

С. БАЛДИНЪ,

военный инженеръ, профессоръ Николаевской инженерной академіи.

Воздухоплавательные двигатели.

Курсъ офицерскаго класса Учебнаго воздухоплавательнаго парка.

Съ 113 фиг. въ текстѣ.

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,

значительно дополненное.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Усманова, Вознесенскій просп., № 47.

1910.

С. БАЛДИНЪ,

военный инженеръ, профессоръ Николаевской инженерной академіи.

Воздухоплавательные двигатели.

Курсъ офицерскаго класа Учебнаго воздухоплавательнаго парка.

Съ 113 фиг. въ текстѣ.

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
значительно дополненное.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Усманова, Вознесенскій просп., № 47.

1910.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Въ предлагаемомъ трудѣ изложены основныя свѣдѣнія объ устройствѣ и дѣйствии воздухоплавательныхъ двигателей въ ихъ современномъ состояніи, при чемъ первоначально приведены требованія, предъявляемыя къ этимъ двигателямъ, описаны наиболѣе извѣстные виды ихъ съ указаніемъ данныхъ объ ихъ мощности, размѣрахъ и вѣсѣ, далѣе—на сколько это возможно при разнообразіи типовъ воздухоплавательныхъ двигателей—произведена общая характеристика ихъ и наконецъ изложены основныя свѣдѣнія объ испытаніи двигателей.

Настоящее изданіе представляетъ переработку съ дополненіями статей, напечатанныхъ въ „Воздухоплаватель“ въ 1909 и 1910 годахъ и выпущенныхъ затѣмъ отдѣльной книгой.

С. Балдикъ.

Апрѣль 1910.

ЗАМЪЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

страница	строка	напечатано	слѣдуетъ
1	1 снизу	въ 5—6	до 4—5
33	13 сверху	фиг. 23 слѣва	фиг. 23 справа.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

Введеніе	Стр. 1
--------------------	--------

Г Л А В А I.

Требованія, предъявляемыя къ воздухоплавательнымъ двигателямъ.

§ 1. Общія замѣчанія	3
§ 2. Надежность дѣйствія.	„
§ 3. Возможность продолжительной работы	5
§ 4. Простота управленія	„
§ 5. Вѣсъ двигателя на единицу мощности	6
§ 6. Расходъ горючаго и смазки на лош. силу—часъ	11
§ 7. Равномѣрность вращенія и плавность хода двигателя.	12

Г Л А В А II.

Описаніе двигателей.

§ 8. Типы двигателей.	20
-------------------------------	----

А. Вертикальные двигатели.

§ 9. Райтъ	22
§ 10. Баяръ Клеманъ	25
§ 11. Панаръ и Левассоръ.	26
§ 12. Жипъ	31
§ 13. Гринъ	33
§ 14. Астеръ	34
§ 15. Мютель и Дансетъ	36

	Стр.
№ 16. Кертингъ	37
№ 17. Даймлеръ	38
№ 18. N. A. G.	41
№ 19. Адлеръ	45
№ 20. Палюсъ и Бейзе	48
№ 21. Прини и Берто	49

Б. Двигатели съ противоположнымъ движеніемъ поршней.

№ 22. Дютейль и Чальмерсъ	51
№ 23. Дарракъ	53
№ 24. Шнеевейсъ	55

В. Двигатели V-образнаго типа

№ 25. Антуанетъ	56
№ 26. Пипъ	64
№ 27. Рено	65
№ 28. E. N. V.	67
№ 29. Діонъ Бутонъ	71
№ 30. Кертингъ	73

Г. Двигатели звѣздообразные и вѣрообразные.

№ 31. Эсно Пельтри	75
№ 32. Фарко	81
№ 33. Эллекхаммеръ и Миллеръ	87
№ 34. Анзани	88
№ 35. Гобронъ—Брійе	91

Д. Двигатели съ вращающимися цилиндрами.

№ 36. Общія основанія устройства и дѣйствія этихъ двигателей	92
№ 37. Гномъ	94
№ 38. Бюрля	97
№ 39. Бухереръ	101
№ 40. Бекъ	103
№ 41. Бретонъ	105
№ 42. Особенности двигателей съ вращающимися цилиндрами.	106

ГЛАВА III.

Общая характеристика воздухоплавательных двигателей.

§ 43. Основные данные двигателей.	110
§ 44. Горючее и циклъ работы	116
§ 45. Число и расположение цилиндровъ	„
§ 46. Мощность двигателей.	117
§ 47. Вѣсъ, число оборотовъ, діаметръ цилиндра и ходъ поршня	118
§ 48. Карбурація и расходъ горючаго	120
§ 49. Газораспределение	121
§ 50. Воспламенение.	125
§ 51. Охлаждение	126

ГЛАВА IV.

Испытаніе двигателей.

§ 52. Общія замѣчанія.	130
§ 53. Испытанія общаго характера	„
§ 54. Испытанія спеціальнаго характера	132

Введеніе.

Быстрое развитіе техники управляемыхъ воздухоплавательныхъ аппаратовъ въ послѣднее время вызвало необходимость въ двигателяхъ соотвѣтствующаго типа. Двигателями наиболѣе, можно сказать, исключительно пригодными для разсматриваемой цѣли являются двигатели внутреннего горѣнія, а изъ нихъ бензиновые двигатели съ быстрымъ горѣніемъ смѣси горючаго съ воздухомъ. Основнымъ типомъ для современныхъ воздухоплавательныхъ двигателей послужилъ наиболѣе легкій типъ двигателей внутреннего горѣнія - двигатели автомобилей съ нѣсколькими вертикальными цилиндрами. Двигатели эти съ тѣми измѣненіями, которыя вызываються условіями дѣйствія ихъ на воздухоплавательныхъ аппаратахъ, но сохраняя—за нѣкоторыми исключеніями—общій характеръ автомобильныхъ двигателей, и примѣняются въ управляемыхъ аэростатахъ. Что же касается аэроплановъ, то болѣе строгія требованія къ этимъ двигателямъ главнымъ образомъ со стороны вѣса, приходящагося на единицу мощности, вызвали помимо внесенія соотвѣтствующихъ измѣненій въ вертикальный типъ рядъ специальныхъ конструкцій аэропланыхъ двигателей, рѣзче отличающихся отъ двигателей распространенныхъ автомобильныхъ типовъ. Однако могущее быть отмѣченнымъ въ настоящее время раздѣленіе воздухоплавательныхъ двигателей на двигатели аэростатовъ и аэроплановъ является, вообще говоря, условнымъ, зависящимъ отъ мощности и относительнаго вѣса машины. При этомъ и въ аэростатныхъ двигателяхъ, гдѣ въ наиболѣе распространенныхъ видахъ ихъ мы встрѣчаемся съ вѣсомъ въ 5--6 кгр. на силу, цифру эту также желательно

понизить, такъ какъ при средней мощности двигателя около 100 л. силъ соотвѣтствующая величина, являющаяся весьма замѣтной, сберегается въ подъемной силѣ аппарата. Что же касается различія въ мощности, то до послѣдняго времени на аэропланахъ помѣщались двигатели въ среднемъ около 40-50 л. с., теперь же для этой цѣли находятъ иногда примѣненіе двигатели и въ 100 л. с.

На основаніи только что сказаннаго мы описываемъ далѣе подъ общимъ названіемъ воздухоплавательныхъ двигателей совмѣстно двигатели аэроплановъ и управляемыхъ аэростатовъ.

Г Л А В А I.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЯ КЪ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНЫМЪ ДВИГАТЕЛЯМЪ.

§ 1. Общія замѣчанія.

Тѣ особыя условія, въ которыхъ работаютъ воздухоплавательные двигатели, отражаются соотвѣтствующимъ образомъ на конструкціи этихъ двигателей. Къ нимъ вслѣдствіе этого можетъ быть предъявленъ рядъ требованій, степень выполнения которыхъ—что можетъ быть опредѣлено путемъ правильно и систематически организованныхъ испытаній—дастъ возможность судить о пригодности даннаго двигателя для цѣлей воздухоплаванія. Въ настоящей главѣ разсматриваются тѣ главныя требованія, которыя могутъ быть поставлены воздухоплавательнымъ двигателямъ; вмѣстѣ съ тѣмъ указываются тѣ техническія средства, которыя могутъ вести къ выполненію этихъ требованій.

§ 2. Надежность дѣйствія.

Отъ каждаго воздухоплавательнаго двигателя требуется полная надежность въ дѣйствительныхъ условіяхъ установки его на воздухоплавательномъ аппаратѣ, а именно: на недостаточно жесткомъ основаніи при сравнительно большихъ углахъ наклона къ горизонту. Нѣтъ необходимости говорить о важности указаннаго требованія, получающаго особенное значеніе въ техникѣ воздушнаго передвиженія и исключительную важность въ аэропланахъ. Дѣйствительно, въ двигателяхъ аэростатовъ можетъ быть допущена *) кратковре-

*) Какъ то признается условіями состязаній.

менная остановка, вызываемая напр. необходимостью осмотра свѣчу, замѣнить ее (последнее безъ остановки двигателя) и т. п.; внезапная же остановка двигателя въ аэропланѣ можетъ оказаться крайне опасной, вслѣдствіе чего къ этимъ двигателямъ предъявляется требованіе безостановочной работы въ теченіе всего времени дѣйствія ихъ при полетѣ.

Въ томъ, насколько данный двигатель является надежнымъ, необходимо убѣдиться путемъ соотвѣтственныхъ испытаній въ условіяхъ по возможности близкихъ къ дѣйствительнымъ *). Такъ опыты показываютъ, что нѣкоторые двигатели, работающіе вполнѣ удовлетворительно на жесткомъ основаніи (въ постоянныхъ установкахъ и даже въ автомобиляхъ), оказывались неудовлетворительными въ аэропланахъ. Возможность значительныхъ наклоновъ воздухоплавательныхъ аппаратовъ къ горизонту должна быть предусмотрена въ конструкціи двигателя; наклоны эти не должны вліять замѣтно на дѣйствіе пульверизаціонныхъ карбураторовъ, иначе говоря, уровень бензина въ выходномъ отверстіи карбуратора (въ пульверизаторѣ) долженъ быть на постоянной высотѣ. То же относится и къ смазкѣ, производимой путемъ разбрасыванія масла колѣнами главнаго вала. Коробку послѣдняго при нѣсколькихъ цилиндрахъ въ двигателяхъ автомобильнаго типа (съ вертикальными цилиндрами) снабжаютъ поперечными перегородками съ тѣмъ, чтобы уровень масла по отношенію ко всѣмъ цилиндрамъ и частямъ вала былъ на одномъ и томъ же разстояніи. При этомъ смазка цилиндровъ будетъ болѣе равномерна, и не получится недостатка масла въ одномъ (выше лежащемъ въ данное время) цилиндрѣ и избытка ея въ другомъ, гдѣ могло бы произойти загрязненіе свѣчи. Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что важность правильной смазки двигателя и частей его имѣетъ слѣдствіемъ то, что въ большинствѣ двигателей применяется циркуляціонная смазка при помощи спеціальныхъ насосовъ.

Надежность работы двигателя обеспечивается возможнымъ упрощеніемъ конструкціи его и въ частности уменьшеніемъ количества частей, устраненіемъ нѣкоторыхъ ча-

*) Объ испытаніи двигателей см. ниже главу IV.

стей или примѣненіемъ одной и той же части (кулачковъ распредѣлительнаго вала или клапанныхъ рычаговъ) для приведенія въ движеніе нѣсколькихъ одинаковыхъ механизмовъ **). Но такъ какъ внесеніе подобныхъ упрощеній вліяетъ на другія свойства двигателя, то не слѣдуетъ упустить изъ виду относительнаго значенія послѣднихъ.

§ 3. Возможность продолжительной работы.

Степень продолжительности, опредѣляемая въ разсматриваемомъ случаѣ температурой частей двигателя, допускающей безпрепятственную смазку, зависитъ отъ рода аппарата. Въ то время какъ въ аэростатахъ необходимы двигатели, могущіе работать нѣсколько десятковъ часовъ, въ аэропланахъ при настоящихъ условіяхъ конструкціи ихъ продолжительность работы безъ остановки можетъ быть опредѣлена временемъ, въ теченіе котораго авіаторъ будетъ въ состояніи управлять аппаратомъ, т. е. нѣсколькими часами. Вообще же и въ этомъ случаѣ нужно поставить требованіе возможно продолжительной работы. Гарантіи въ этомъ отношеніи, даваемыя различными конструкторами, составляютъ для двигателей аэроплановъ 4—5 час.; двигатели аэростатовъ подвергаются испытаніямъ въ теченіе болѣе продолжительнаго времени (10—15 час.).

§ 4. Простота управленія.

Условіе это должно быть понимаемо въ отношеніи простоты и удобства управленія ходомъ двигателя, пуска въ ходъ и быстроты регулированія; для этого требуется извѣстная цѣлесообразность устройства и расположенія частей двигателя, сосредоточеніе рукоятей и приводовъ, что обусловливается положеніемъ двигателя на аэропланѣ или аэростатѣ. Въ частности двигатели аэроплановъ не должны требовать какого либо ухода во время дѣйствія; послѣднее условіе является вполне осуществимымъ, такъ какъ нагрузка этихъ двигателей сохраняетъ постоянную величину.

**) Тѣ же мѣры могутъ способствовать уменьшенію вѣса двигателей.

§ 5. Вѣсь двигателя на единицу мощности.

Для пониженія вѣса двигателя примѣняется цѣлый рядъ мѣръ. Нѣкоторыя изъ нихъ могутъ оказывать вредное вліяніе на прочность частей машины, на надежность дѣйствія ея, на продолжительность безостановочной работы и службы, на расходъ горючаго и т. д. Ввиду этого малый вѣсъ будетъ служить неоспоримымъ достоинствомъ двигателя лишь въ томъ случаѣ, если пониженіемъ вѣса не будутъ нарушены какія либо другія основныя условія конструкціи двигателя какъ составной части аппарата спеціальнаго значенія; такъ напр. удороженіе двигателя вслѣдствіе примѣненія въ указанныхъ цѣляхъ дорого стоящихъ матерьяловъ, въ особенности въ военныхъ аэростатахъ, отступаетъ на второй планъ; точно такъ же, если большей легкостью конструкціи --- при полной надежности двигателя --- сократится общій срокъ службы послѣдняго, то это обстоятельство, требуя въ худшемъ случаѣ наличности запаснаго двигателя, могущаго быть безъ затрудненій установленнымъ на аэропланъ, тогда, когда комерческія соображенія не являются доминирующими, также не должно служить препятствіемъ къ признанію даннаго двигателя вполне удовлетворительнымъ для разсматриваемой цѣли.

Въ цѣляхъ уменьшенія вѣса двигателя мы находимъ примѣненіе ряда разнообразныхъ мѣръ, при чемъ болѣе или менѣе удачною комбинаціей ихъ можно достигъ тѣхъ или другихъ результатовъ. Для лица, выбирающаго двигатель или производящаго испытаніе его, имѣютъ значеніе --- при равенствѣ прочихъ качествъ машины --- разумѣется, не тѣ или другія мѣры сами по себѣ, а лишь конечные результаты, ими въ совокупности достигаемые, какъ въ отношеніи пониженія вѣса въ разбираемомъ случаѣ, такъ и въ отношеніи болѣе или менѣе совершеннаго выполненія другихъ основныя требованій.

Укажемъ на мѣры, имѣющія наибольшее значеніе въ цѣляхъ пониженія вѣса двигателя *).

*) При настоящемъ перечисленіи мы не останавливаемся на средствахъ общаго значенія, каковы: наиболѣе совершенная карбурація, смазка, тщательность изготовленія частей и сборки двигателя и т. п.

а) Наиболѣе совершенное наполненіе цилиндра двигателя смѣсью горючаго съ воздухомъ, для чего необходимо позаботиться объ уменьшеніи сопротивленій впуску и выпуску газовъ. Для этого клапаны должны получить достаточно большое сѣченіе; сверхъ того расположеніе ихъ относительно карбуратора должно преслѣдовать ту же цѣль, для чего трубопроводы должны быть возможно короче, не содержать въ себѣ суженій и рѣзкихъ изгибовъ.

б) Примѣненіе хотя бы и дорогихъ, но лучшихъ по требуемымъ въ данномъ случаѣ свойствамъ матерьяловъ, напр. хромо-никелевой стали для частей, подверженныхъ значительнымъ усиліямъ, мѣди, полученной гальванопластическимъ путемъ, для рубашекъ цилиндровъ, а для частей, не подверженныхъ значительнымъ и при томъ переменнымъ напряжениямъ, матерьяловъ наиболѣе легкихъ (алюминій).

Уменьшеніе вѣса шатуна и колѣнъ вала при матерьялѣ лучшаго качества будетъ имѣть слѣдствіемъ уменьшеніе силъ инерціи при движеніи этихъ частей, а слѣдовательно увеличить плавность хода двигателя.

в) Помимо выбора соотвѣтствующихъ матерьяловъ для тѣхъ или другихъ частей двигателя уменьшеніе вѣса послѣдняго соотвѣтствующей конструкціей и обработкой ихъ. Такъ напр., отливая стѣнки цилиндра отдѣльно отъ рубашки его и подвергая ихъ обточкѣ, возможно придать имъ меньшую толщину по сравненію со стѣнками цилиндра, отливаемыми за одно цѣлое съ рубашкой, когда вслѣдствіе неточностей въ формовкѣ стѣнки въ нѣкоторыхъ мѣстахъ могутъ получить меньшую толщину, что заставляеть намѣренно увеличить соотвѣтствующій размѣръ. Обработка можетъ позволить сверхъ того обнаружить случайные пороки въ матерьялѣ.

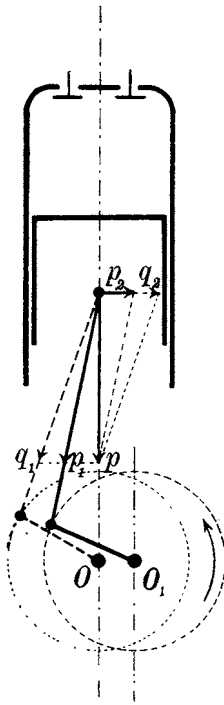
Въ воздухоплавательныхъ двигателяхъ съ рассматриваемой цѣлью—облегченія конструкціи находятъ частое примѣненіе пустотѣлые (высверленные) валы, внутреннимъ каналомъ которыхъ къ тому же можно воспользоваться для подведенія смазки къ подшипникамъ, трубчатые шатуны и стержни въ механизмѣ газораспредѣленія, высверливаніе отверстій въ частяхъ рычаговъ и стержней близкихъ къ оси той или другой части (шатуны двигателя N A. G., § 18), въ

ребрахъ цилиндровъ, охлаждаемыхъ воздухомъ (двигатель JAP) и т. д.

г) Такое распредѣленіе дѣйствующихъ усилій въ частяхъ двигателя, при которомъ напряженія, въ нихъ вызываемыя, испытывали бы возможно меньшія колебанія. Это можетъ быть получено напр. въ частяхъ вала двигателя при дѣйствіи нѣсколькихъ соотвѣтственнымъ образомъ расположенныхъ шатуновъ на одно и то же колѣно вала. Дѣло въ томъ, что давленія газовъ, работающихъ въ цилиндрѣ двигателя, производимыя ими на поршень и передаваемыя далѣе на валъ посредствомъ шатуна, претерпѣваютъ значительныя измѣненія—отъ нуля до извѣстнаго максимума при чемъ продолжительность послѣдняго составляетъ относительно весьма небольшую часть всего періода работы газовъ. Та или другая часть двигателя, рассчитанная по этому наибольшему усилію, въ среднемъ будетъ напряжена значительно меньше, слѣдовательно будетъ имѣть размѣры и вѣсъ значительно больше вызываемыхъ средними усиліями.

Соотвѣтственной комбинаціей частей двигателя напр., какъ упоминалось, дѣйствіемъ нѣсколькихъ шатуновъ на одно и то же колѣно вала результирующее усиліе въ этомъ колѣнѣ можетъ быть получено сравнительно мало измѣняющимся.

Съ той же цѣлью въ нѣкоторыхъ двигателяхъ можно встрѣтить смѣщеніе оси цилиндровъ по отношенію оси главнаго вала. При подобномъ смѣщеніи въ соотвѣтствующую сторону уменьшаются боковыя давленія со стороны поршня (при рабочемъ ходѣ) на стѣнку цилиндра, какъ то можно видѣть изъ схемы въ (фиг. 1, гдѣ давленіе газовъ на поршень, разлагаясь на силы по направленію шатуна и по направленію нормальному къ стѣнкамъ цилиндра (p_1 и p_2), при смѣщенной оси даетъ нормальное давленіе p_2 , а при отсутствіи смѣщенія при разложеніи на q_1 и q_2 мы получаемъ $q_2 > p_2$. При



Фиг. 1.

этомъ оказывается возможнымъ, сохраняя давленіе на 1 кв. см. постояннымъ, уменьшить длину поршня, а вмѣстѣ съ тѣмъ и шатуна, а слѣдовательно облегчить ихъ и укоротить двигатель.

Что касается самой величины напряженій, допускаемыхъ для даннаго матерьяла въ воздухоплавательныхъ двигателяхъ, и размѣровъ частей, то здѣсь въ этомъ отношеніи слѣдуетъ быть болѣе осторожнымъ, такъ какъ рассматриваемые двигатели въ отличіе отъ двигателей постоянныхъ установокъ и автомобильныхъ все время работаютъ, вообще говоря, при полной нагрузкѣ, слѣдовательно при наибольшихъ напряженіяхъ въ частяхъ, при наибольшихъ температурѣ и треніи въ нихъ. Имѣя въ виду поелѣднее, слѣдуетъ быть осторожнымъ въ назначеніи величинъ давленій на кв. единицу трущихся поверхностей.

д) Значительное число оборотовъ вала двигателя, причемъ объемъ каждаго цилиндра используется большее число разъ въ минуту. Не слѣдуетъ однако упускать изъ виду того, что съ увеличеніемъ числа оборотовъ возрастаютъ сопротивленія впуску и выпуску, при чемъ далѣе извѣстнаго предѣла повышенія скорости вращенія мощность двигателя не только начинаетъ возрастать слишкомъ медленно, но даже можетъ начать убывать. Обстоятельство это заставляетъ обратить особенное вниманіе на сказанное въ п. а. Предѣлъ увеличенія числа оборотовъ иногда устанавливается средней скоростью движенія поршня, но въ первыхъ величины скоростей, до которыхъ доходятъ теперь (до 5—6 и даже 8 м/сек.), значительно возросли, а въ вторыхъ скорость эту при данной вмѣстимости цилиндра, опредѣляющей объемъ впускаемой въ него смѣси и доставляемой этой смѣсью работы, можно понизить уменьшеніемъ отношенія хода поршня къ діаметру цилиндра, т. е. брать двигатели съ болѣе короткими цилиндрами, что само по себѣ уменьшаетъ вѣсъ двигателя, но отзывается, вообще говоря, вредно на расходѣ горючаго матерьяла.

Если увеличеніе— до извѣстныхъ предѣловъ— числа оборотовъ двигателя содѣйствуетъ уменьшенію вѣса его при данной мощности, то съ другой стороны при винтахъ, вращающихся относительно медленно, является необходимость включенія передачъ между двигателемъ и винтомъ, что уве-

личиваетъ вѣсъ установки и вызываетъ извѣстныя затраты энергій.

