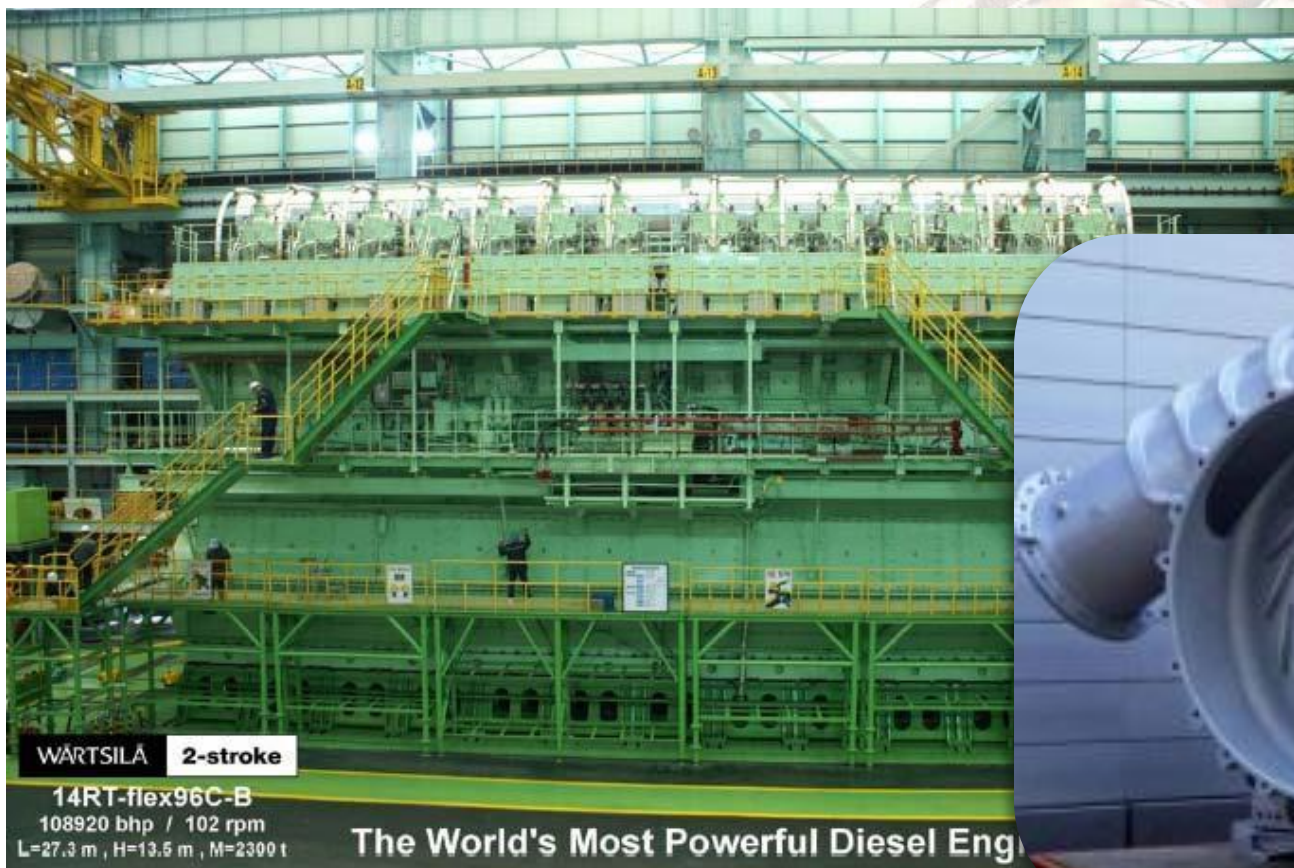




НАДДУВ СЕГОДНЯ

Агрегаты наддува имеют размеры от **25** до **2400**мм.

Частота вращения ротора составляет **10000 – 250000** об/мин.



Самый большой турбокомпрессор (диаметр **2400** мм, вес **14,5** т)



НАДДУВ СЕГОДНЯ

Фирма	Доля рыка в мире, %	Доля рынка в Европе, %
<i>Honeywell Turbo Technologies (Garret)</i>	50	58
<i>Borg Warner Turbo Systemsca</i>	23	30
<i>Ishikawajima-Harima Heavy Industries (IHI)</i>	11	8
<i>Mitsubishi Heavy Industries</i>	10	4



Модельный ряд турбокомпрессоров выпускаемых фирмой «**ABB turbocharger**»