е) Примѣненіе для данной цѣли легкихъ конструкцій, напр. воспламененія при помощи свѣчъ вмѣсто воспламенителей низкаго напряженія съ контактомъ въ цилиндрѣ, которые содержатъ большее количество рычаговъ. Отчасти по тѣмъ же соображеніямъ иногда въ аэропланнхъ двигателяхъ *) можно встрѣтить автоматическіе впускные клапаны вмѣсто управляемыхъ. Если мы однако припомнимъ типичныя свойства подобныхъ клапановъ **), главнымъ образомъ измѣненіе мощности двигателя съ измѣненіемъ числа оборотовъ, то при числахъ оборотовъ, встрѣчающихся въ аэропланнхъ двигателяхъ, едва ли возможно рассчитывать на увеличеніе отношенія мощности къ вѣсу двигателя, и причину примѣненія самодѣйствующихъ клапановъ можно скорѣе видѣть въ необходимости откинуть передаточныя части въ нѣкоторыхъ специальныхъ конструкціяхъ двигателей. Примѣненіе самодѣйствующихъ клапановъ будетъ рационально лишь въ томъ случаѣ, если данный механизмъ для управления клапанами самъ по себѣ не будетъ возмѣщать того уменьшенія мощности, которое будетъ слѣдствіемъ примѣненія автоматическихъ клапановъ.

ж) Устраненіе всѣхъ лишнихъ частей въ конструкціи двигателя, напр. крышекъ, предохраняющихъ зубчатки и др. части отъ грязи и пыли, для чего условія работы воздухоплавательныхъ двигателей представляются благоприятными, замѣна двухъ распределительныхъ валовъ однимъ и т. д.

Большей частью въ аэропланнхъ двигателяхъ откидываются шумоглушитель и выпускныя трубы, что помимо облегченія двигателя увеличиваетъ полезное дѣйствіе его, но выходящіе продукты горѣнія не должны, разумѣется, беспокоить воздухоплателя и мѣшать наблюденію за двигателемъ. Далѣе нерѣдко число подшипниковъ въ главномъ валу уменьшаютъ, помѣщая между ними по два колѣна. Если валъ съ подшипниками между каждымъ колѣномъ является болѣе надежнымъ въ силу самой конструкціи, то нѣтъ основаній категорически высказаться при правильномъ проектирова-

*) развивающихъ въ одномъ цилиндрѣ силъ до 6.

***) С. Балдинъ, Двигатели внутренняго горѣнія, 1909, изд. 2 стр. 80.

ніи противъ двигателей съ меньшимъ числомъ опоръ въ главномъ валу.

з) Уменьшеніе вредныхъ сопротивленій въ механизмѣ двигателя, что, уменьшая потерю работы, позволитъ взять двигатель меньшей мощности въ цилиндрѣ при заданной полезной мощности его и такимъ образомъ уменьшить вѣсъ его.

и) Примѣненіе вмѣсто водяного энергичнаго воздушнаго охлажденія, при чемъ необходимо позаботиться о возможно тѣсномъ соприкосновеніи охлаждающаго воздуха со стѣнками цилиндровъ. Для этой цѣли послѣдніе заключаются иногда въ оболочку, направляющую соотвѣтственнымъ образомъ воздухъ. Указывая на эту мѣру, замѣтимъ, что полная выгодность примѣненія ея можетъ подвергнуться нѣкоторымъ сомнѣніямъ. Дѣйствительно вентиляторы, образующіе токъ воздуха около цилиндровъ, поглощаютъ извѣстную и при томъ замѣтную часть всей работы двигателя *); вслѣдствіе увеличенія мощности двигателя увеличится и вѣсъ его, а также и вѣсъ топлива, при чемъ увеличеніе вѣса этого рода можетъ покрыть собою экономію въ вѣсѣ частей системы воздушнаго охлажденія по сравненію съ охлажденіемъ водянымъ **). Замѣнивъ водяное охлажденіе воздушнымъ, откинуть вентиляторъ и другія принадлежности послѣдняго можно лишь въ двигателяхъ съ вращающимися цилиндрами.

Для удовлетворительнаго дѣйствія воздушнаго охлажденія ставится часто требованіе, котораго не слѣдуетъ упустить изъ виду, наименьшей скорости движенія двигателя, составляющей около 12 м./сек. (ок. 45 км./часъ).

§ 6. Расходъ горючаго и смазки на лош. силу—часъ.

Въ установкахъ промышленнаго характера уменьшеніе расхода горючаго матеріала и смазки на единицу мощности

*) такъ напр., въ одномъ изъ двигателей Рено мощностью около 50 л. с. вентиляторъ воздушнаго охлажденія требовалъ 4 л. с., т. е. 8% мощности.

**) Въ видѣ примѣра (частнаго, но не общаго значенія) можно указать, что снабженіе двигателей Анзани водянымъ охлажденіемъ увеличиваетъ вѣсъ ихъ приблизительно на 10%.

имѣть главнымъ образомъ экономическое значеніе. Въ воздухоплавательныхъ двигателяхъ уменьшеніе расхода топлива важно для уменьшенія вѣса его и резервуаровъ въ цѣляхъ облегченія воздухоплавательнаго аппарата и увеличенія продолжительности полета послѣдняго безъ необходимости пополненія запасовъ горючаго, а въ связи съ этимъ для увеличенія разстоянія между питательными пунктами при установленіи воздушныхъ рейсовъ.

Въ цѣляхъ экономіи въ горючемъ можетъ служить увеличеніе сжатія смѣси передъ воспламененіемъ ея, что вслѣдствіе повышенія давленія въ концѣ горѣнія требуетъ соотвѣтственнаго увеличенія размѣровъ частей двигателя и установленія болѣе равномерной температуры камеры сжатія и исключенія возможности мѣстныхъ нагрѣваній, могущихъ вызвать преждевременное воспламененіе смѣси. На правильность всего цикла работы газовъ и на полезную отдачу его значительное вліяніе имѣетъ правильная установка газораспредѣленія, заключающаяся въ своевременномъ открываніи и закрываніи клапановъ.

§ 7. Равномѣрность вращенія и плавность хода двигателя.

Равномѣрность вращенія двигателя численно выражается, какъ извѣстно, коэффициентомъ неравномѣрности, представляющимъ отношеніе разности наибольшей и наименьшей скорости какой либо точки, неподвижно связанной съ валомъ двигателя, къ средней скорости той же точки за одинъ циклъ работы газовъ въ двигателѣ. О томъ же факторѣ можно судить и по характеру измѣненія момента вращенія вала двигателя, при чемъ при постоянствѣ угловой скорости вращенія моментъ этотъ будетъ также постояннымъ.

Практика воздухоплаванія не дала пока достаточно точныхъ данныхъ относительно требуемой или точнѣе наименьшей допустимой степени равномѣрности вращенія двигателей воздухоплавательныхъ аппаратовъ. Лишь въ условіяхъ одного изъ конкурсовъ 1910 г. мы встрѣчаемъ требованіе коэффициента неравномѣрности не болѣе $\frac{1}{70}$.

Было бы весьма желательно установить наименьшій предѣлъ для равномѣрности вращенія, чтобы затѣмъ найти невыгоднѣйшую комбинацію частей двигателя, винта и пере-

даци. если послѣдняя включается между двигателемъ и винтомъ. Малая равномерность вращенія, не требуя маховика, слѣдовательно облегчая собственно двигатель, имѣетъ слѣдствиемъ большія колебанія вращающихся валъ (и винтъ) усилій и соотвѣтствующихъ имъ моментовъ вращенія; въ обратномъ случаѣ увеличивается вѣсъ двигателя (при опредѣленномъ числѣ и расположеніи цилиндровъ), но за то могутъ быть облегчены винтъ и передача, рассчитанные на меньшія, ближе подходящія къ среднимъ, условія.

Имѣя въ виду только что изложенныя соображенія, которыми указывается потребность въ извѣстныхъ подсчетахъ и испытаніяхъ двигателей, мы въ настоящемъ случаѣ приведемъ діаграммы, указывающія, какъ измѣняются усилія, вращающія валъ двигателя, при различномъ числѣ и расположеніи цилиндровъ и при нѣкоторыхъ среднихъ данныхъ, относящихся къ двигателю: индикаторной діаграммѣ, среднимъ значеніи силъ инерціи, и т. п.

Способы построенія подобныхъ діаграммъ касательныхъ усилій, указываются въ курсахъ двигателей внутренняго горѣнія и паровыхъ машинъ. Въ настоящемъ случаѣ мы приводимъ діаграммы усилій, вращающихъ валъ, ввиду того, что діаграммы эти во многихъ типахъ воздухоплавательныхъ двигателей, благодаря своеобразному расположенію цилиндровъ и числу послѣднихъ, получаютъ характеръ, отличный отъ двигателей постоянныхъ установокъ.

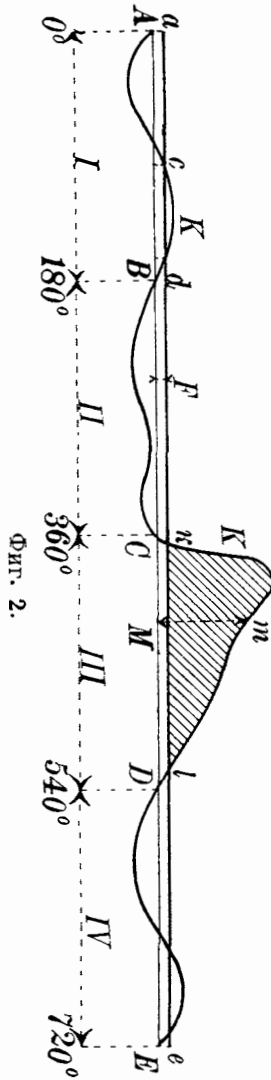
Что касается расчета маховика, то въ данномъ случаѣ (въ воздухоплавательныхъ аппаратахъ) должно быть принято во вниманіе и вліяніе инерціи частей самаго аппарата и родъ нагрузки (сопротивленіе воздуха), что должно, вообще говоря, уменьшить вѣсъ маховика по сравненію съ двигателемъ постоянной установки.

Въ фиг. 2 представлена діаграмма касательныхъ усилій для одного цикла работы, т. е. для четырехъ ходовъ, четырехтактнаго одноцилиндроваго двигателя.

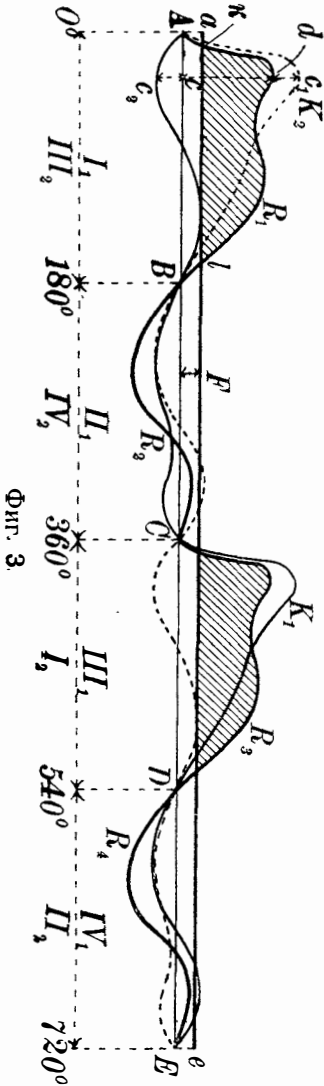
Согласно принятому, по оси абсцисъ отложены выпрямленныя части окружности, описываемой колѣномъ вала, а по оси ординатъ дѣйствующія на колѣно усилія, приходящіяся на 1 кв. см. площади поршня, выраженныя слѣдовательно въ кгр./см².

Какъ извѣстно, алгебраическая сумма площадей, заключающихся между осью абсцисъ и построенной кривой, выражаетъ работу, полученную на валу двигателя. Работа эта равна работѣ постояннаго полезнаго сопротивленія, величина

котораго опредѣляется ординатой F прямой ae , параллельной оси абсцисъ, а работа его площадью прямоугольника $AaeE$. Наибольшая разность двухъ этихъ площадей равна площади



Фиг. 2.



Фиг. 3.

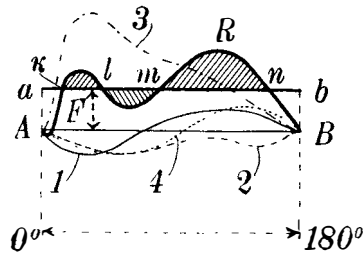
$T = kml$; последняя указывает ту живую силу, которая будет накоплена въ частяхъ передаточнаго механизма, принимающихъ участіе во вращательномъ движеніи и выража-

ющуюся, какъ извѣстно, соотвѣтственнымъ измѣненіемъ скорости вращенія ихъ. Чѣмъ эта площадь больше, тѣмъ при равенствѣ массъ вращающихся частей менѣе равномернымъ будетъ вращеніе машины.

Для каждого частнаго случая не трудно найти численное значеніе величины указанной площади и вычислить по ней для требуемой равномерности вращенія вѣсъ маховика (который пропорціоналенъ при прочихъ равныхъ условіяхъ величинѣ площади T) или при данномъ маховикѣ опредѣлить коэффициентъ неравномерности вращенія.

Фиг. 3 относится къ двуцилиндровому двигателю съ колѣнами подѣ угломъ въ 0° (или 360° *) Такъ какъ въ этомъ случаѣ при разницѣ въ фазахъ работы ровно въ два такта третьему періоду въ первомъ цилиндрѣ отвѣчаетъ первый періодъ во второмъ цилиндрѣ, то остается наложить одну на другую двѣ діаграммы фиг. 2, сдвинувъ ихъ на 360° (2 хода поршня (кривыя K_1 и K_2 —сплошная и пунктирная), и сложить алгебраически ординаты ихъ; мы получимъ кривую $R_1 R_2 R_3 R_4$.

При построеніи діаграммы фиг. 3 работа, получаемая въ каждомъ изъ цилиндровъ, предполагалась одинаковой съ работой въ фиг. 2; такимъ образомъ мощность двигателя пропорціональной числу цилиндровъ. Ввиду этого величина полезнаго сопротивленія F взята вдвое большей. Каждая изъ заштрихованныхъ площадокъ, пропорціональная по прежнему вѣсу маховика, здѣсь меньше соотвѣтствующей площадки въ фиг. 2; такимъ образомъ двуцилиндровый двигатель вдвое большей мощности требуетъ маховика по вѣсу меньшаго нежели одноцилиндровый двигатель.



Фиг. 4.

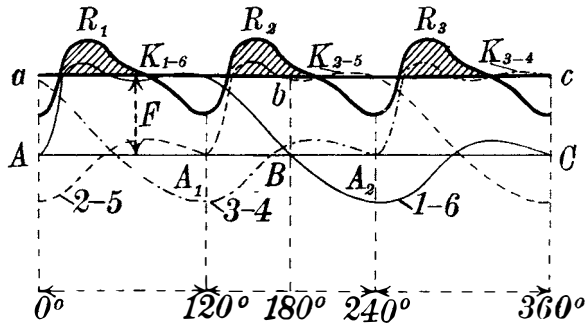
Въ фиг. 4 имѣемъ діаграмму для четырехцилиндроваго двигателя съ осями колѣнъ главнаго вала, лежащими въ

*) Эта же діаграмма относится и къ двуцилиндровымъ двигателямъ съ противоположнымъ движеніемъ поршней (Дарракъ, Дютейль и Чальмерсъ и др.)

одной плоскости и образующими попарно углы въ 180° *). Въ діаграмѣ по оси абсцисъ отложена лишь половина окружности, описываемой колѣномъ, что соотвѣтствуетъ одному ходу поршня. При указанномъ положеніи колѣнъ касательныя усилія будутъ періодически повторяться черезъ полъ-оборота вала. Кривыя, относящіяся къ каждому изъ четырехъ цилиндровъ, обозначены соотвѣтственно цифрамъ 1, 2, 3, 4 и вычерчены различными линиями. Заштрихованная площадка здѣсь уменьшается еще болѣе.

Діаграмма фиг. 5 относится къ шестицилиндровому двигателю съ колѣнами вала, лежащими попарно въ трехъ плоскостяхъ, образующихъ между собою углы въ 120° **).

Разница въ процессахъ для совпадающихъ въ своемъ движеніи колѣнъ, принадлежащихъ соотвѣтственно цилиндрамъ: 1 и 6, 2 и 5, 3 и 4, составляетъ 360° (или 2 періода).



Фиг. 5.

Если цилиндры въ числѣ восьми расположены въ видѣ буквы V, а процессы протекаютъ согласно схемѣ въ двигателѣ Антуанетъ и др., то придется двѣ діаграммы фиг. 4 наложить одну на другую, сдвинувъ ихъ по оси абсцисъ на длину, отвѣчающую четверти оборота вала. Мы получимъ діаграмму, изображенную въ фиг. 6. Избытокъ площади движущихъ усилій (заштриховано) здѣсь немного меньше соотвѣтствующей площади для четырехцилиндроваго двигателя, но кромѣ того въ данномъ случаѣ мы имѣемъ двигатель вдвое большей мощности.

*) Двигатели автомобильнаго типа (вертикальные).

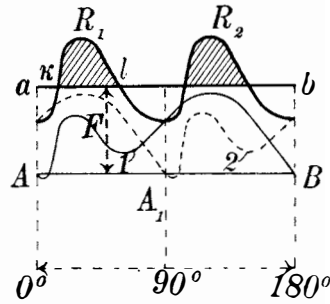
**) Шестицилиндровые двигатели управляемыхъ аэростатовъ.

Кривая для восьмицилиндроваго двигателя показываетъ, что съ точки зрѣнія равномерности было бы выгодноѣе обѣ группы по четыре цилиндра поставить другъ къ другу подѣ угломъ больше или меньше прямого съ тѣмъ, чтобы выступающія части равнодѣйствующей кривой въ фиг. 4 совпали съ наименьшими значеніями ординатъ ея.

Наконецъ фиг. 7 и 8 представляютъ діаграммы касательныхъ силъ двигателей съ числомъ цилиндровъ соотвѣтственно въ числѣ трехъ и пяти и съ звѣздообразнымъ расположеніемъ ихъ и колѣнъ вала подѣ углами $360^\circ/3$ и $360^\circ/5$.

Изъ приводимыхъ фигуръ не трудно видѣть, какъ избытокъ площади движущихъ усплій измѣняется для того или другого типа двигателя. Мы видимъ напр., что при четырехцилиндровомъ двигателѣ мощности вчетверо превышающей мощность одноцилиндроваго двигателя, маховикъ можетъ быть легче приблизительно въ три раза (а при той же мощности будетъ составлять около 0,1 по вѣсу). При восьми цилиндрахъ въ V-образныхъ двигателяхъ оказывается возможнымъ, какъ то показываетъ практика, обойтись уже безъ маховика. Такимъ образомъ типъ этотъ позволяетъ использовать металл болѣе производительно.

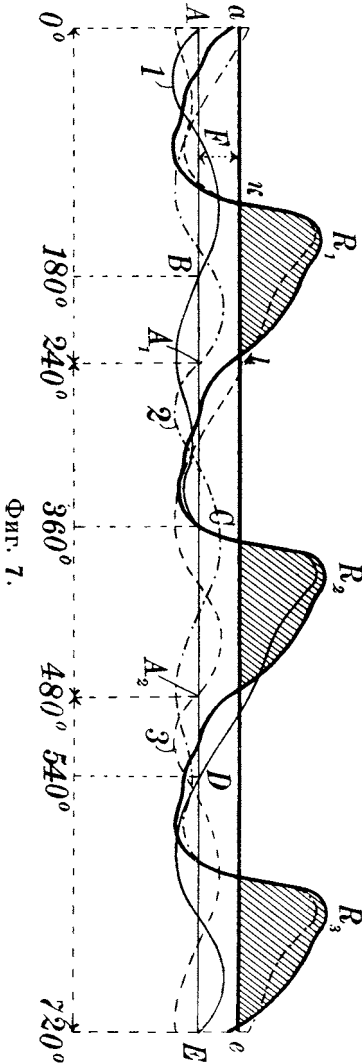
Плавность хода двигателя (отсутствие сотрясеній и колебаній, вызываемыхъ ударами въ сочлененіяхъ и всѣми слѣдствіями, являющимися результатомъ различно направленныхъ силъ инерціи перемѣщающихся частей двигателя) принадлежитъ къ числу важныхъ обстоятельствъ въ конструкціи легкихъ двигателей. Вопросъ этотъ, оцѣниваемый наилучшимъ образомъ путемъ испытаній, весьма сложенъ и представляется пока недостаточно практически изученнымъ даже въ примѣненіи къ двигателямъ постоянныхъ установокъ, не говоря о двигателяхъ воздухоплавательныхъ, гдѣ на колебанія и сотрясенія въ воздухоплавательномъ аппаратѣ, вліяютъ: самый аппаратъ, свойства подвижной опоры



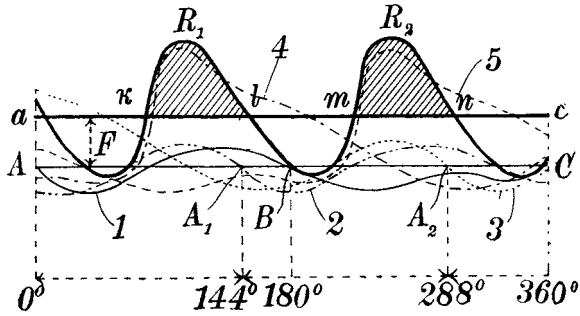
Фиг. 6.

воздуха, способъ установки двигателя, тщательность изготовления и пригонки всѣхъ частей и т. д.

Въ томъ случаѣ, когда оси всѣхъ цилиндровъ лежатъ въ одной плоскости, перпендикулярной къ оси главнаго вала (звѣздообразные двигатели), при симметричномъ расположеніи частей двигателя всѣ колебанія также будутъ совершаться въ этой плоскости. При другомъ расположеніи цилиндровъ возникаютъ колебанія двигателя въ различныхъ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ ось главнаго вала. При прочихъ равныхъ условіяхъ (при одинаковыхъ силахъ) величина момента пары, стремящагося повернуть ось двигателя, какъ только что указано, въ направленіи къ ней перпендикулярномъ, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше будетъ разстояніе между осями цилиндровъ, т. е. чѣмъ больше будетъ разстояніе (плечо) между силами, образующими пару. Стремленіе уменьшить это плечо мы находимъ въ описываемыхъ ниже двигателяхъ Фарко, Дютейля и Чальмерса и др. Полное уничтоженіе указаннаго момента находимъ для цилиндровъ, дѣйствующихъ на одно и то же колѣно вала, въ двигателяхъ Діона — Бутона (§ 29) и Анзани (§ 34).



Въ дополненіе къ перечисленнымъ условіямъ, относящимся къ воздухоплавательнымъ двигателямъ, можно указать на специальное требованіе къ двигателямъ аэростатовъ, касающееся полной безопасности двигателя въ пожарномъ отношеніи; условіе это относится къ резервуарамъ съ бензиномъ, къ частямъ системы воспламененія и къ отрабо-



Фиг. 8.

тавшимъ газомъ, удаляемымъ изъ цилиндровъ двигателя. Температуру этихъ газовъ иногда стараются понизить возможно болѣе, для чего примѣняютъ водяное охлажденіе соответствующихъ частей установки; шумоглушители же помѣщаютъ возможно дальше отъ аэростата.

Г Л А В А П.

О П И С А Н І Е Д В И Г А Т Е Л Е Й.

§ 8. Типы двигателей.

Виды воздухоплавательныхъ и въ частности аэроплан-ныхъ двигателей, сильно уклонившихся въ нѣкоторыхъ образцахъ ихъ отъ общаго типа двигателей автомобиль-ныхъ, являются весьма разнообразными, какъ по общему устройству, такъ и по деталямъ конструкціи. Въ зависи-мости отъ того признака, который будетъ положенъ въ ос-нованіе класификаціи двигателей, мы получимъ ту или дру-гую группировку послѣднихъ. Остановиваясь на подраздѣ-леніи двигателей на группы по общему расположенію ци-линдровъ, мы должны указать, что расположеніе цилин-дровъ характеризуетъ описываемые двигатели во многихъ отношеніяхъ, какъ напр. относительно направленій дѣй-ствующихъ силъ, колебаній двигателя около различныхъ осей, способовъ устройства валовъ для системы газораспре-дѣленія, смазки и т. п.

Предѣльными -- въ принятой класификаціи -- типами су-ществующихъ воздухоплавательныхъ двигателей являются: 1) многоцилиндровый (обыкновенно—четырёхъ цилиндровый) двигатель съ цилиндрами *), лежащими въ одной плоскости, *проходящей черезъ геометрическую ось главнаго вала или ей параллельной*. Цилиндры ставятся или рядомъ въ верти-кальной плоскости, подобно принятому въ автомобильныхъ двигателяхъ-- таковы напр. аэропланные двигатели Райта, Рено, Панаръ и Левассоръ, Вивинусъ, а также почти всѣ

*) Точнѣе—съ осями цилиндровъ.

за малыми исключеніями двигатели аэростатовъ, или по различнымъ сторонамъ вала, при чемъ помѣщаются при этомъ въ горизонтальной плоскости—двигатель Дютейля и Чальмерса и Даррака.

2) Двигатель съ расположеніемъ цилиндровъ (звѣздообразно, радіально) въ одной плоскости, *перпендикулярной къ оси главнаго вала*. Таковы: двигатель Фарко съ цилиндрами въ горизонтальной плоскости или съ вертикальнымъ валомъ, двигатель Эсно-Пельтри (въ его основной теоретической конструкціи) съ цилиндрами въ вертикальной плоскости, трехцилиндровый двигатель Анзани съ цилиндрами подъ углами въ 60° и двигатели съ цилиндрами, вращающимися въ вертикальной или горизонтальной плоскости.

Сюда же можетъ быть отнесенъ двигатель Гобронъ-Бриё съ цилиндрами въ двухъ взаимноперпендикулярныхъ плоскостяхъ; такъ какъ въ каждой они находятся (по два) и по ту, и по другую сторону вала, то получается форма креста (андреевскаго вслѣдствіе наклона осей цилиндровъ къ горизонту).

Другіе типы двигателей являются промежуточными, при чемъ въ нихъ цилиндры образуютъ группы, находящіяся въ той или другой изъ указанныхъ плоскостей; въ двигателяхъ Антуанетъ, Рено, Пипъ, Е. N. V, Дюнъ-Бутонъ группы цилиндровъ по четыре, лежащія въ двухъ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ ось вала, образуютъ между собою уголъ въ 90° съ наклономъ къ вертикали въ 45° (въ видѣ буквы V).

Въ дальнѣйшемъ описаніи двигателей мы подраздѣлимъ ихъ согласно намѣченной класификаціи по расположенію цилиндровъ на слѣдующія группы:

- 1) Двигатели вертикальные (автомобильнаго типа).
- 2) Двигатели съ противолежащими цилиндрами.
- 3) Двигатели V—образные.
- 4) Двигатели звѣздообразные.
- 5) Двигатели съ вращающимся цилиндрами.

Двигатели, примѣняемые въ настоящее время на аэростатахъ, имѣютъ за небольшимъ числомъ двигателей V—образнаго типа вертикально расположенные цилиндры. Двигатели эти будутъ описаны въ числѣ другихъ двигателей соответствующаго вида.

Мы совершенно не касаемся вопроса о двигателяхъ вну-

трянного горѣнія турбинныхъ, такъ какъ пока нельзя указать на какую либо технически пригодную конструкцію подобнаго двигателя не только въ примѣненіи къ воздухоплаванию, но и для какого либо другого назначенія.

Замѣтимъ здѣсь, что значительное большинство наиболѣе извѣстныхъ двигателей французскаго происхожденія и строятся во Франціи. Далѣе слѣдуетъ Германія съ нѣсколькими двигателями преимущественно для аэростатовъ. Двигатель Fiat извѣстной итальянской фабрики автомобилей, Пипъ и Вивинусъ—бельгійскаго происхожденія.

Данныя, относящіяся къ отдѣльнымъ типамъ воздухоплавательныхъ двигателей, пока недостаточно полны; вслѣдствіе этого дальнѣйшее описаніе того или другого двигателя содержитъ большія или меньшія подробности. Указаніемъ послѣднихъ имѣется въ виду не столько обратить вниманіе специально на данный образецъ, сколько вообще охарактеризовать тѣ средства и конструктивные приемы, которые находятъ примѣненіе въ двигателяхъ воздухоплавательныхъ аппаратовъ и отличаютъ ихъ отъ другихъ легкихъ типовъ двигателей *).

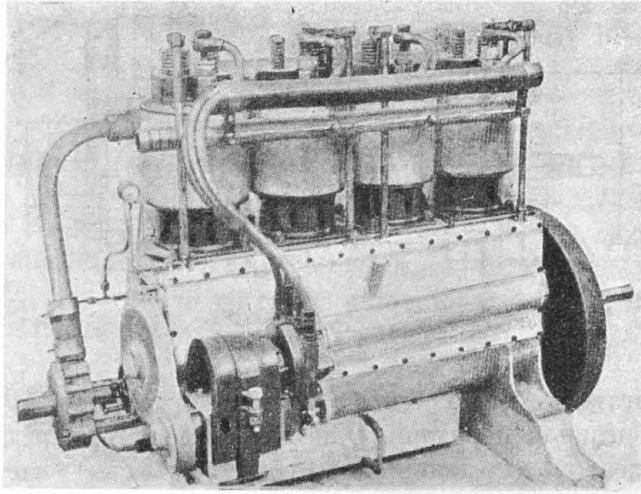
А. Вертикальные двигатели.

§ 9. Райтъ (*Wright*).

Двигатель Райта, построенный заводомъ Барриканъ и Марръ (*Barriquand et Marre*), по общему расположенію одинаковъ съ автомобильными двигателями (фиг. 9—12, гдѣ представлена одна изъ первыхъ конструкцій двигателя; размеры въ мм.). Онъ состоитъ изъ четырехъ вертикальныхъ цилиндровъ, отлитыхъ изъ чугуна. Рубашки цилиндровъ, служащія для водяного охлажденія стѣнокъ послѣднихъ

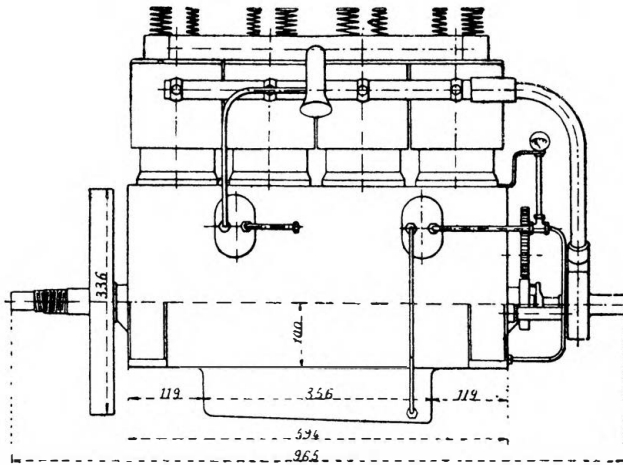
*) Описанія двигателей были помѣщены преимущественно въ періодической литературѣ въ журналахъ: *L'aerophile*, *La revue aérienne*, *La vie automobile*, *L'automobile*, *L'aéronaute*. *L'encyclopédie de l'aviation*, *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* (ст. *Rumpler's* №№ 12—15 1909 г.), *Illustrierte Aeronautische Mitteilungen*, *Aeronautics*. *L'aviatore italiano*, *Воздухоплаватель*, *Инженеръ*, *A. Vorreiter*, *Wotoren für Luftschiffe und Flugapparaten*, 1910.

изготовлены изъ алюминія. Тотъ же металлъ примѣненъ для коробки вала. Шатуны сдѣланы изъ стальныхъ трубокъ.



Фиг. 9.

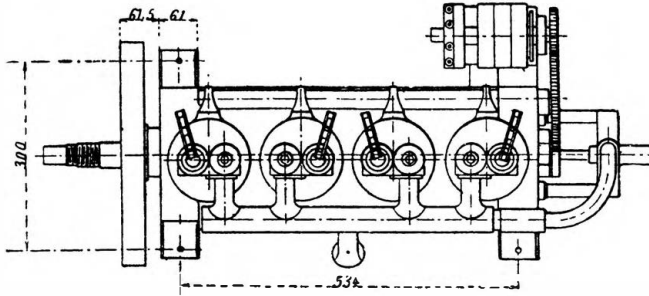
Впускные клапаны въ первыхъ двигателяхъ Райта авто-



Фиг. 10.

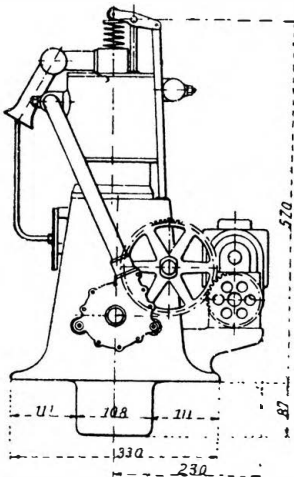
матическіе; выпускные, расположенные вверху рядомъ съ впускными, управляются посредствомъ стержней отъ распре-

дѣлительнаго вала. Горючее подается насосомъ. На чертежахъ видно расположение трубопроводовъ для охлажденія и смазки.

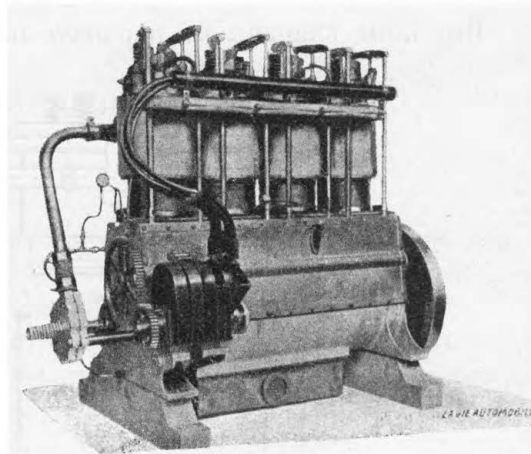


Фиг. 11.

Двигатель приводитъ во вращеніе два винта посредствомъ цѣпной передачи. Одна изъ передачъ перекрестная (цѣпи лежатъ въ стальныхъ трубкахъ) съ тѣмъ, чтобы вращеніе винтовъ происходило въ различныхъ направленіяхъ



Фиг. 12.



Фиг. 13.

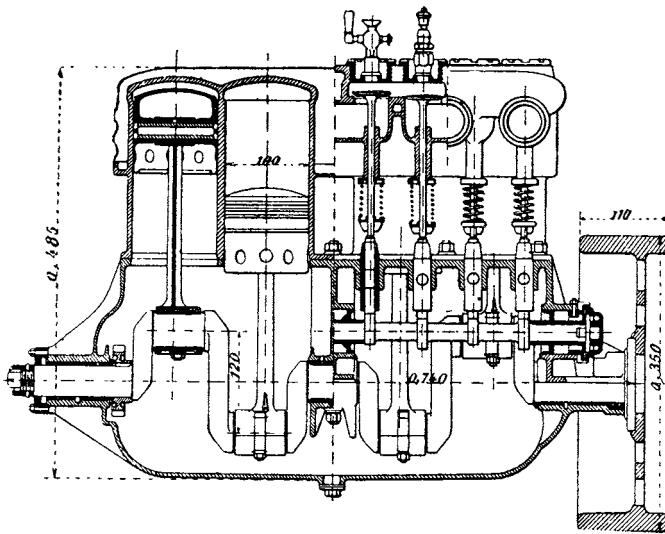
Основныя данныя, относящіяся къ только что описанному двигателю, равно какъ и къ двигателямъ, разсматриваемымъ далѣе, собраны въ таблицѣ § 43.

Новая конструкція двигателя Райта изображена въ (фиг. 13).

Отличіе этого двигателя заключается въ управляемыхъ впускныхъ клапанахъ. Всѣ клапаны, какъ видно изъ рисунка, помѣщаются въ головѣ цилиндра и приводятся въ движеніе механизмомъ изъ стержня и двуплечаго рычага.

§ 10. Баяръ-Клеманъ (*Bayard-Clément, Levallois, Франція*).

Двигатель Баяръ-Клеманъ (фиг. 14 и 15) имѣетъ четыре вертикальныхъ отлитыхъ изъ стали цилиндра съ головами изъ чугуна и съ отдѣльными мѣдными рубашками. Клапаны расположены съ одной стороны цилиндровъ (а въ нѣкоторыхъ типахъ двигателей съ двухъ сторонъ). Главный валъ

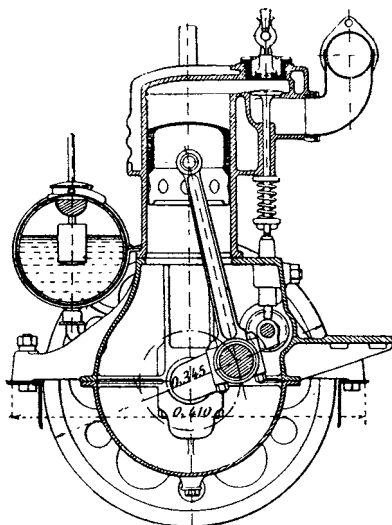


Фиг. 14

лежитъ на трехъ подшипникахъ. Карбураторъ пульверизаціонный съ дополнительнымъ автоматическимъ впускомъ воздуха. Смазка производится посредствомъ зубчатого насоса. Воспламененіе высокаго напряженія при помощи магнитнаго индуктора а при пускѣ въ ходъ посредствомъ аккумуляторовъ, для чего имѣются отдѣльныя свѣчи.

Двигатель этотъ устанавливается на управляемыхъ аэростатахъ фирмы Баяръ-Клеманъ.

Кромѣ описаннаго двигателя Клеманъ строить двигатели, назначаемые для аэроплановъ, мощностью 40 л. силъ; устройство ихъ сходно съ только что описанныхъ двигателемъ. Данныя обоихъ двигателей указаны ниже въ таблицѣ § 43.



Фиг. 15.

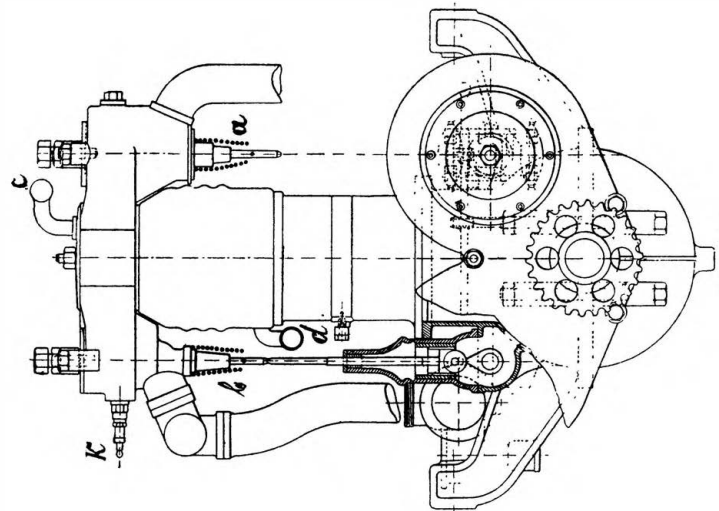
§ 11. Панаръ и Левассоръ (*Panhard & Levassor, Paris*).

Цилиндры этого двигателя (фиг. 16 и 17) въ числѣ четырехъ отливаются изъ стали, головы изъ чугуна, водяныя рубашки изъ мѣди; коробка вала согласно общепринятому изъ алюминія. Валъ имѣетъ пять подшипниковъ. Клапаны (*a, b*, фиг. 17) помѣщены по различнымъ сторонамъ цилиндровъ. Карбураторъ пульверизаціонный съ дополнительнымъ впускомъ воздуха.

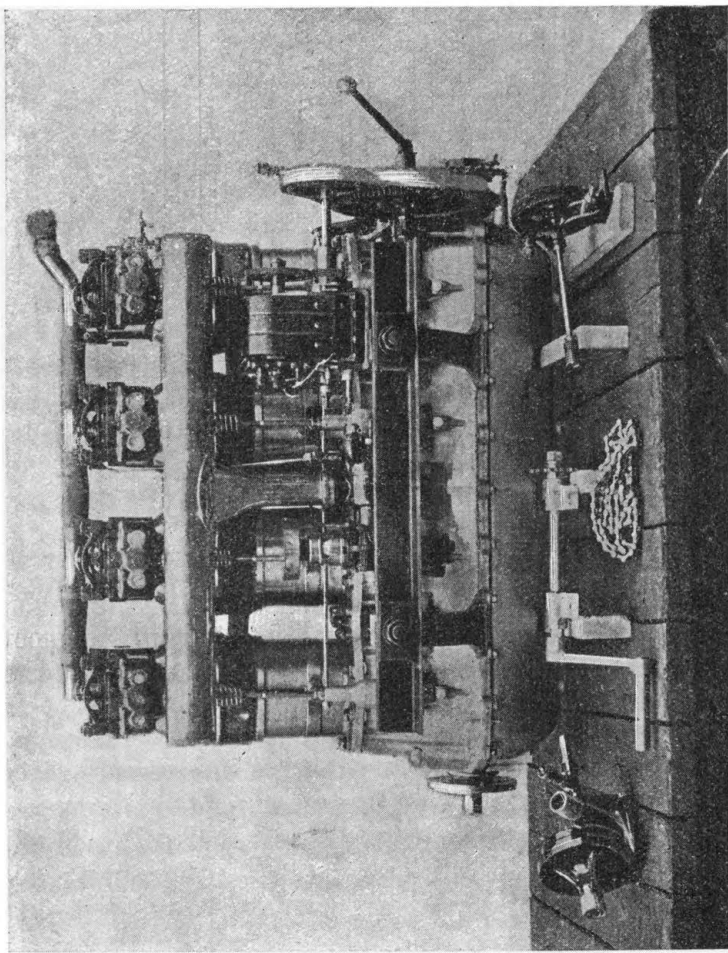
Воспламенение высокогаго напряженія. Смазка главнаго вала производится насосомъ, головки шатуновъ смазываются разбрасываніемъ масла въ коробкѣ вала

Въ систему охлажденія входятъ: зубчатый насосъ, алюминіевый охладитель и вентиляторъ (*d*—входъ воды въ рубашку, *c*—выходъ).

Двигатели Панара и Левассора установлены на аэростатахъ Лебеди и на аэростатѣ Лебедь.



Фиг. 17.

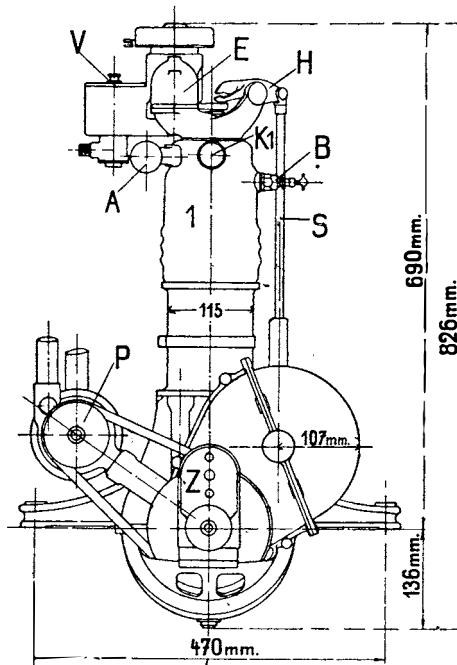


Фиг. 16.

Испытанія двигателя нормальной мощностью въ 100 л. с. дали слѣдующіе результаты:

Число обор.	900	945	1.025
Мощность л. с.	73	82	101

Расходъ бензина на л. с.— часть составлялъ 0,31 кгр., расходъ масла --- 0,09 --- 0,1 литр. Температура въ системѣ охлаждения достигала 80° С.

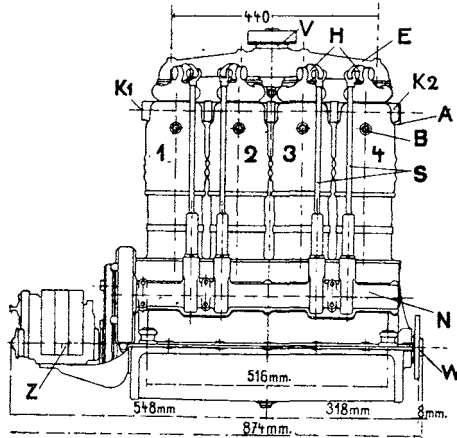


Фиг. 18.

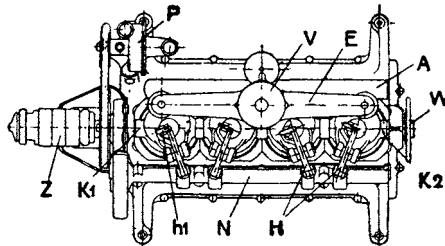
Болѣ легкой типъ двигателя этой фирмы мощностью около 40 л. с. представленъ въ фиг. 18 — 20, гдѣ приняты обозначенія:

- А—выпускная труба,
- Е—впускной трубопроводъ,
- В—карбураторъ,
- К₁—входъ воды,
- К₂—выходъ воды.

В—свѣча,
 Z—воспламенитель,
 P—насосъ,
 W—главный валъ двигателя съ флянцемъ для маховика,
 S—стержни къ клапанамъ,
 H—рычаги къ нимъ,



Фиг. 19.



Фиг. 20.

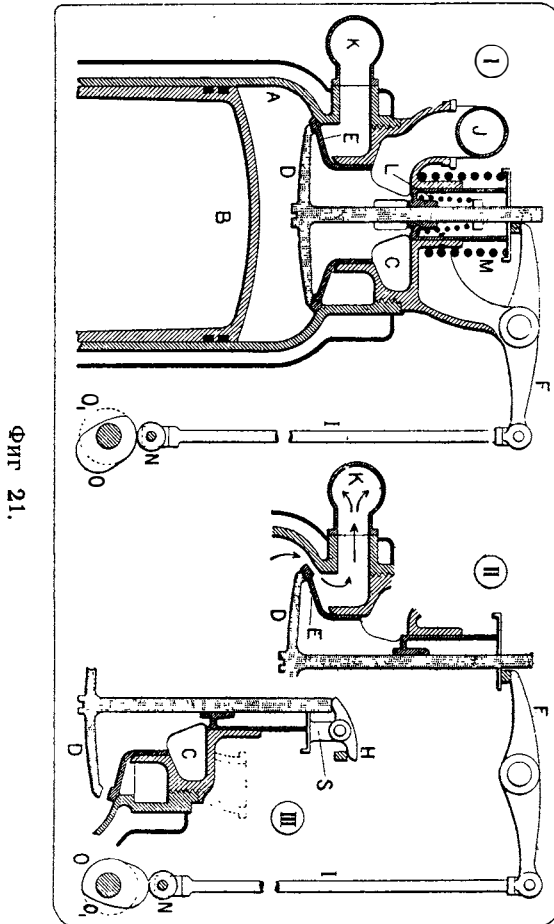
N—распределительный валъ.

Особенностью двигателя является газораспределение, схема котораго представлена въ фиг. 21 (I, II и III). Общій видъ клапановъ и головы цилиндра имѣемъ въ фиг. 22.

Въ фиг. 21 приняты слѣдующія обозначенія:

A—цилиндръ,
 B—поршень,

С — впускъ,
 D — впускной клапанъ съ пружиной L,
 E — выпускной клапанъ съ пружиной M,
 F, H, I — части распредѣлительнаго механизма,
 J — впускной трубопроводъ,



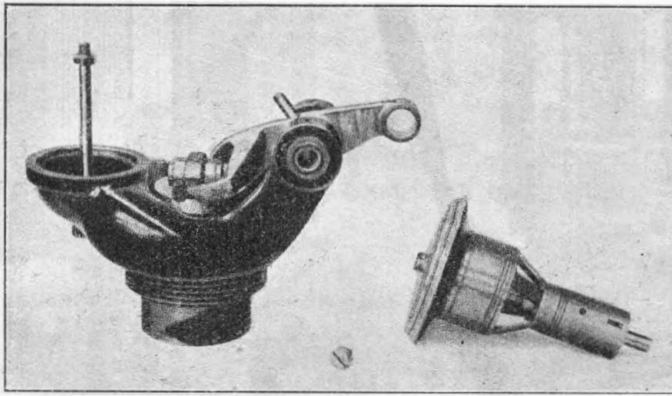
K — выпускной трубопроводъ,

O — кулачокъ съ выступомъ для выпуска и съ углубленіемъ для впуска.

Выпускной клапанъ E (фиг. 21) сдѣланъ пустотѣлымъ; черезъ каналъ въ немъ подводится смѣсь отъ карбуратора черезъ J и C къ впускному клапану D, помѣщенному въ срединѣ

выпускного клапана. Механизмъ для управленія клапанами состоитъ изъ стержня I и соответствующаго кулачка на распредѣлительномъ валу, снабженнаго въ отличіе отъ обыкновенно примѣняемыхъ кулачковъ тѣмъ, что онъ имѣетъ выступъ O и впадину O₁. Первымъ управляется выпускъ, вторымъ—впускъ.

Стержень дѣйствуетъ на конецъ двулучаго рычага F, другой конецъ котораго нажимаетъ на выпускной клапанъ. При открываніи послѣдняго одновременно съ нимъ перемѣщается и впускной клапанъ (открывающійся также внутрь цилиндра), при чемъ впускное отверстіе остается закрытымъ.



Фиг. 22.

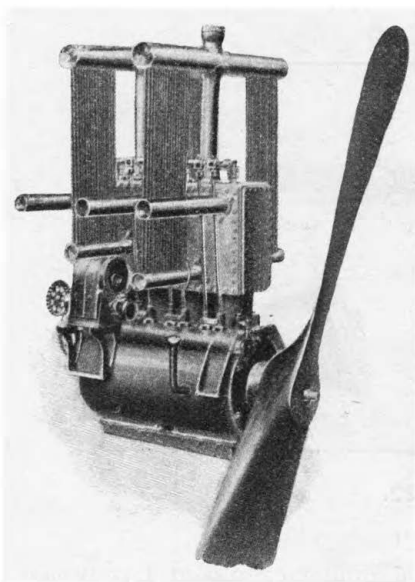
Послѣ закрытія выпускного клапана стержень I, (опирающійся на кулачокъ распредѣлительнаго вала, продолжаетъ, попадая на впадину O₁, свое движеніе дальше, при чемъ увлекаетъ малый двулучій рычажокъ H (фиг. 21, III), который своимъ опускающимся концомъ дѣйствуетъ на стержень впускного клапана и открываетъ послѣдній. Согласно результатамъ произведенныхъ опытовъ описанное газораспредѣленіе дѣйствуетъ вполне удовлетворительно.

§ 12. Жипъ (*Gyp, Suresnes. Франція*).

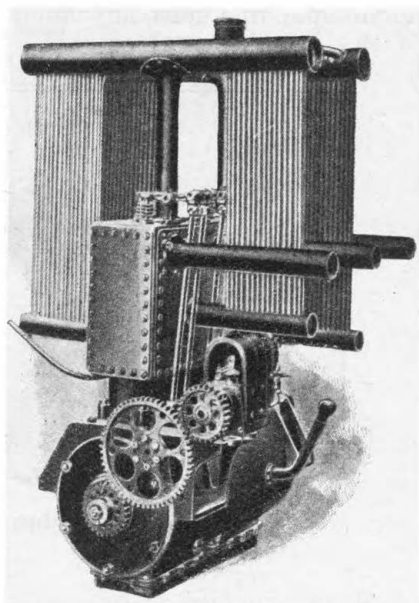
Двигатель Жипъ (конструкторъ Pierre J. Gregoire) имѣетъ четыре вертикальныхъ цилиндра (фиг. 23 и 24), отлитыхъ

за одно цѣлое изъ чугуна; изъ того же матерьяла изготовлены поршни.

Стальной валъ имѣеть шариковыя опоры. Управление клапанами, помѣщенными сверху цилиндровъ, совершается помощью стержней и рычаговъ (фиг. 24). Расположеніе это, примѣняемое во многихъ двигателяхъ и вызывающее необходимость въ болѣе длинныхъ и болѣе тяжелыхъ стержняхъ для управления клапанами, имѣеть вмѣстѣ съ тѣмъ извѣстныя преимущества, выражающіяся въ болѣе простой формѣ



Фиг. 23.



Фиг. 24.

и устройствѣ средней части цилиндра и охватывающей ее рубашки, меньшей поверхностью камеры сжатія и меньшимъ охлажденіемъ газовъ въ цилиндрѣ (напр. при сжатіи).

Въ разсматриваемомъ двигателѣ (и въ нѣкоторыхъ другихъ) всѣ цилиндры заключены въ общую водяную рубашку, что имѣеть нѣкоторыя преимущества сокращенія числа трубопроводовъ и уменьшенія сопротивленія при движеніи воды.

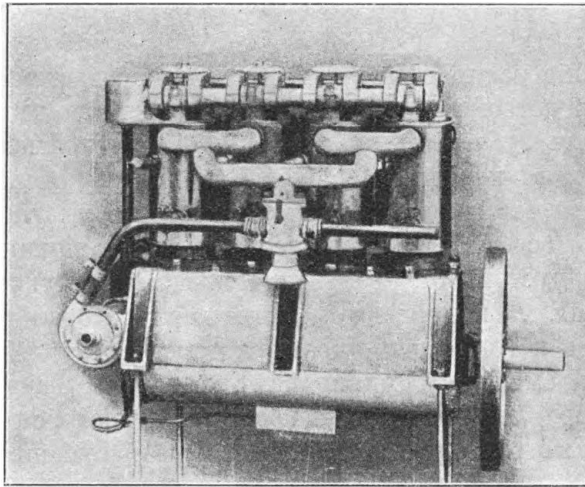
Впускныя трубы двухъ среднихъ цилиндровъ соединены вмѣстѣ вслѣдствіе чего двигатель имѣеть три выпускныхъ трубы (фиг. 24). Изъ этой же фигуры видно расположеніе

воспламенителя и передачи къ нему. Карбураторъ помѣщенъ съ противоположной стороны цилиндра (фиг. 23). Циркуляція масла обезпечивается насосомъ.

Оригинальной конструкціей отличается охладитель, включенный въ термосифонную систему охлаждения (безъ насоса). Вода изъ оболочки цилиндровъ поднимается по двумъ трубамъ (по одной для каждой пары цилиндровъ), переходитъ отсюда въ двѣ горизонтальныхъ, перпендикулярныхъ къ главному валу трубы и по ряду вертикальныхъ трубокъ малаго діаметра—собственно охладитель—собирается въ четыре горизонтальныхъ отростка, входящихъ въ рубашку цилиндровъ. Винтъ, помѣщаемый на конецъ вала непосредственно у охладителя (фиг. 23 слѣва) замѣняетъ вентиляторъ.

§ 13. Гринъ (*Green*).

Двигатель (англійской фабрикаціи) представленъ со стороны впуска въ фиг. 25 и въ планѣ въ фиг. 26.



Фиг. 25.

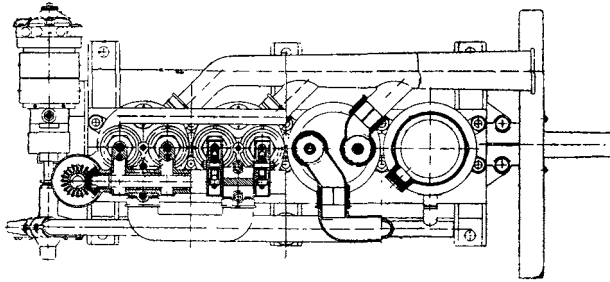
Двигатель состоитъ изъ четырехъ цилиндровъ съ отдѣльными изготовленными изъ мѣди штампованными безъ продольнаго шва рубашками. Рубашки своими нижними слегка

расширенными частями входятъ въ кольцевыя углубленія въ которыя помѣщены резиновыя кольца, при чемъ рубашки слегка сжимаются, чѣмъ обеспечивается плотность стыка.

Головы цилиндровъ съ помѣщенными въ нихъ клапанами образуютъ одно цѣлое съ тѣломъ цилиндровъ.

Валь имѣеть пять подшипниковъ съ бронзовыми вкладышами, залитыми бѣлымъ металомъ. Маховикъ—стальной.

Управленіе клапанами совершается при помощи горизонтальнаго распредѣлительнаго вала, расположеннаго надъ головами цилиндровъ.



Фиг. 26.

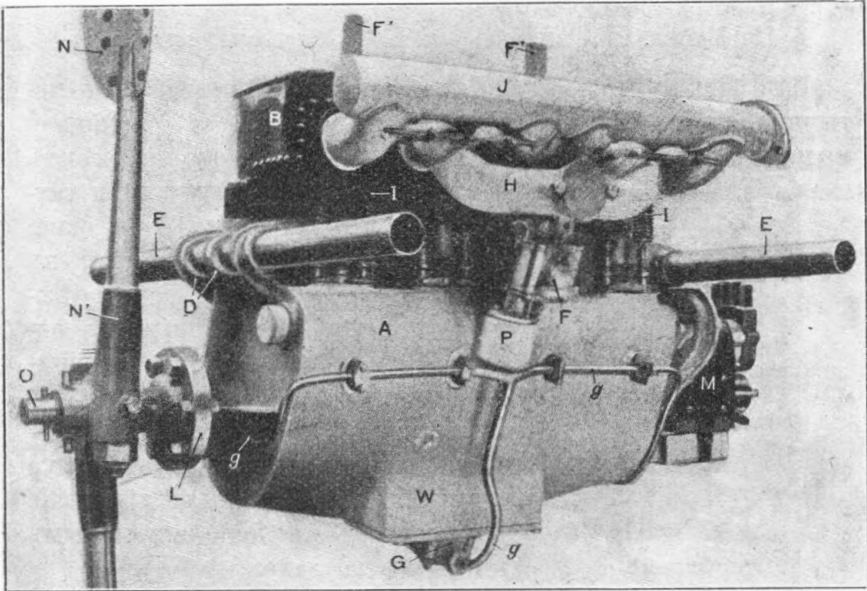
Вращеніе распредѣлительному валу передается отъ главнаго посредствомъ вертикальнаго стержня и двухъ паръ коническихъ зубчатыхъ колесъ (фиг. 26). На нижнемъ концѣ этого стержня помѣщена масляная помпа, подающая масло изъ нижней части коробки вала черезъ каналы въ послѣдней (безъ особыхъ трубопроводовъ) къ подшипникамъ, а оттуда по пустотѣлому валу къ головкамъ шатуновъ.

Изъ фиг. 25 видно расположеніе карбуратора и трубопроводовъ отъ него къ цилиндрамъ, которое имѣеть цѣлю сдѣлать пути смѣси къ цилиндрамъ равными между собою. Карбураторъ подогревается водой, поступающей отъ цилиндровъ къ насосу и проходящей черезъ рубашку карбуратора.

§ 14. Астеръ (*Aster. Saint-Denis*).

Двигатель Астеръ, имѣющій четыре вертикальныхъ цилиндра, представленъ въ фиг. 27, гдѣ буквы обозначаютъ слѣдующія части двигателя:

- А—коробка вала,
 В—рубашка цилиндровъ,
 D—кольца, которыми двигатель охватываетъ трубы E,
 служащія для укрѣпленія его на рамѣ аэроплана,
 E—водяной насосъ,
 F'—выходъ воды,
 G—масляный насосъ,
 H—впускной трубопроводъ,
 I—клапанные стержни,
 J—выпускной трубопроводъ,
 L—муфта для присоединенія маховика или винта,



Фиг. 27.

- M—индукторъ,
 N—винтъ,
 O—конецъ вала для пуска въ ходъ,
 P—зубчатая передача къ насосамъ,
 W—масляный резервуаръ.
 g—трубопроводъ для масла.

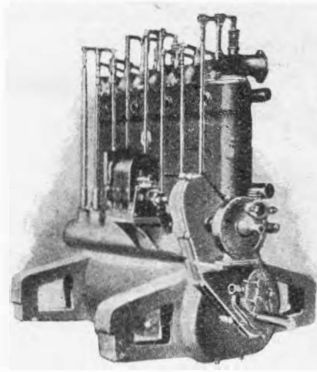
Особенности двигателя Астеръ слѣдующія: всѣ четыре цилиндра отлиты изъ одного цѣлаго куска. Оси ихъ въ цѣ-

ляхъ уменьшенія бокового давленія при рабочемъ ходѣ поршня и возможности укоротить при этомъ шатуны сдвинуты относительно оси главнаго вала (§ 5).

Коробка вала сдѣлана цѣльной безъ обычно примѣняемаго продольнаго шва приблизительно на половинѣ высоты ея. Двигатель укрѣпляется на рамѣ аэроплана посредствомъ двухъ трубъ, присоединенныхъ къ картеру и проходящихъ перпендикулярно оси главнаго вала. Винтъ насаживается непосредственно на конецъ главнаго вала, снабженнаго съ этой стороны двумя рядами шариковъ. Маховикъ отсутствуетъ. Возможность этого для двигателей разматриваемаго расположенія является сомнительной.

§ 15. Мютель и Дансетъ (*Mutel & Dansette, Paris*).

Изъ фиг. 28 ясно общее устройство двигателя съ четырьмя стальными выточенными цилиндрами съ управляемыми клапанами въ головахъ послѣднихъ; головы имѣютъ



Фиг. 28.

форму близкую къ полушару и также стальныя. Всѣ цилиндры охвачены общей мѣдной рубашкой, въ которую вода подается центробѣжнымъ насосомъ, сидящимъ на одномъ общемъ валу съ воспламенителемъ.

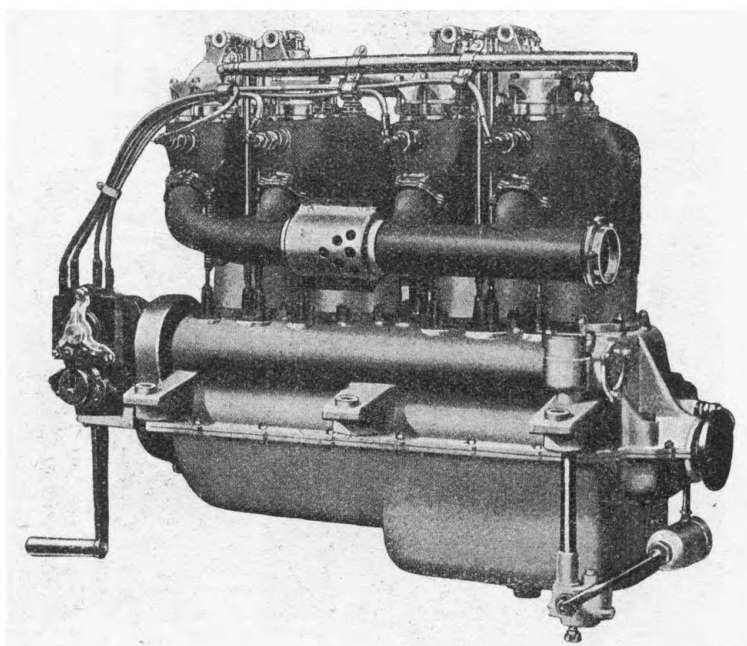
Устройство механизма для управления клапанами видно изъ рисунка (стержни — изъ стальныхъ трубокъ). Карбураторъ съ дополнительнымъ впускомъ воздуха.

Цилиндры своими основаніями приварены къ общей рамѣ, присоединенной при посредствѣ пазовъ къ алюминиевой коробкѣ вала. Такимъ способомъ достигается по сравненію съ обычно примѣняемымъ соединеніемъ указанныхъ частей болтами извѣстная экономія въ вѣсѣ, согласно же приводимымъ въ описаніяхъ двигателя свѣдѣніямъ этотъ способъ укрѣпленія на практикѣ далъ удовлетворительные результаты.

Поршни—стальные; шатуны изъ хромо-никеле-ванадіевой стали.

§ 16. Бр. Кертингъ (*Körting, Ганноверъ*).

Фирма бр. Кертингъ строитъ двигатели трехъ типовъ: четырехъ — и шестицилиндровые вертикальные и восьмицилиндровые въ видѣ V. Последний типъ двигателя будетъ описанъ ниже (§ 30). Здѣсь приводимъ данныя относительно четырехцилиндроваго двигателя, общее устройство котораго можно видѣть изъ фиг. 29.



Фиг. 29.

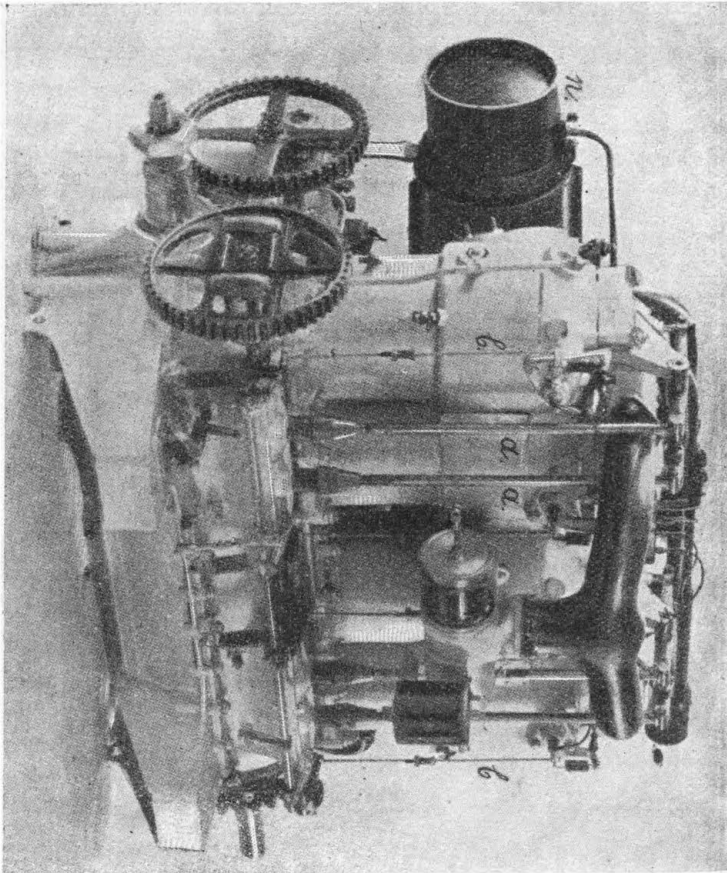
Цилиндры и поршни двигателя — чугунные. Впускные клапаны помѣщены сверху цилиндровъ и управляются механизмомъ изъ стержня и рычага. Выпускные расположены подъ ними въ цѣляхъ охлажденія свѣжей смѣсью при всасываніи ея въ цилиндръ двигателя.

Карбураторъ съ автоматическимъ регулированіемъ пропорціи смѣси.

Расположеніе воспламенителя и трубопроводовъ видно изъ приведенной фигуры.

§ 17. Даймлеръ (*Daimler, Untertürkheim близъ Штутгарта*).

Двигатель Даймлера (Мерседесъ) мощностью въ 100 л. с; изображенъ на фиг. 30 (со стороны впуска и карбуратора).

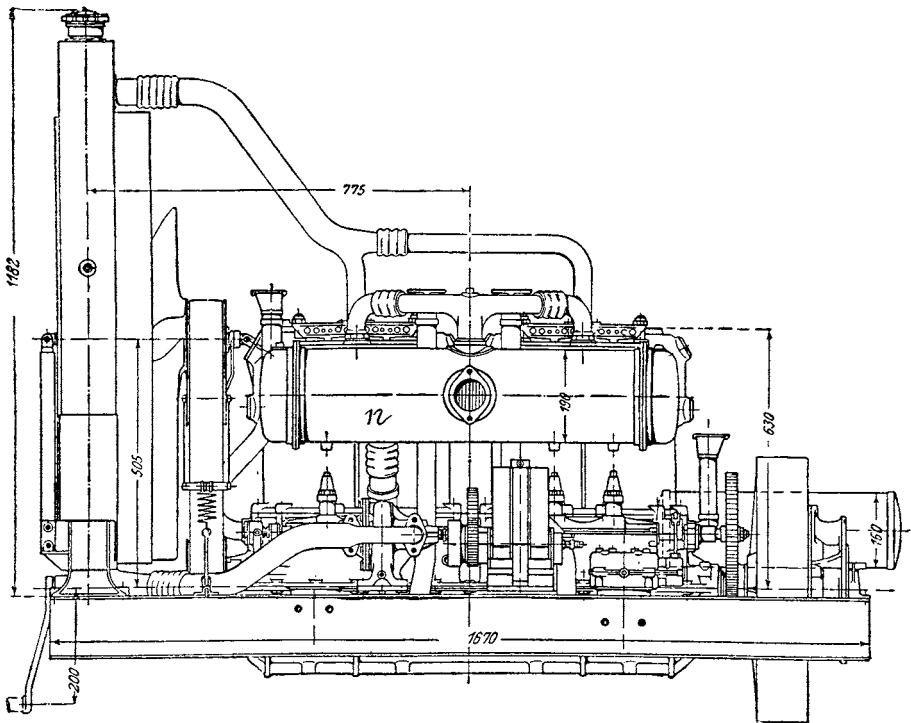


Фиг. 30.

размѣры частей другого двигателя въ 60 л. с. можно видѣть въ фиг. 31 и 32.

Чугунные цилиндры двигателя отливаются за одно цѣлое попарно. Впускные клапаны помѣщаются сверху на головѣ цилиндра и приводятся въ движеніе при помощи стержней и колѣнчатыхъ рычаговъ (*a*, фиг. 30 и 32); выпускные клапаны находятся въ боковомъ приливѣ къ цилиндру и упра-

вляются другимъ распредѣлительнымъ валомъ обычнымъ способомъ посредствомъ кулачковъ и стержней. Непосредственно къ указаннымъ приливамъ присоединяется горизонтальный (выхлопной) цилиндръ *n* (фиг. 30—31), въ который поступаютъ продукты горѣнія. Выхлопной цилиндръ охлаждается водой, поступающей отъ центробѣжнаго насоса. Пониженіе температуры воды производится въ охладителѣ сотового типа.

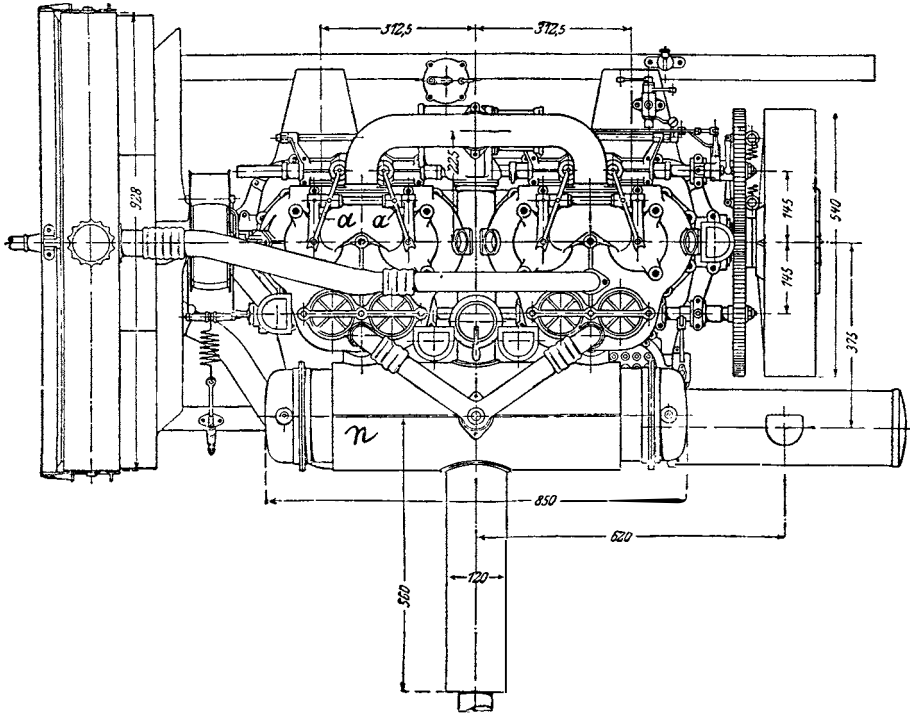


Фиг. 31.

Карбураторъ безъ дополнительнаго впуска воздуха съ подогреваніемъ отработавшими продуктами горѣнія, причѣмъ отношеніе между количествами воздуха—подогрѣтаго и имѣющаго окружающую температуру—устанавливается отъ руки золотникомъ. При этомъ вмѣстѣ съ измѣненіемъ количества смѣси, поступающей въ цилиндры (что совершается центробѣжнымъ регуляторомъ), измѣняется количество воздуха, подводимаго къ регулятору, т. е. регулированіе совер-

шается одновременно количествомъ и пропорціею смѣси. Воспламенение низкаго напряжения (съ контактомъ въ цилиндрѣ; *в* въ фиг. 30 стержни къ контактамъ). Источникомъ тока служитъ магнитоэлектрическая машинка системы Боша. Смазка частей двигателя производится механическимъ путемъ.

Для облегченія пуска въ ходъ часть смѣси при сжатіи удаляется изъ цилиндровъ, что совершается посредствомъ добавочныхъ кулачковъ на распредѣлительномъ валу, подводимыхъ передвиженіемъ вала подъ выпускные клапаны.



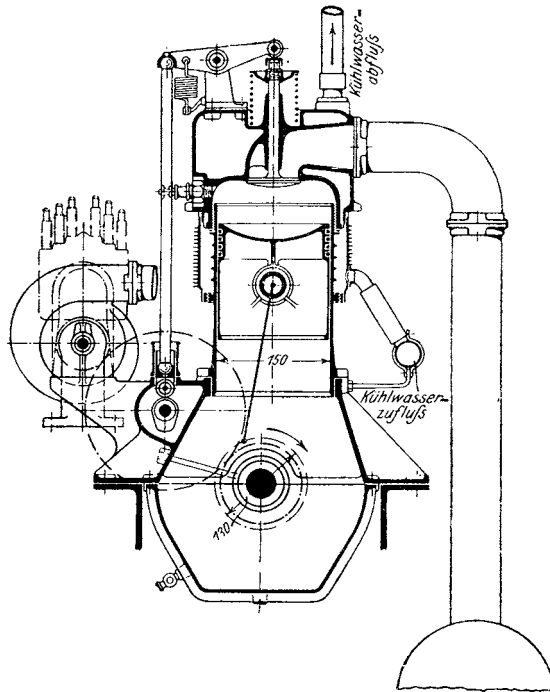
Фиг. 32.

Матерьяломъ для цилиндровъ и поршней служитъ чугуъ, для шатуновъ—прокованная сталь, для вала—хромоникелевая сталь.

Двигатели Даймлера установлены на нѣмецкихъ аэроста-тахъ Цеппелина (двигатель фиг. 30) и Парсевалья.

§ 18. Новое Автомобильное Общество (N. A. G., Neue-Automobil-Gesellschaft, Берлинъ).

Шестицилиндровый двигатель N. A. G. мощностью въ 120 л. с. представленъ въ фиг. 33—35 соответственно въ разрѣзѣ, планѣ и въ боковомъ видѣ. Цилиндры двигателя отливаются отдѣльно изъ стали и снабжаются чугунными головами и мѣдными рубашками. Послѣднія внизу съ цилиндромъ соединяются нарѣзкой, а сверху съ головой цилиндра изолировочной лентой, наложенной на нее и запаян-

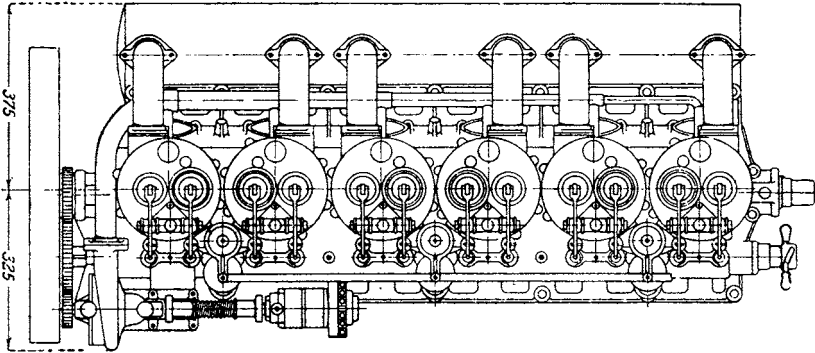


Фиг. 33.

ной стальной проволокой (фиг. 33), прижимающей ленту къ рубашкѣ и головѣ цилиндра. Подобное соединеніе допускаетъ небольшое относительное перемѣщеніе частей, являющееся результатомъ измѣненія температуры стѣнокъ цилиндра, воды и рубашки.

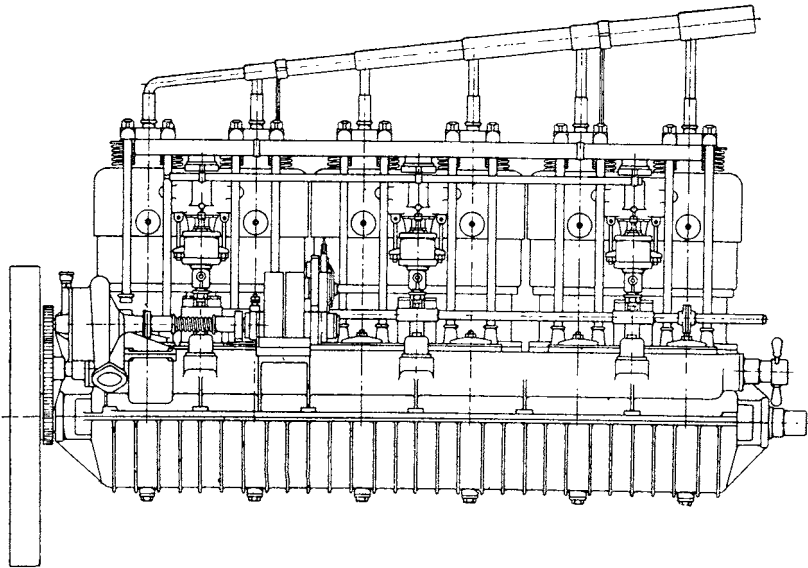
Клапаны помѣщены сверху въ головѣ цилиндра (фиг. 33

и 34); при этомъ выпускной клапанъ сидитъ непосредственно въ цилиндрѣ и такимъ образомъ сильноѣ охлаждается, а впускной (фиг. 36) имѣеть отдѣльное сѣдло. Изъ послѣд-



Фиг. 34.

ней фигуры видны подробности устройства клапана; тарелка его упирается въ составное кольцо, внутреннiя гребнеобраз-



Фиг. 35.

ныя выступы котораго входятъ въ соотвѣтственные кольцевыя желобки въ стержнѣ клапана. Конѣцъ стержня снабженъ

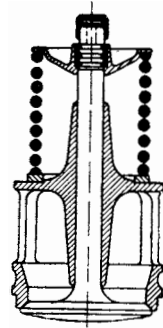
стальнымъ колпачкомъ, подъ который для приданія стержню известной длины (опредѣляемой условіями газораспределенія и могущей измѣниться при повторной пришлифовкѣ клапановъ) подкладываются стальные пластинки. Клапаны управляются стержнями (фиг. 33), на которые дѣйствуютъ кулачки отъ одного общаго распредѣлительнаго вала, и рычагами, передающими движеніе клапанамъ. Стержни изготовлены изъ стальныхъ трубокъ и снабжены по концамъ шариковыми головками, входящими въ соотвѣтствующія углубленія клапаннаго рычага, и втулками съ каткомъ, на который дѣйствуетъ кулачокъ распредѣлительнаго вала. При поднятіи конца рычага стержень можетъ быть удаленъ, что въ свою очередь облегчитъ вниманіе клапана.

Поршни (небольшой длины) имѣютъ по четыре кольца (фиг. 33). Днищамъ поршней придана вогнутая форма съ цѣлью приближенія камеры сжатія къ шару и уменьшенія такимъ образомъ отношенія объема къ поверхности и охлажденія смѣси. Цапфа поршня сдѣлана полый. Для уменьшенія бокового нажатія поршней на стѣнки цилиндровъ при рабочемъ ходѣ оси цилиндровъ сдвинуты относительно оси главнаго вала (фиг. 1, стр. 8). При этомъ оказывается возможнымъ уменьшить длины шатуновъ и поршней. Въ сѣту шатуна уменьшенъ просверливаніемъ отверстій въ средней части его (фиг. 37).

Колѣна вала образуютъ между собою углы въ 120° и расположены симметрично относительно середины вала, имѣющаго семь подшипниковъ. На одномъ (заднемъ) концѣ вала насаженъ легкой стальной маховикъ, на другомъ червякъ, вращающій масляный насосъ.

Двигатель имѣетъ три пульверизаціонныхъ карбуратора (алюминіевыхъ) съ дополнительнымъ впускомъ воздуха (фиг. 35).

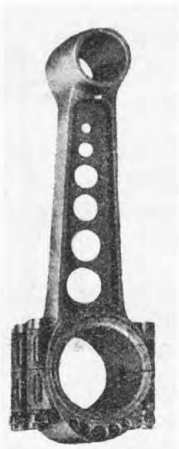
Воспламененіе производится машинкой Боша высокаго напряженія. Для смазки служитъ насосъ приводимый въ движеніе самимъ двигателемъ (фиг. 37а). При ходѣ поршня насоса вверхъ известной объемъ масла, поступившаго изъ коробки вала, входитъ черезъ сѣтку и боковыя отверстія



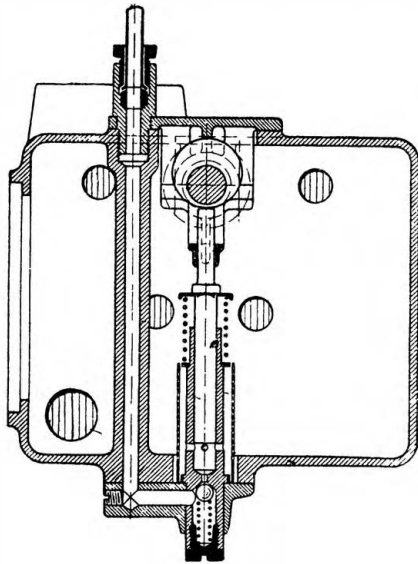
Фиг. 36.

въ цилиндрѣ насоса подѣ поршень послѣдняго. При опусканіи же поршня внизъ масло черезъ отверстіе, закрываемое при всасывающемъ ходѣ поршня (вверхъ) шарикомъ, подается къ подшипникамъ вала и другимъ частямъ.

Пускъ двигателя въ ходъ совершается посредствомъ сжатыхъ газовъ, для чего служитъ слѣдующее приспособленіе (фиг. 38): отъ каждаго изъ цилиндровъ идетъ трубка къ клапану *c*, приводимому въ движеніе кулачкомъ *b* *) на



Фиг. 37.



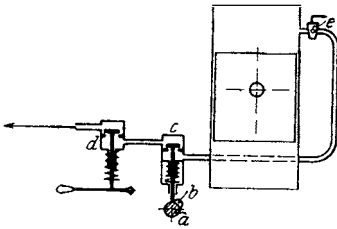
Фиг. 37а.

распредѣлительномъ валу и открывающимъ клапанъ *c* на части рабочаго хода поршня. Пространства надъ *c* черезъ общій обратный клапанъ *d* сообщаются съ особымъ резервуаромъ, въ которомъ собираются продукты горѣнія. Краны *e* на трубопроводахъ отъ цилиндровъ закрываются и открываются одной общей тягой.

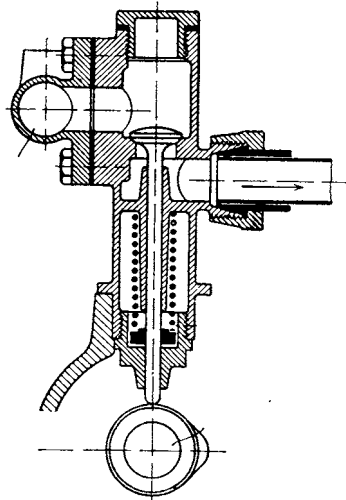
Для пуска двигателя въ ходъ приподнимаютъ рычагомъ обратный клапанъ *d*. Продукты горѣнія изъ резервуара черезъ клапанъ *c* (по крайней мѣрѣ одинъ изъ шести клапа-

*) Такихъ кулачковъ *b* и клапановъ *c* въ двигателѣ всего по числу цилиндровъ шесть.

новъ будетъ открытъ) поступаютъ въ соответствующій цилиндръ и приводятъ двигатель во вращеніе. Направленіе, въ которомъ движутся при открываніи клапаны *c* (отъ внутреннейности цилиндра), обусловливается тѣмъ, чтобы клапаны эти оставались закрытыми при всасывающихъ ходахъ поршней и такимъ образомъ не препятствовали нормальной работѣ двигателя. Резервуаръ, въ которомъ собираются служащіе для пуска продукты горѣнія, снабженъ предохранительнымъ клапаномъ и манометромъ. Въ фиг. 39 представлены подробности устройства клапана *c* съ трубопроводами къ цилиндру (вправо) и къ резервуару (влѣво).



Фиг. 38.



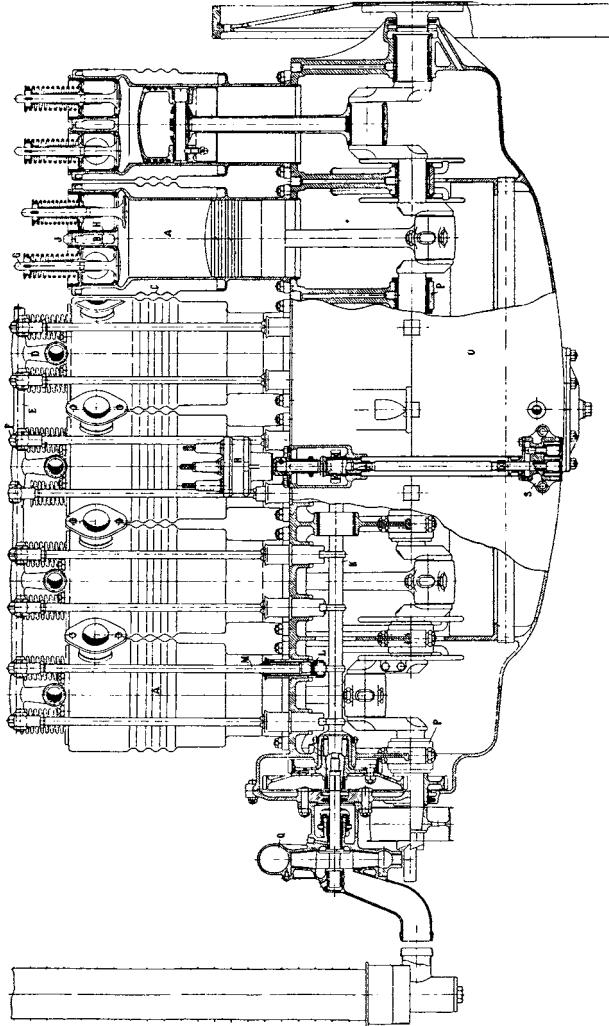
Фиг. 39.

§ 19. Адлеръ (*Adlerwerke, Франкфуртъ на Майнѣ*).

Двигатели Адлеръ для аэростатовъ носятъ рѣзко выраженный характеръ автомобильныхъ двигателей, образованы изъ шести отдѣльныхъ изготовленныхъ изъ прокованной стали цилиндровъ (фиг. 40—со стороны газораспределенія и смазки, фиг. 41—сторона карбуратора). Голова цилиндра составляетъ одно цѣлое съ средней частью его.

Клапаны находятся сверху и управляются общимъ горизонтальнымъ распределительнымъ валомъ *K*. Движеніе каж-

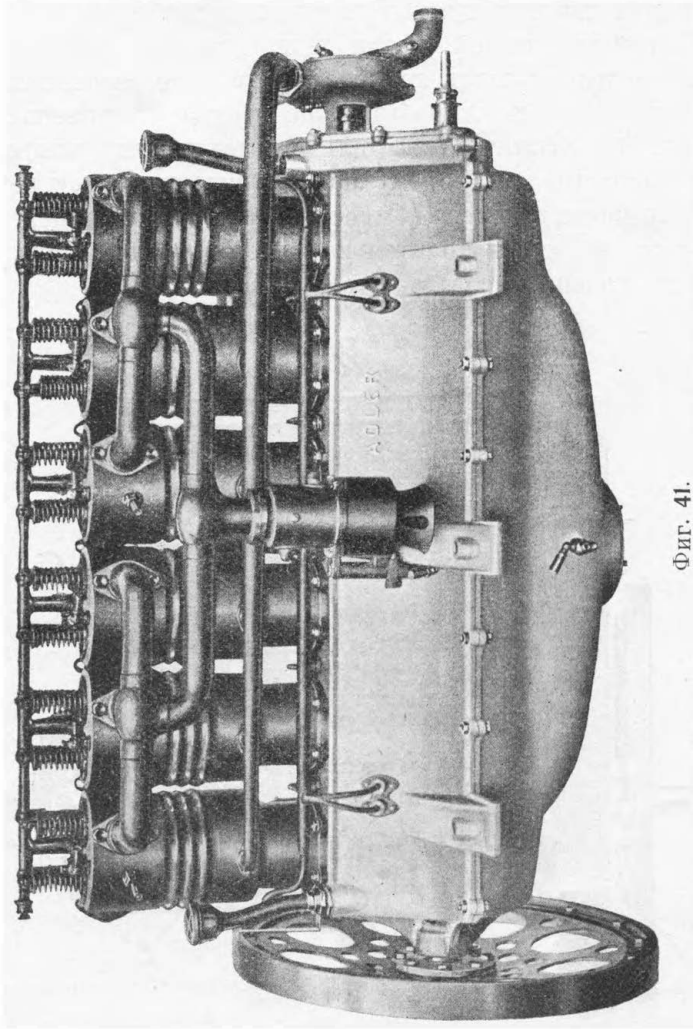
дому клапану передается кулачком L , пустотѣлымъ стержнемъ M и рычагомъ подѣ цилиндромъ; подобная система передачи, какъ мы видѣли изъ описанія предъидущихъ двигателей, стала относительно распространенной.



Фиг. 40.

Рубашки цилиндровъ мѣдныя, по срединѣ высоты сдѣланы гофрированными для компенсаціи измѣненій длины при нагрѣваніи. Вода въ нижнія части рубашекъ поступаетъ отъ насоса по трубѣ, постепенно суживающейся къ послѣд-

нему цилиндру (фиг. 41), а по выходѣ изъ рубашекъ собирается въ трубѣ надъ цилиндрами и отводится къ охладителю (фиг. 40 слѣва).



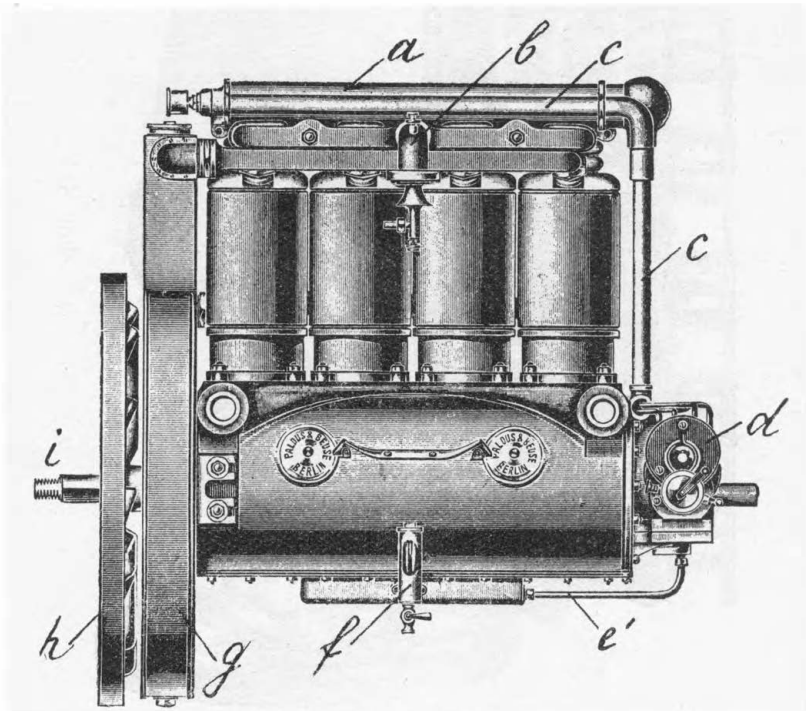
Фиг. 41.

Коробка вала какъ обыкновенно раздѣляется горизонтальнымъ швомъ на двѣ части. Подшипники вала въ числѣ семи присоединены къ верхней, вслѣдствіе чего нижняя служитъ только для собиранія масла и для предохраненія частей вала отъ случайныхъ поврежденій и загрязненія. Подшипники залиты бѣлымъ металомъ.

Шатуны и колѣна главнаго вала внутри высверлены.

Для приготовления смѣси двигатель снабженъ въ цѣляхъ надежности тремя карбураторами, изъ которыхъ каждый служитъ для двухъ рядомъ лежащихъ цилиндровъ.

Устройство частей смазки видно изъ фиг. 40. Для наблюдения за правильнымъ ходомъ смазки и достаточнымъ количествомъ масла въ коробкѣ вала, откуда ее черпаетъ насосъ *S* (фиг. 40), служитъ указательное стекло, находящееся на пути масла къ небольшому насосу, смазывающему верхнюю пару зубчатыхъ колесъ. Отверстіе трубки, ведущей масло къ этому насосу, находится на высотѣ наименьшаго допустимаго уровня масла въ коробкѣ вала.



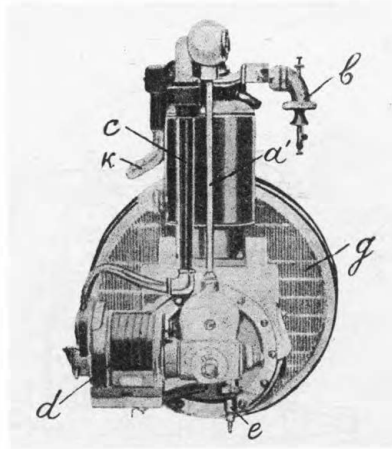
Фиг. 42.

§ 20. Палюсъ и Бейзе (*Palous & Beuse*, Берлинъ).

Особенностями этого двигателя, представленнаго въ фиг. 42 и 43, являются: комбинированные клапаны, служащіе въ разные періоды общаго цикла соотвѣтственно для выпуска

и для выпуска и управляемые горизонтальнымъ распредѣлительнымъ валомъ, помѣщеннымъ надъ цилиндрами въ алюминіевомъ кожухѣ. Буквы въ фиг. 42 и 43 обозначаютъ:

- a* — распредѣлительный валъ,
- a'* — стержень, передающій вращеніе этому валу,
- b* — карбураторъ,
- c* — трубка съ проводами отъ воспламенителя,
- d* — воспламенитель,
- e* — масляный насосъ,
- e'* — трубка къ нему изъ нижней части коробки вала,



Фиг. 43.

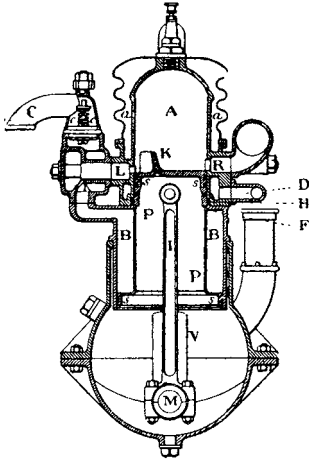
- f* — указатель уровня масла,
- g* — охладитель,
- h* — вентиляторъ, играющій вмѣстѣ съ тѣмъ роль маховика,
- i* — конецъ вала, служащій для насадки пусковой рукоятки,
- k* — выпускная труба.

§ 21. Прини и Берто (*Prini & Berthaud, Парижъ*).

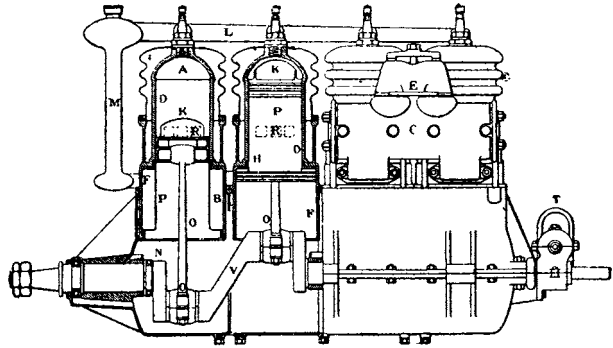
Этотъ двигатель въ отличіе отъ другихъ воздухоплавательныхъ двигателей работаетъ въ два такта, при чемъ послѣдовательность процессовъ работы, совершаемыхъ въ рабочемъ цилиндрѣ А (фиг. 44) и кольцевой камерѣ сжатія

В, одинакова съ другими двутактными двигателями, въ которыхъ роль камеры сжатія исполняется часто коробкой вала.

Въ каждомъ цилиндрѣ (фиг. 44 и 45) находится ступенчатый поршень Р, перемѣщающійся въ рабочемъ пространствѣ А и въ кольцевой камерѣ В. Смѣсь при нисходящемъ движеніи поршня изъ карбуратора черезъ С и автоматическій клапанъ с поступаетъ въ В; при обратномъ движеніи поршня смѣсь сжимается и въ концѣ хода переходитъ черезъ отверстія L въ *сосѣдній* цилиндръ, въ которомъ въ это время при колѣнахъ вала, образующихъ другъ съ другомъ уголъ въ 180° , поршень опускается внизъ (процессъ расширения);



Фиг. 44.



Фиг. 45.

въ концѣ хода открываются упомянутыя отверстія L, черезъ которыя и входитъ сжатая смѣсь изъ сосѣдняго цилиндра, омываетъ, благодаря приливу K на днѣ поршня, внутренность цилиндра А и занимаетъ мѣсто продуктовъ горѣнія, удаляющихся черезъ отверстія R. При подъемѣ поршня продолжается первоначально выпускъ отработавшихъ газовъ, затѣмъ сжатіе поступившей въ цилиндръ смѣси и наконецъ воспламененіе и часть горѣнія ея, а при нисходящемъ ходѣ поршня окончаніе горѣнія, расширение и выпускъ.

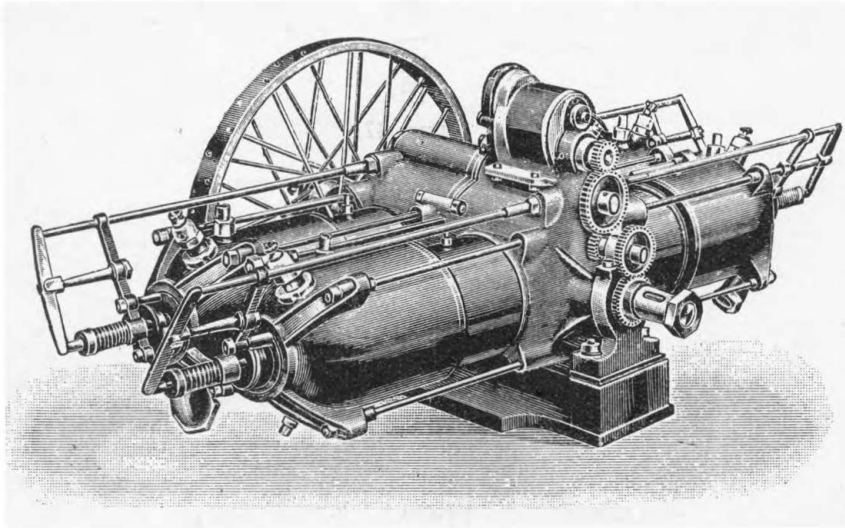
Устройство частей двигателя видно изъ приведенныхъ фигуръ. Цилиндры охлаждаются водой, заключающейся въ

мѣдныхъ частью гофрированныхъ рубашкахъ цилиндровъ, откуда вода переходитъ въ охладитель М. Водяного охлаждения нижнихъ частей цилиндровъ не требуется.

Б. Двигатели съ противоположащими цилиндрами.

§ 22. Дютель и Чальмерсъ (*Dutheil & Chalmers*).

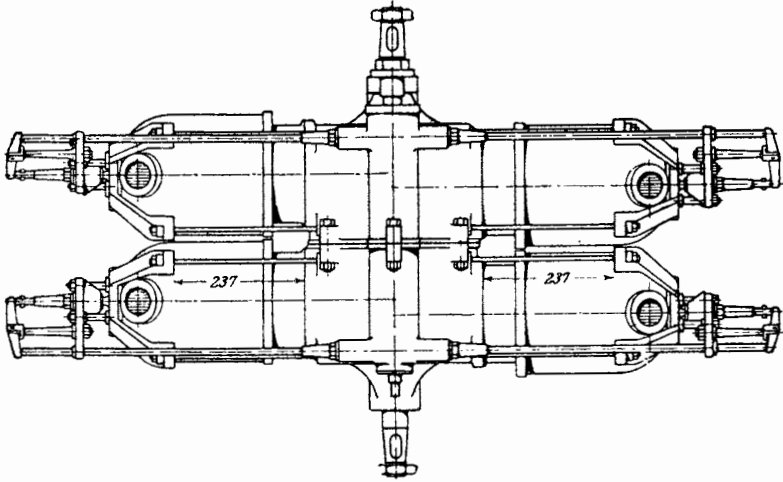
Двигатели эти имѣютъ два или четыре цилиндра, расположенныхъ (въ послѣднемъ случаѣ попарно) одинъ противъ другого. Четырехцилиндровый двигатель представленъ въ фиг. 46 и 47. Рабочія пространства цилиндровъ находятся



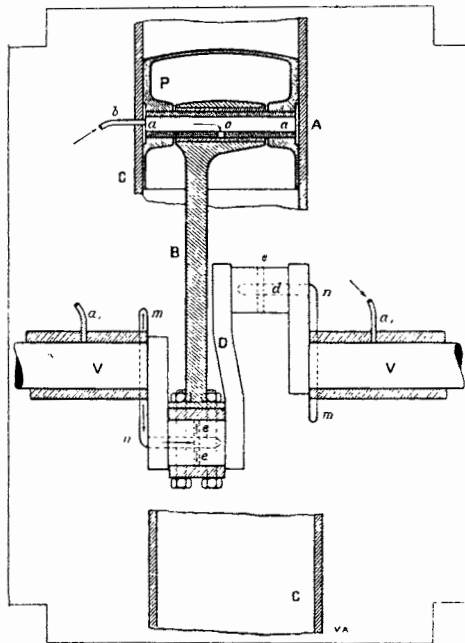
Фиг. 46.

по концамъ ихъ. При дѣйствіи двигателя поршни противоположащихъ цилиндровъ съ цѣлью уравниванія массъ перемѣщаются одновременно въ противоположныя стороны (валь имѣетъ четыре колѣна). Такъ какъ каждый шатунъ дѣйствуетъ на отдѣльное колѣно вала, то цилиндры, лежащіе одинъ противъ другого, нѣсколько смѣщены по направленію оси главнаго вала (фиг. 48); величина смѣщенія уменьшена боковымъ расположеніемъ шатуна относительно оси цилиндра и изгибомъ части, соединяющей оба колѣна вала.

Цилиндры связаны между собою тягами (фиг. 46), проходящими через коробку вала и прижимающими цилиндры



Фиг. 47.



Фиг. 48.

къ послѣдней: такимъ путемъ замѣняется обычно примѣ-

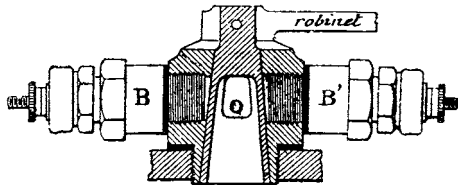
няемое прикрѣпленіе цилиндровъ болтами къ коробкѣ. Маховикъ со спицами, работающими на растяженіе.

Автоматически дѣйствующіе впускные клапаны помѣщены сбоку цилиндровъ; клапаны впускные находятся въ головѣ послѣднихъ. Движеніе клапановъ производится посредствомъ стержней и рычаговъ, управляемыхъ кулачками на вспомогательномъ валу. Передача вращенія послѣднему видна въ фиг. 46. Карбураторъ съ дополнительнымъ впускомъ воздуха.

Для смазки (циркуляціей) служитъ зубчатый насосъ, всасывающій масло изъ коробки вала и подающій его къ подшипникамъ по трубкамъ a_1, a_2 (фиг. 48), откуда масло переходитъ въ кольцо m и изъ послѣдняго къ головкѣ шатуна. На стѣнки цилиндра маслу подается трубкой b и изъ кольцеобразнаго углубленія на поршнѣ переходитъ въ цапфу и черезъ отверстіе o въ головку шатуна.

Для охлажденія двигатель снабжается охладителемъ и вентиляторомъ. Воспламененіе при пускѣ въ ходъ производится посредствомъ аккумуляторовъ, а затѣмъ при посредствѣ магнитоэлектрической машинки.

Съ цѣлью замѣны пришедшей въ негодность свѣчи во



Фиг. 48а.

время дѣйствія двигателя послѣдній снабжаются двумя свѣчами (фиг. 48а), ввинчиваемыми въ особый отростокъ, внутренность котораго сообщается съ цилиндромъ двигателя. Поворотомъ крана на полъ-оборота та или другая свѣча можетъ быть уединена отъ цилиндра.

§ 23. Дарракъ (*Darracq, Suresnes, Seine*).

Двигатели Дарракъ строятся или четырехцилиндровыми вертикальными мощностью въ 50 и 100 силъ или подобно двигателю Дютейля и Чальмерса съ цилиндрами, расположенными другъ противъ друга по различнымъ сторонамъ

вала (фиг. 49 и 50); при большихъ мощностяхъ цилиндры въ числѣ четырехъ располагаются попарно. Фиг. 51 и 52 представляютъ концевой видъ двучилиндроваго двигателя и поперечный разрѣзь его.

Буквами въ фиг. 49—52 обозначены слѣдующія части:

А—воспламенитель Ньепоръ,

В—резервуаръ для масла,

С—винтъ,

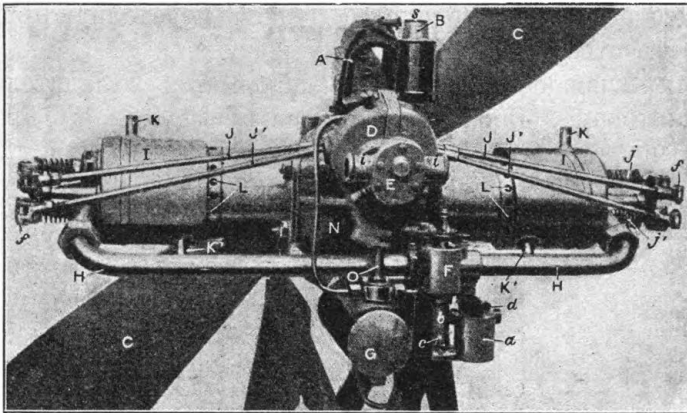
Д—коробка зубчатокъ распредѣлительнаго вала,

Е—водяной насосъ.

Г—карбураторъ,

Г—резервуаръ для масла,

Н—впускной трубопроводъ,



Фиг. 49.

Г—водяныя рубашки,

Г, Г'—стержни клапановъ и мѣста выхода ихъ изъ картера (фиг. 50).

К—выходъ воды изъ рубашекъ,

Л—отверстія для выхода продуктовъ горѣнія,

М—втулка винта,

Н—коробка вала,

О—стержень маслянаго насоса,

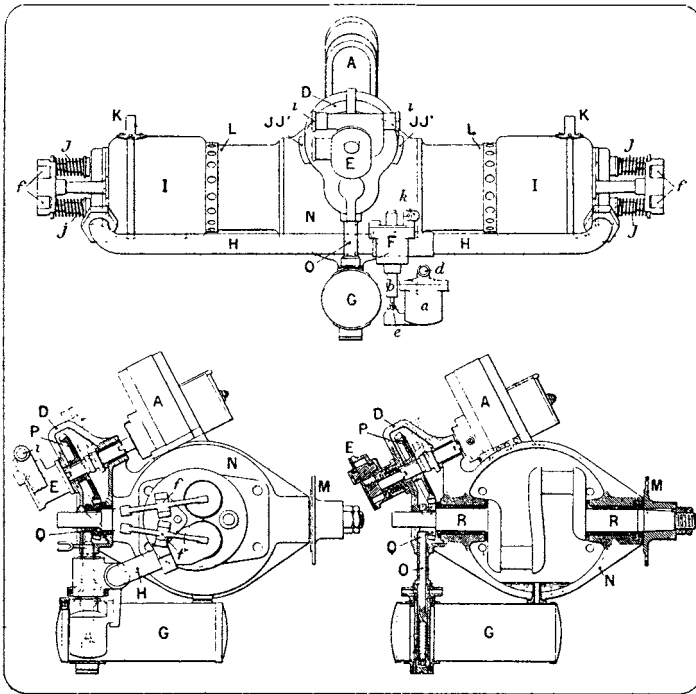
Р—зубчатка на распредѣлительномъ валу,

Q—зубчатка на главномъ валу,

В—главный валъ,

а—сосудъ карбуратора съ поплавкомъ,

- в—входъ воздуха,
 д—притокъ бензина къ сосуду съ поплавкомъ,
 е—пульверизаторъ,
 ф—клапанные рычаги,
 и—отверстія водяного насоса,
 ж—клапанныя пружины,
 к—рукоятъ впуска смѣси.



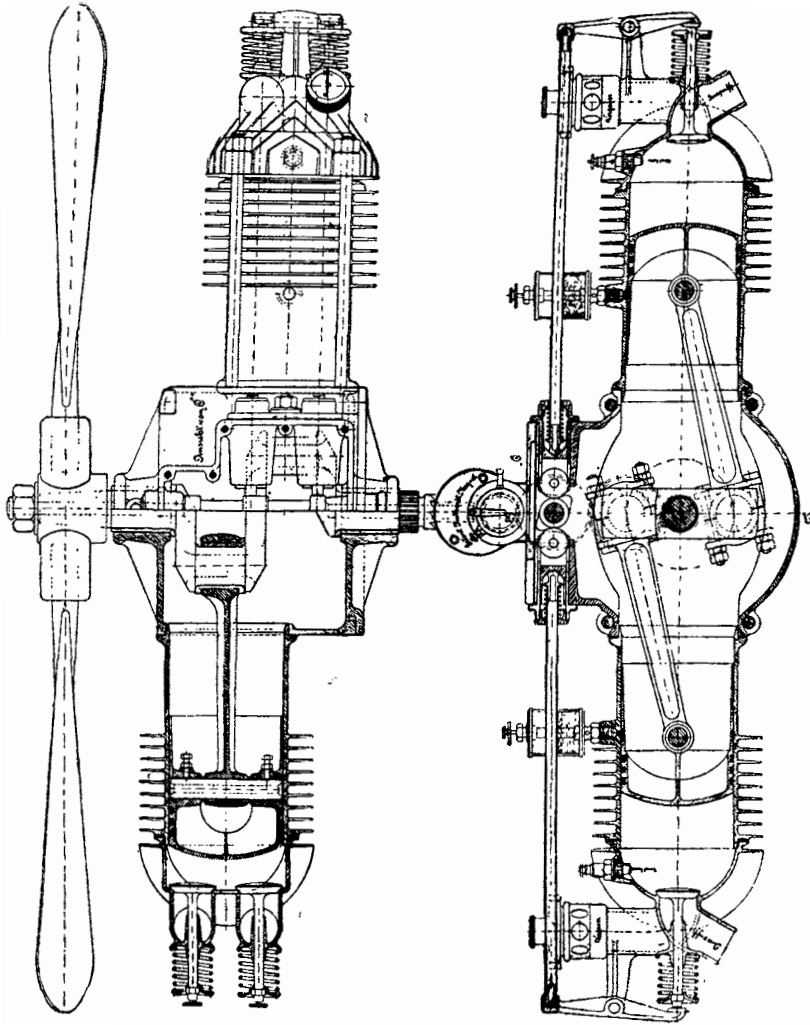
Фиг. 50, 51 и 52.

Расположеніе частей двигателя таково, что посредствомъ одной и той же пары зубчатыхъ колесъ приводятся въ движеніе: четыре клапана, воспламенитель, водяной и масляный насосы.

§ 24. Шнеевейсъ (*Schneeweiss*).

Двигатель Шнеевейса представленъ въ фиг. 52 и 53. Здѣсь каждый изъ шатуновъ дѣйствуетъ на отдѣльное колѣно вала. Охлажденіе воздушное. Клапаны управляемые. Крайней про-

стой и компактностью отличается карбураторъ, не имѣющій поплавка.



Фиг. 53 и 53а.

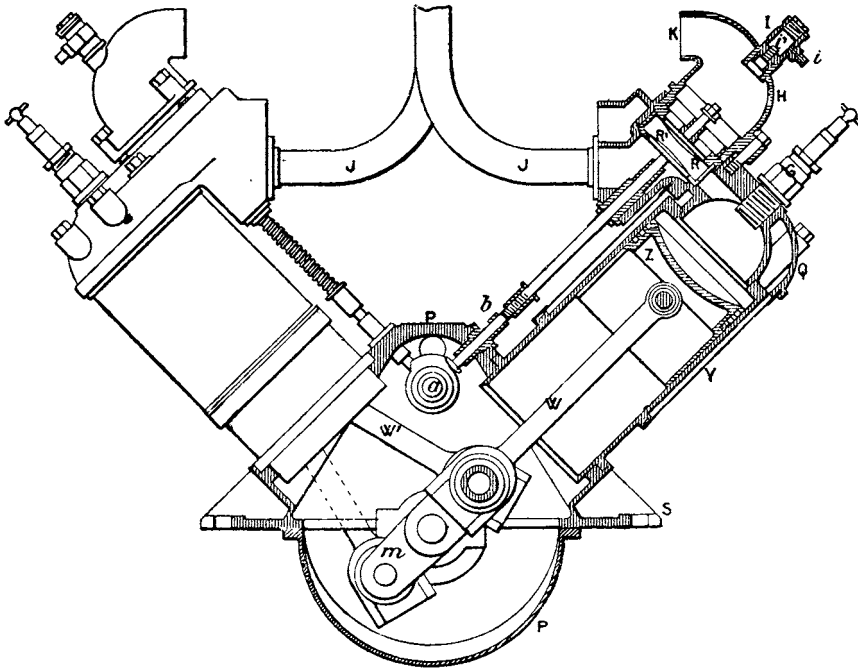
В. Двигатели V—образнаго типа.

§ 25. Антуанетъ (*Antoinette*).

Двигатель Антуанетъ, конструированный Левассеромъ, былъ первымъ по времени изъ двигателей, построенныхъ

спеціально для аэроплановъ, съ очень малымъ вѣсомъ на лош. силу.

Съ начала появленія двигателя Антуанетъ до настоящаго времени въ немъ былъ сдѣланъ рядъ измѣненій; мы описываемъ одинъ изъ послѣднихъ типовъ его. Фиг. 54 представляетъ частью поперечный разрѣзъ двигателя (по оси цилиндровъ), частью боковой видъ, фиг. 55 — продольный видъ



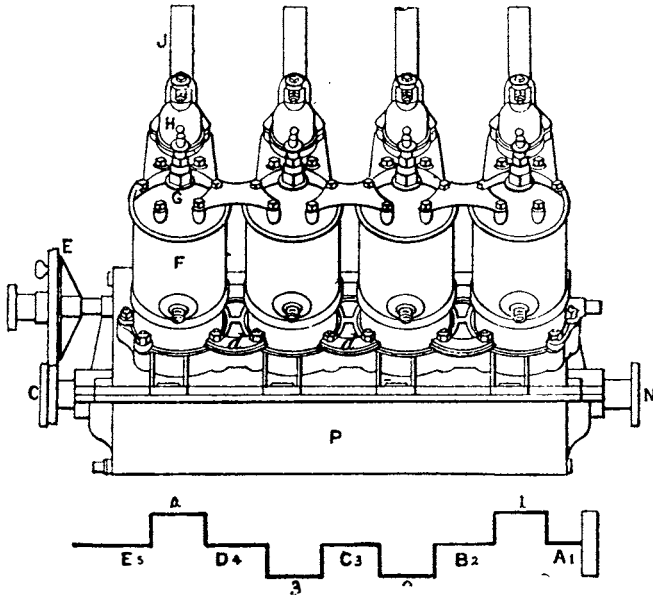
Фиг. 54.

восьмицилиндроваго двигателя, фиг. 56—колѣнчатый валъ и фиг. 57—планъ двигателя. Въ фиг. 58 изображенъ двигатель Антуанетъ на монопланѣ той же фирмы.

Цилиндры расположены по четыре въ двухъ плоскостяхъ, образующихъ между собой уголъ въ 90° и наклоненныхъ относительно вертикальной плоскости на уголъ въ 45° . Поршни Z посредствомъ шатуновъ W и W' (фиг. 54) дѣйствуютъ по два на одно колѣно вала, для чего оси соответствующихъ цилиндровъ сдвинуты нѣсколько въ направленіи, перпендикулярномъ къ геометрической оси главнаго вала (фиг. 57).

Форма камеры сжатія съ цѣлью уменьшенія поверхности ея и тѣмъ самымъ охлажденія газовъ приближается къ шарообразной (фиг. 54).

Матерьяломъ для цилиндровъ служитъ сталь *), для поршней — чугунъ, рубашка У (для водяного охлажденія) изготовляется отдѣльно отъ цилиндровъ изъ электролитической мѣди (гальванопластическимъ способомъ). Для компенсаціи неравномѣрнаго расширенія цилиндра и рубашки служитъ мѣдное кольцо, введенное въ стыкъ между ними. Для коробки вала примѣняютъ алюминій.

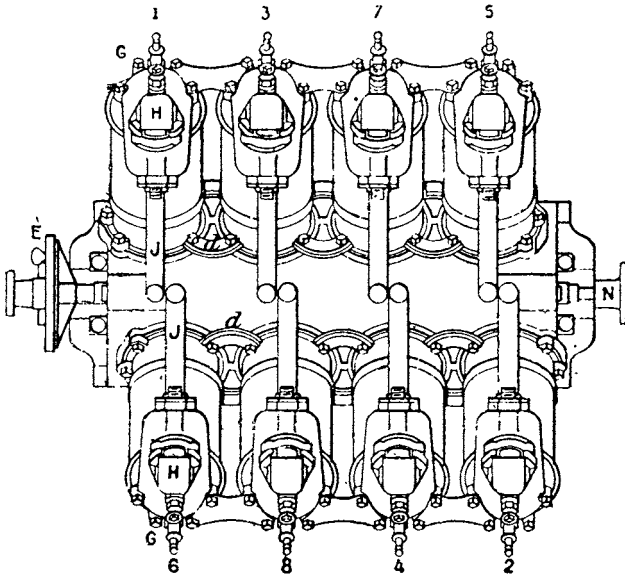


Фиг. 55—56.

Впускные клапаны R (фиг. 54) автоматическіе, выпускные R' управляются однимъ общимъ распредѣлительнымъ валомъ P съ соотвѣтствующимъ количествомъ кулачковъ на немъ. Продукты горѣнія удаляются непосредственно въ атмосферу по короткимъ трубкамъ J (фиг. 54). Подача бензина изъ резервуара и карбурація воздуха, поступающаго въ цилиндры, совершается такимъ путемъ (фиг. 59 и 60): неболь-

*) Головы цилиндровъ составляютъ одно цѣлое съ послѣдними; изготовленіе головъ отдѣльно изъ алюминія теперь оставлено.

шой насосъ *h* подаетъ горючее въ двѣ трубки, расположенныя вдоль головъ цилиндровъ *); изъ нихъ черезъ отростки *g* бензинъ поступаетъ къ отдѣльнымъ для каждого клапана трубкамъ *b* съ очень тонкимъ каналомъ *f* въ днѣ, сообщающимъ *b* съ пространствомъ *e* надъ впускнымъ клапаномъ *e*. При всасываніи воздуха черезъ *e* и при наступающемъ здѣсь разрѣженіи его бензинъ черезъ *f* пульверизуется и насыщаетъ воздухъ. Степень насыщенія послѣдняго зависитъ — при постоянной скорости вращенія двигателя — отъ высоты столбика бензина въ трубкѣ *b*, образуящаго извѣстный на-



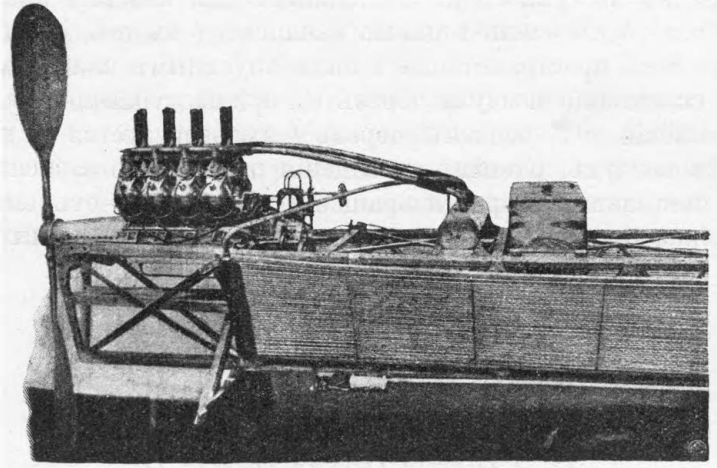
Фиг. 57.

поръ; при уменьшеніи нагрузки насосъ подаетъ меньше бензина въ трубки *g*, что совершается измѣненіемъ хода насоса, и такимъ образомъ регулируетъ пропорцію смѣси.

Двигатель Антуанетъ можетъ получить вращеніе въ обѣ стороны; для этого зубчатка *t* распределительнаго вала (фиг. 61 и 62), приводимая въ движеніе шестерней *s* отъ главнаго вала (отношеніе радиусовъ *t* и *s* равно какъ всегда въ четырехтактныхъ двигателяхъ двумъ), сидитъ на немъ

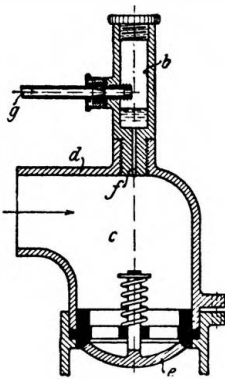
*) Схема относится къ 16-ти цилиндровому двигателю.

свободно и можетъ быть удержана въ неподвижномъ положеніи посредствомъ штифта *c* втулки *x*, охватывающей

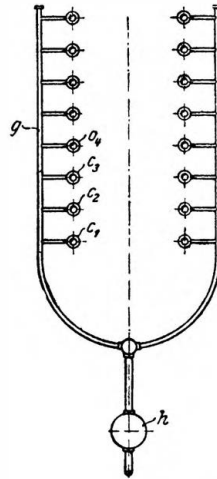


Фиг. 58

приливъ *y* съ двумя ребрами, препятствующими вращенію *x* по *y*. Пружина *z* обеспечиваетъ сдѣвленіе *x* съ *t*. Штифтъ *v*



Фиг. 59.

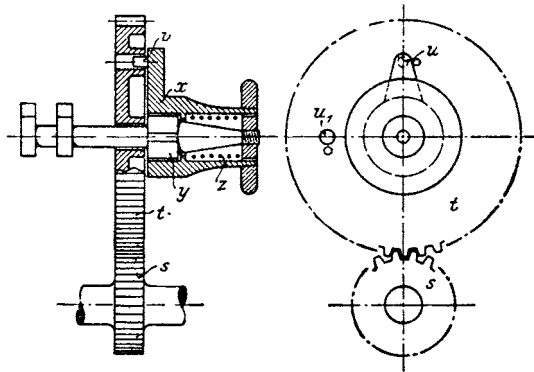


Фиг. 60.

можетъ быть вставленъ въ одно изъ двухъ отверстій *u* или *u*, зубчатки *t*. Перестановкой штифта изъ одного отверстия

въ другое при отведеніи x (на чертежѣ вправо) и при поворотѣ ея на 90° процессъ газораспределенія въ цилиндрахъ перемѣщается на 180° или на одинъ тактъ, что будетъ соответствовать движенію поршней въ томъ случаѣ, если двигатель перемѣнитъ направленіе движенія. Но при этомъ возникаетъ вопросъ о временахъ открытія и закрытія клапановъ по отношенію къ движенію поршня, такъ какъ стороны кулачковъ (передняя — открытіе и задняя — закрытіе клапана) мѣняются своими ролями.

Разсмотрѣнное устройство для полученія обратнаго хода*), какъ мы видимъ, весьма не сложно. Самая необходимость реверсивности подвергается однако сомнѣнію какъ въ примѣненіи къ аэростатамъ, такъ и въ аэропланахъ.



Фиг. 61 и 62.

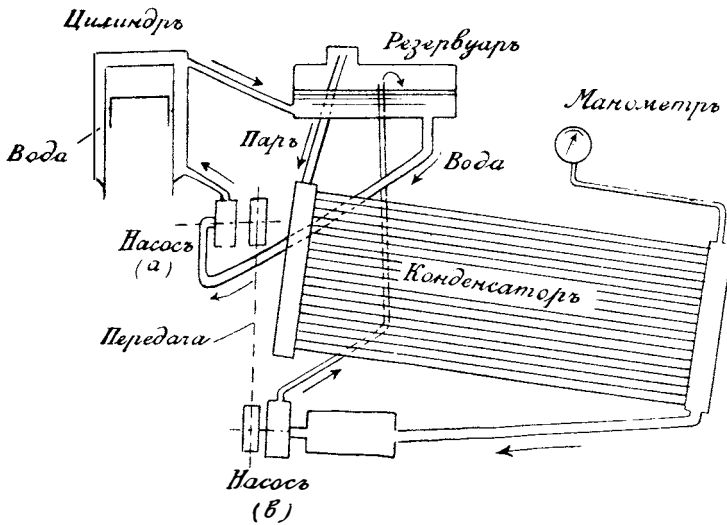
Для воспламененія служитъ магнитоэлектрическая машинка Боша высокаго напряженія или аккумуляторы; свѣчи расположены въ головѣ цилиндра (G, фиг. 54).

Въ цѣляхъ болѣе равномернаго распределенія усилій, дѣйствующихъ въ частяхъ двигателя, послѣдовательность рабочихъ ходовъ принята слѣдующей: въ отдѣльныхъ цилиндрахъ одного ряда (нечетныхъ, согласно фиг. 57) она подобна тому, что мы имѣемъ въ обыкновенныхъ четырехцилиндровыхъ двигателяхъ, т. е. при расположеніи колѣнъ вала, указанномъ въ фиг. 56, разность фазъ въ цилиндрахъ 1 и 5 (фиг. 57) составляетъ 360° — одинъ оборотъ вала или

*) Безъ необходимости останавливать двигатель.

два такта, въ цилиндрахъ 1 и 3 или 1 и 7— 180° ; при этомъ рабочіе ходы въ цилиндрахъ 1, 3, 5, и 7 слѣдуютъ въ порядкѣ, указанномъ цифрами. Въ промежуткахъ между ними работаютъ цилиндры 2, 4, 6, и 8. Воспламененія смѣси въ цилиндрахъ слѣдуютъ одно за другимъ черезъ четверть оборота вала. Построеніемъ общей діаграммы касательныхъ усилій *) не трудно обнаружить, что моментъ вращенія вала двигателя при этомъ относительно мало измѣняется. Практика показываетъ, что маховикъ можетъ быть откинуть.

Охлажденіе двигателя, какъ упоминалось, совершается водой. Въ цѣляхъ уменьшенія воды въ системѣ охлажденія



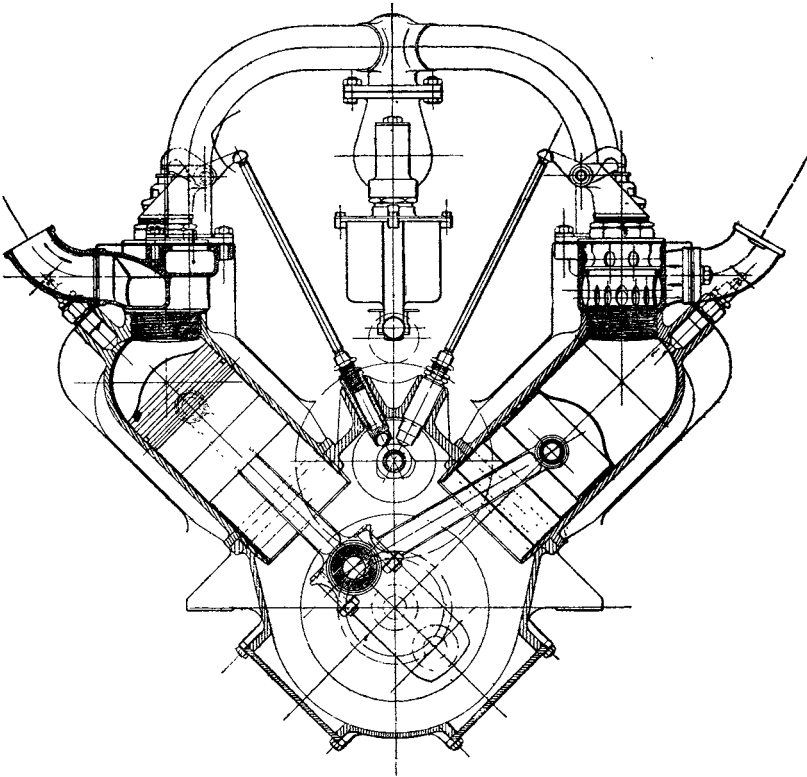
Фиг. 63.

часть жидкости подвергается испаренію, а для конденсаціи получившагося пара примѣняютъ особое устройство, изображенное схематически въ фиг. 63. Изъ нея мы видимъ, что вода и паръ совершаютъ различные пути: вода по выходѣ изъ рубашки цилиндра идетъ въ резервуаръ, оттуда къ насосу *a* и снова возвращается въ рубашку цилиндра. Паръ изъ верхней части резервуара поступаетъ въ конденсаторъ, гдѣ сгущается; получившаяся вода направляется къ насосу

*) О чемъ говорилось выше (§ 7).

и оттуда въ резервуаръ для того, чтобы быть поданной къ цилиндру.

Конденсаторъ состоитъ изъ двухъ рядовъ параллельныхъ трубокъ изъ алюминія діаметромъ 10 мм. съ толщиной стѣнокъ въ 0,3 мм. Для двигателя въ 50 л. с. охлаждающая поверхность равна 12 кв. м., длина конденсатора составляетъ 4 м., высота 0,45 м., погонная длина трубокъ 350 м. Вѣсъ



Фиг. 64.

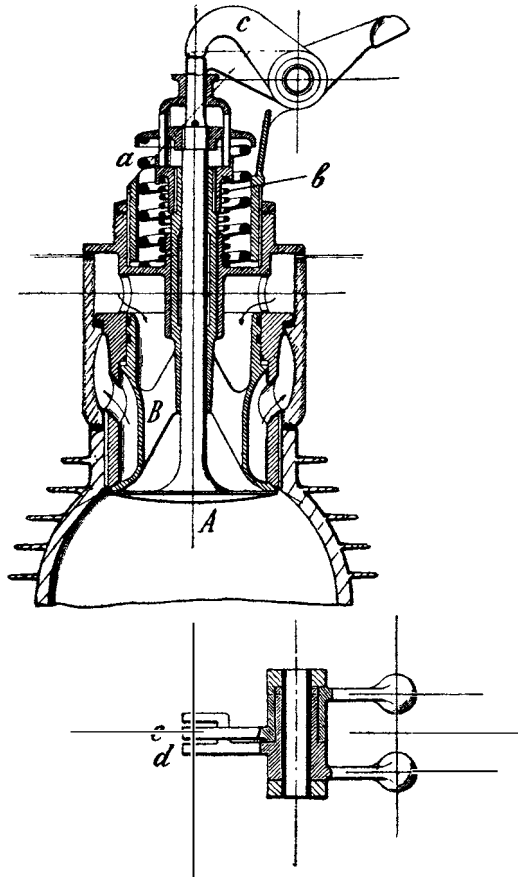
конденсатора—12 кгр. Количество воды въ системѣ охлажденія—8 литр. Общій вѣсъ всей системы—22 кгр.

Конденсаторъ описаннаго устройства помѣщается сбоку летательнаго аппарата, какъ то видно изъ фиг. 58, гдѣ представлена установка двигателя Антуанетъ на монопланѣ Ла-тама.

Цыфровыя данныя, относящіяся къ разсматриваемому двигателю, согласно указанному выше (§ 9) см. въ таблицѣ § 43.

§ 26. Пипъ (Pipе, Брюссель).

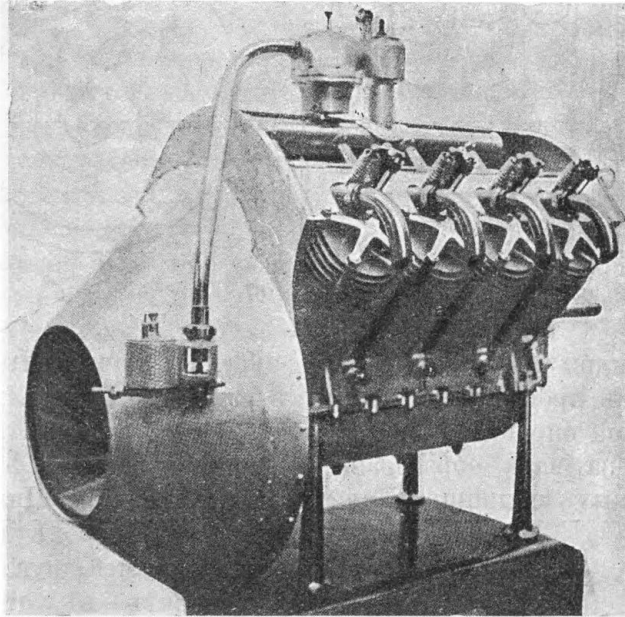
Расположеніе цилиндровъ въ числѣ восьми въ этомъ двигателѣ одинаково съ двигателемъ Антуанетъ (фиг. 64).



Фиг. 64а.

Особенностью двигателя является газораспредѣленіе. Впускной и выпускной клапанъ каждаго цилиндра (фиг. 64а) приводятся въ движеніе отъ общаго распредѣлительнаго

вала, расположеннаго такъ же, какъ и въ двигателѣ Антуанетъ. Впускной клапанъ *A* (съ пружиной *a*) расположенъ внутри выпускного *B* (съ пружиной *b*). Оба приводятся въ движеніе отдѣльными рычагами. Благодаря указанному расположенію клапановъ выпускной клапанъ охлаждается токомъ смѣси, поступающей въ цилиндръ. Направленія движенія газовъ указаны стрѣлками. Карбураторъ пульверизаціонный съ дополнительнымъ впускомъ воздуха.



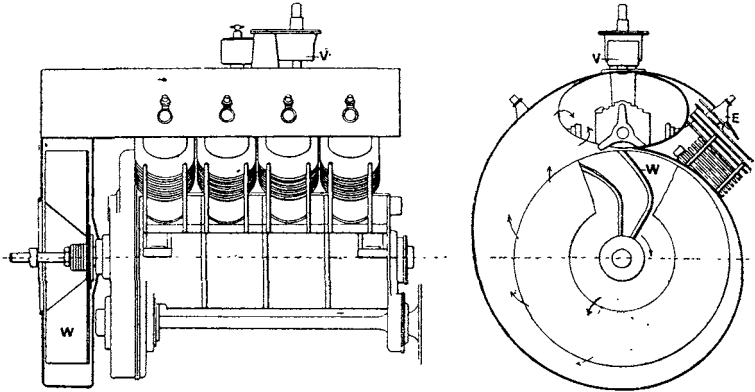
Фиг. 65.

Главный и распределительный валы имѣютъ шариковыя опоры, что облегчаетъ вопросъ о смазкѣ двигателя.

§ 27. Рено (*Renault, Billancourt, Seine*).

Этотъ двигатель подобенъ двигателю Антуанетъ по расположенію цилиндровъ (въ числѣ восьми), а также по вытекающимъ отсюда свойствамъ относительно равномерности и плавности хода. Охлажденіе цилиндровъ воздушное; съ этою цѣлью они снабжаются ребрами, а для болѣе тѣснаго соприкосновенія охлаждающаго воздуха цилиндры заключаются въ кожухъ. Фиг. 65 изображаетъ общій видъ двига-

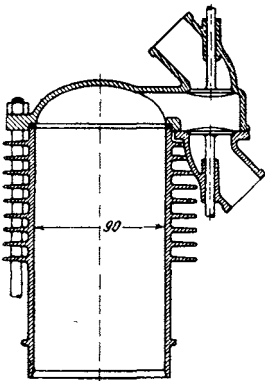
теля Рено; фиг. 67—схему двигателя съ одного изъ концовъ, изъ которой можно видѣть конструкцію кожуха, направляющаго воздухъ къ вентилятору и отъ послѣдняго къ стѣнкамъ двигателя. Въ фиг. 66 представленъ боковой видъ двигателя.



Фиг. 66 и 67.

Цилиндры изготовлены изъ чугуна съ отдѣльными головами съ прокладками въ стыкѣ изъ асбестовыхъ колець въ мѣдной оправѣ.

Коробка вала образована изъ двухъ частей (фиг. 65), снабженныхъ подшипниками для главнаго вала. Цилиндры притягиваются къ коробкѣ посредствомъ особыхъ стержней, другіе концы которыхъ проходятъ въ отверстія крестовинъ, накладываемыхъ на головы цилиндровъ.



Фиг. 68.

Для прикрѣпленія двигателя къ летательному аппарату служатъ четыре прилива на коробкѣ вала (фиг. 65).

Поршни чугунные; шатуны двухъ противоположащихъ — нѣсколько однако сдвинутыхъ въ продольномъ направленіи — цилиндровъ охватываютъ своими головками одно и то же колѣно вала каждый на половину длины.

Расположеніе клапановъ видно изъ фиг. 68; впускной клапанъ находится подъ выпускнымъ. Первый приводится

въ движеніе стержнемъ отъ распредѣлительнаго вала, второй—сочетаніемъ стержня и рычага (подобнымъ механизму въ двигателѣ Пипъ). Благодаря указанному положенію впускнаго клапана трубопроводы отъ карбуратора получаются короткими; выпускъ продуктовъ горѣнія совершается отъ клапановъ непосредственно въ атмосферу черезъ короткіе отростки.

Карбураторъ помѣщается съ одной стороны двигателя внизу, что облегчаетъ подачу горючаго къ сосуду съ постояннымъ уровнемъ. Трубопроводъ отъ него ведетъ смѣсь къ части, помѣщенной надъ серединой двигателя (фиг. 65), гдѣ совершается дополнительный автоматически регулируемый впускъ воздуха и регулированіе отъ руки количества смѣси, поступающей въ цилиндры.

Для смазки служитъ зубчатый насосъ, подающій масло изъ нижней части коробки вала къ подшипникамъ и колѣнамъ вала. Для очистки масла на нѣкоторой высотѣ въ коробкѣ помѣщена металлическая сѣтка. Магнитоэлектрической воспламенитель расположенъ надъ однимъ изъ концовъ вала въ пространствѣ между цилиндрами.

§ 28. E. N. V. (*E. N. V., Motors syndicate Ltd, Courbevoie*).

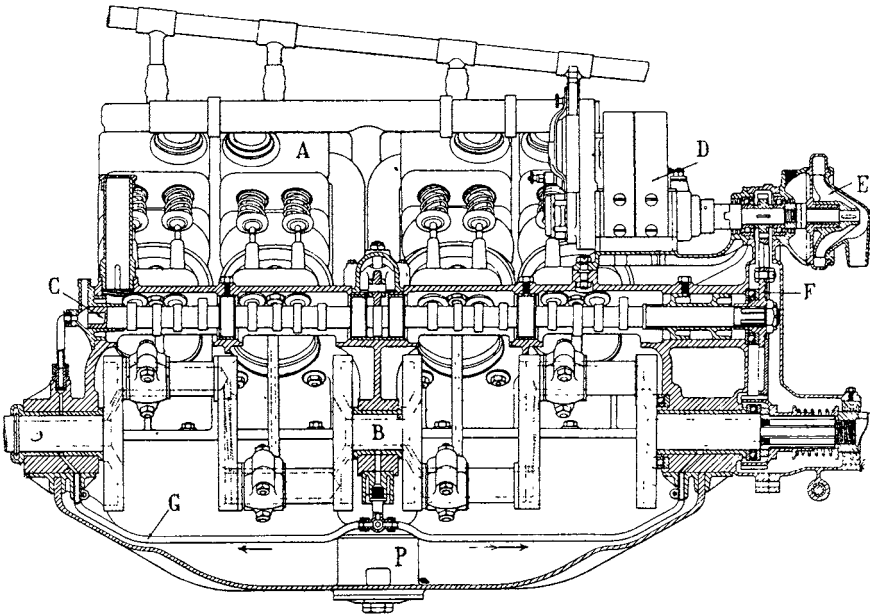
Двигатель E. N. V. типа Антуанетъ съ 8 цилиндрами представленъ въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ соответственно въ фиг. 69 и 70. Буквы первой фигуры обозначаютъ:

- A—цилиндры,
- B—колѣнчатый валъ на трехъ подшипникахъ,
- C—распредѣлительный валъ,
- D—воспламенитель,
- E—водяной насосъ (на одномъ валу съ воспламенителемъ),
- F—зубчатая передача отъ главнаго вала къ насосу и воспламенителю,
- G—маслопроводъ,

Обозначенія фиг. 70:

- A—цилиндры,
- B—рубашка,
- C—впускъ смѣси,
- D—выпускъ продуктовъ горѣнія,

- Е—главный валъ,
 F—распредѣлительный валъ,
 G—масляный насосъ (поршневой съ шариками вмѣсто клапановъ,
 H—передача къ поршню маслянаго насоса (катокъ и рычагъ),
 I поплавокъ, регулирующий притокъ масла въ камеру насоса G,
 M—маслопроводъ къ главному валу,



Фиг. 69.

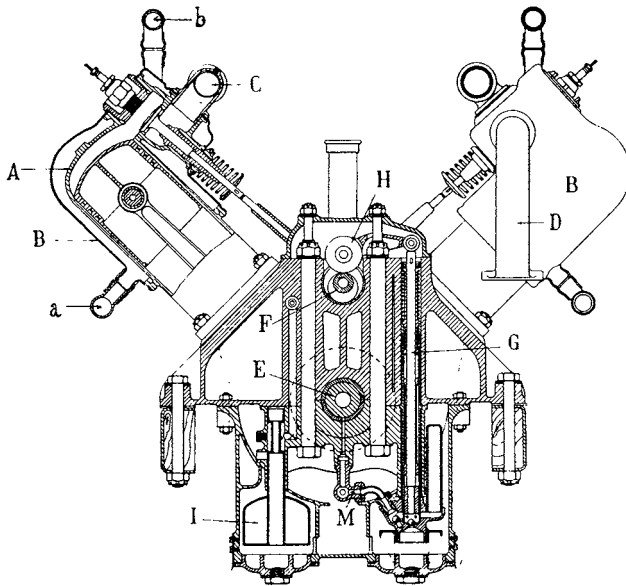
- а—трубка, подводющая воду,
 б—отводъ воды.

Цилиндры двигателя изготовлены изъ стали и обточены съ обѣихъ сторонъ. Рубашки изъ красной мѣди получены электролитическимъ путемъ и образуютъ такимъ образомъ одну цѣлую часть, плотно присоединенную къ стѣнкамъ цилиндра.

Клапаны, какъ всегда въ двигателяхъ типа V, расположены съ одной стороны, всѣ управляемые и приводятся въ движеніе

общимъ распредѣлительнымъ валомъ. Для уменьшенія клапанной коробки (въ цѣляхъ пониженія теплоотдачи) оси клапановъ наклонены къ оси цилиндровъ (фиг. 71).

Для подачи масла служитъ насосъ съ поршнемъ G (фиг. 70), приводимымъ въ движеніе рычагомъ H съ каткомъ; катокъ нажимается пружиной на кулачокъ на распредѣлительномъ валу, находящийся приблизительно на срединѣ его (по длинѣ, фиг. 69)). Постоянный уровень масла въ камерѣ насоса поддерживается поплавкомъ I, регулирующимъ притокъ

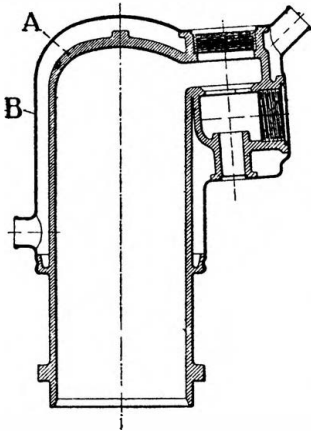


Фиг. 70.

масла изъ коробки вала. Клапаны въ насосѣ замѣнены шариками. Масло изъ коробки вала, проходя черезъ сѣтку, поступаетъ къ подшипникамъ главнаго вала, оттуда во внутренность послѣдняго (изготавлиаемаго полымъ), въ колѣна вала и черезъ пустотѣлые поршни и ихъ цапфы на внутреннюю поверхность цилиндровъ, откуда, стекая, собирается въ коробкѣ. Распредѣлительный валъ (пустотѣлый) смазывается такимъ же путемъ.

Для измѣненія мгновенія воспламененія служитъ винтовая передача отъ главнаго вала (на концѣ его) черезъ ко-

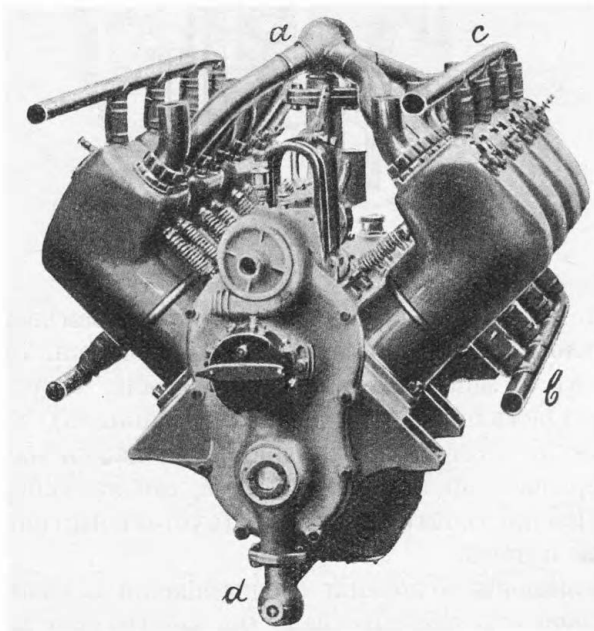
лесо на распределительномъ валу къ колесу воспламенителя. Продольнымъ передвиженіемъ колеса на главномъ валу и достигаютъ указанной цѣли. При этомъ вращается также распределительный валъ, но поворотъ его относительно



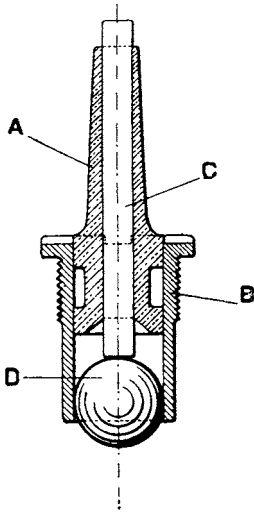
Фиг. 71.

главного, благодаря большому радиусу колеса, значительно меньше поворота вала воспламенителя (въ 4 раза).

Описанный типъ двигателя Е. N. V. предназначается для аэростатовъ и отличается нѣкоторыми деталями отъ болѣе легкаго аэропланнаго двигателя той же фирмы, изображеннаго въ фиг. 72. Изъ фиг. 72 можно усмотрѣть расположеніе карбуратора и трубопроводовъ отъ него (*a*) къ впускнымъ клапанамъ, воспламенителя, трубопроводовъ для охлажденія (*b*—подведеніе воды, *c*—отводъ воды), *d*—масляный насосъ, водяной насосъ надъ нимъ. Главный валъ имѣетъ



Фиг. 72.



Фиг. 73.

пять шариковыхъ подшипниковъ. Для пониженія вредныхъ сопротивленій въ механизмъ газораспредѣлительнаго вала и стержней С. дѣйствующихъ на стержни клапановъ (фиг. 73), введены промежуточные шарики D (втулка А бронзовая, Е — стальная).

Главные (наибольшіе) размѣры двигателя Е. N. V. (типъ Е въ 60 л. с.) таковы:

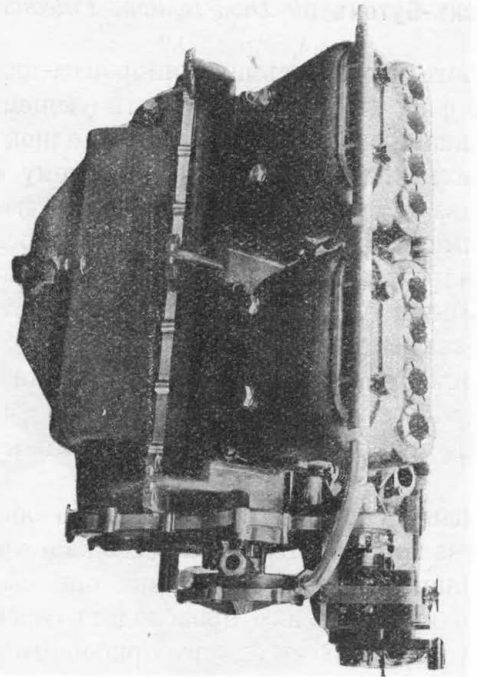
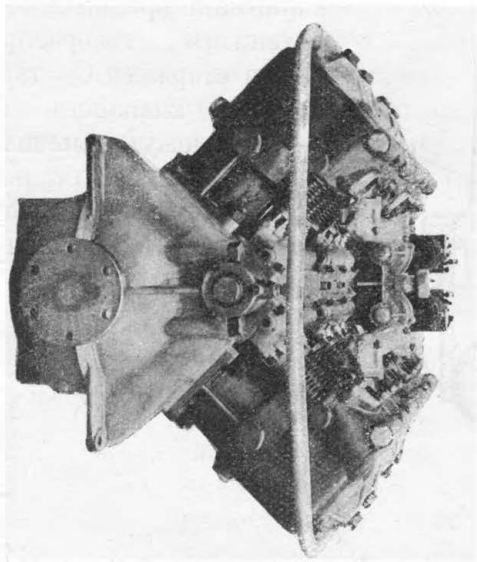
длина	888 м.м.
ширина	600 „
высота	555 „

§ 29. Діонъ-Бутонъ (*de-Dion-Bouton, Putaux, Seine*).

Особенности этого восьмицилиндроваго двигателя, изображеннаго въ фиг. 74, состоятъ въ слѣдующемъ: валъ съ четырьмя роликами, расположенными въ одной плоскости, лежитъ на трехъ подшипникахъ. Къ каждому колѣну присоединено по два шатуна, при чемъ одинъ изъ нихъ имѣетъ вилкообразный конецъ, благодаря чему оси противоположащихъ цилиндровъ находятся въ одной плоскости. Вкладышъ въ головкѣ перваго шатуна проходитъ черезъ головку второго. Такъ какъ относительное вращеніе обѣихъ головокъ невелико и слѣдовательно не велика работа тренія, то размѣръ вилки въ свѣту, назначенный для другаго шатуна, можетъ быть принятъ въ цѣляхъ экономіи въ вѣсѣ небольшимъ.

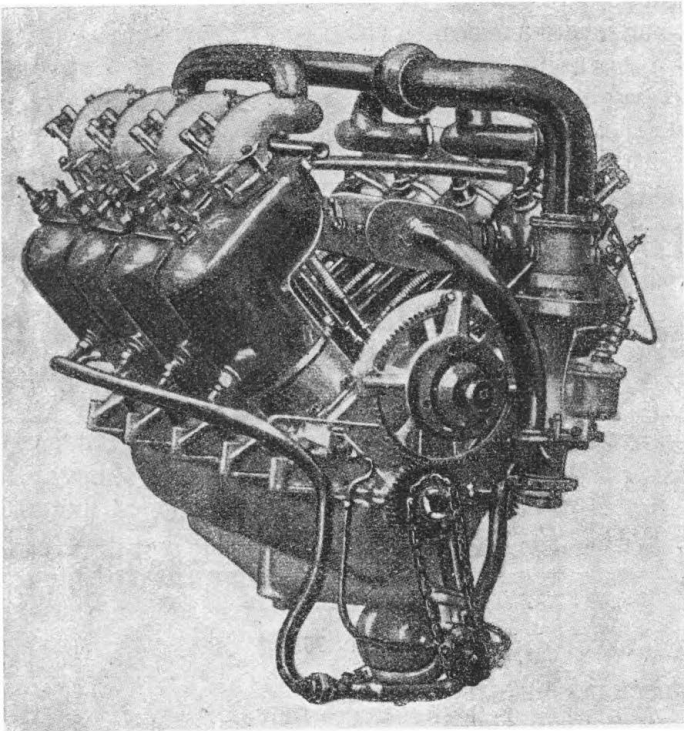
Всѣ клапаны управляются отъ одного общаго распредѣлительнаго вала. Двигатель въ видахъ надежности снабженъ двумя воспламенителями; такъ какъ они даютъ искры поочередно, то вращеніе ихъ происходитъ со скоростью вдвое меньшей по сравненію съ однимъ приборомъ для этой цѣли.

Въ разсматриваемомъ двигателѣ обращаетъ на себя вниманіе широкое примѣненіе алюминія, изъ котораго сдѣланы



Фиг. 74

клапанные пробки, трубопроводы, верхнія части рубашекъ на головахъ цилиндровъ. Алюминіевый картеръ имѣетъ внизу нѣсколько большій сборникъ масла (изъ котораго масло берется насосомъ) по сравнению съ автомобильными двигателями ввиду болѣе значительныхъ наклоновъ воздухоплавательнаго аппарата.



Фиг. 75.

§ 30. Кертингъ (*Gebrüder Körting*).

Этотъ двигатель (фиг. 75 и 76) отличается отъ другихъ аэростатныхъ двигателей числомъ и расположеніемъ своихъ цилиндровъ, которые въ числѣ восьми расположены подобно двигателю Антуанетъ. Цилиндры и поршни двигателя Кер-

тинга — чугуныя. рубашки — мѣдныя. Клапаны помѣщены одинъ надъ другимъ въ особой камерѣ, отлитой за одно цѣлое съ цилиндромъ. Впускной клапанъ (верхній) приводится въ движеніе стержнемъ и рычагомъ, выпускной — стержнемъ.

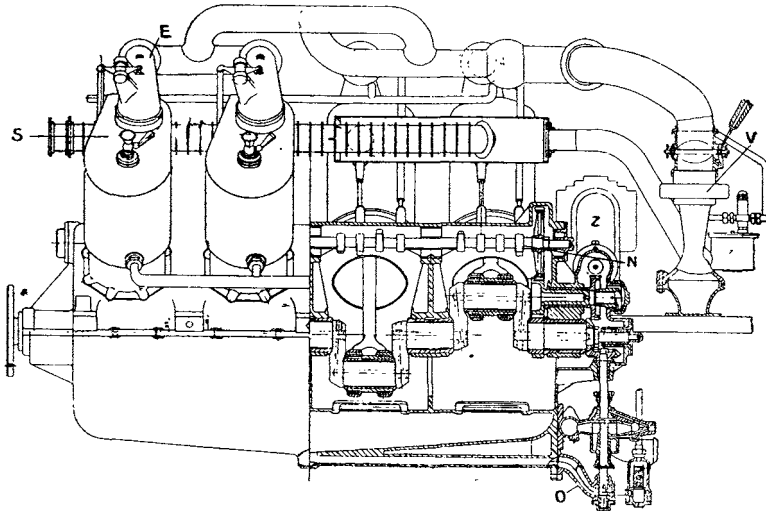
Буквы въ фиг. 76 обозначаютъ:

Е — впускной клапанъ,

N — распредѣлительный валъ,

V — карбураторъ,

O — масляный насосъ,



Фиг. 76.

Z — воспламенитель,

S — выхлопная труба,

Для воспламененія служатъ двѣ магнитоэлектрическія машинки высокаго напряженія, изъ которыхъ одна является запасной. Послѣдовательность воспламененія въ цилиндрахъ нѣсколько отличается отъ указанной выше для двигателя Антуанетъ (фиг. 57), а именно: если цилиндры одного ряда обозначимъ нечетными, а другого четными цифрами, то будемъ имѣть такой порядокъ воспламененія: 1, 3, 7 и 5 и 4, 6, 2 и 8, идя въ одномъ и томъ же направленію въ обоихъ рядахъ. Равнодѣйствующая касательная сила (и моментъ вращенія главнаго вала) остается тѣмъ же; но измѣняется

распредѣленіе усилій, дѣйствующихъ въ частяхъ двигателя, что должно извѣстнымъ образомъ отразиться на плавности хода двигателя. Выясненіе практическаго значенія этого обстоятельства подлежитъ испытанію.

Двигатель снабженъ небольшимъ маховикомъ.

Двигатель Кертинга установленъ на аэростатѣ Гросса (Gross).

Къ только что описанному типу принадлежатъ двигатели *Румплера* (Rumpler) и *Вермореля* (Vermorel). Послѣдній съ восемью охлаждаемыми воздухомъ цилиндрами и клапанами, помѣщенными въ головахъ цилиндровъ и управляемыми каждый стержнемъ и рычагомъ. Карбураторъ съ автоматическимъ регулированіемъ доступа воздуха. Сюда же относится четырехцилиндровый двигатель Морсъ *).

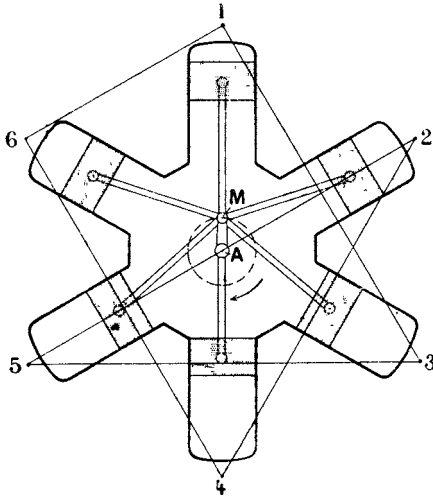
Г. Двигатели звѣздообразные и вѣрообразные.

§ 31. Эсно-Пельтри (*Robert Esnault-Pelterie, REP, Billancourt, Seine*).

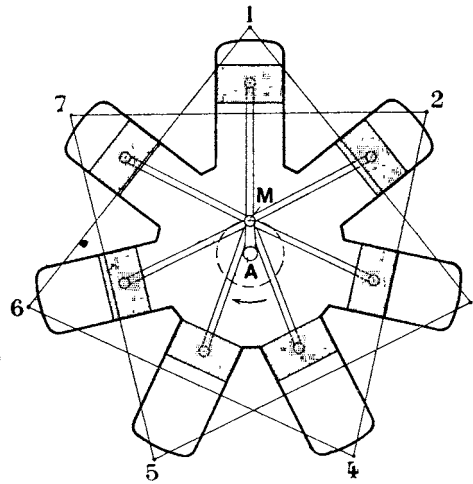
Основаніемъ для конструированія двигателей Эсно-Пельтри послужило указанное выше стремленіе (§ 7) получить равнобѣрно вращающійся двигатель, части вала котораго испытывали бы по возможности постоянныя напряженія. Теоретически это достигается радіальнымъ расположеніемъ цилиндровъ, шатуны которыхъ дѣйствуютъ на одно и то же колѣно вала; при этомъ число цилиндровъ необходимо должно быть нечетнымъ, что ясно изъ фиг. 77 и 78, въ которыхъ указана послѣдовательность рабочихъ ходовъ для шести-и семицилиндроваго двигателей. То же будетъ справедливо и для какого угодно другого числа цилиндровъ. Въ семицилиндровомъ двигателѣ (фиг. 78) въ теченіе двухъ оборотовъ главнаго вала, т. е. въ теченіе періода, соотвѣтствующаго полному четырехтактному циклу, мы получимъ по одному воспламененію въ каждомъ цилиндрѣ въ порядкѣ, указанномъ линіями, соединяющими оси цилиндровъ, т. е. послѣдовательно въ цилиндрахъ 1, 3, 5, 7, 2, 4 и 6, при чемъ угловое

*) L'Automobile, 1909 г., стр. 777 и 786.

разстояніе между двумя воспламененіями будетъ одно и то же, а слѣдовательно и всѣ остальные процессы будутъ равномерно расположены по окружности круга. Если построить для этого случая кривую касательныхъ усилій, вращающихъ валъ, или пропорціональныя имъ величины вращающихъ моментовъ, то мы получимъ плавно и относительно мало и при томъ периодически измѣняющуюся линію. При четномъ числѣ цилиндровъ (фиг. 77) условіе одинаковости угла поворота отъ одного воспламененія до другого соблюдено не будетъ (см. ниже двигатель Фарко).



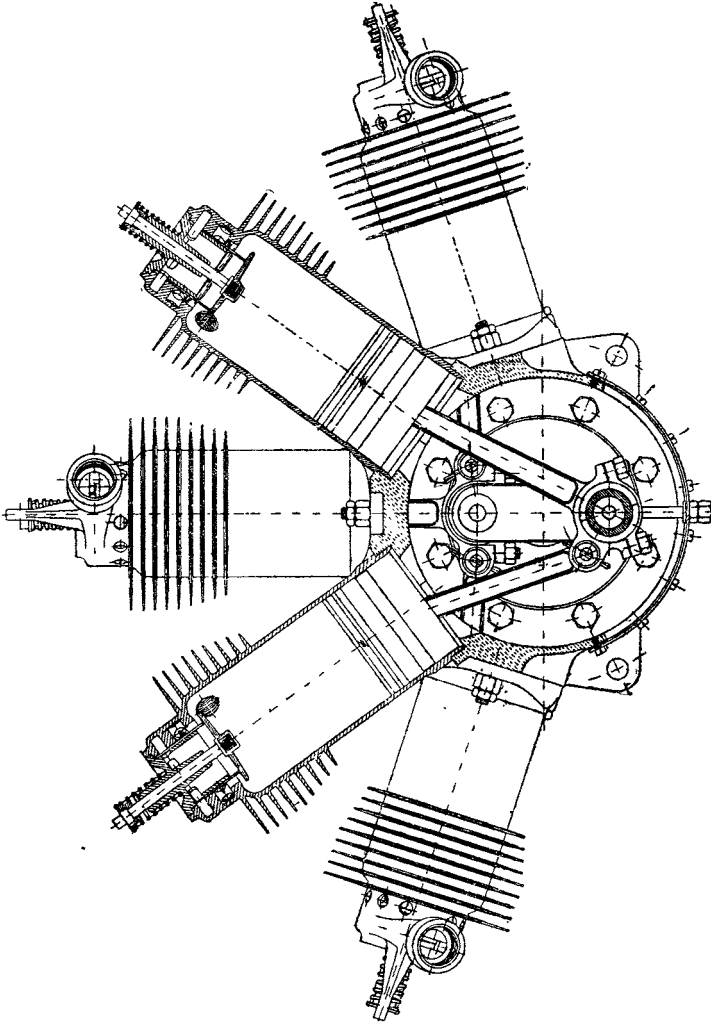
Фиг. 77.



Фиг. 78.

При переходѣ къ практическому осуществленію намѣченнаго двигателя приходится видоизмѣнить указанное только что звѣздообразное расположеніе цилиндровъ, такъ какъ смазка тѣхъ изъ нихъ, которые должны были бы быть обращены головами внизъ, оказывается затруднительной. Ввиду этого указанные цилиндры вмѣстѣ съ соответствующимъ колѣномъ вала повертываются около горизонтальной линіи на 180° . Такими въ семицилиндровомъ двигателѣ (см. схему фиг. 78) будутъ четыре цилиндра 3, 4, 5 и 6. Цилиндры эти, имѣя поршни, дѣйствующіе на колѣно вала, образующее уголъ въ 180° съ колѣномъ вала для цилиндровъ 1, 2 и 7, должны находиться въ другой, параллельной первой,

вертикальной плоскости. Кроме описанного нужно сделать еще чисто формальное, но влияющее на порядок воспламенения, перемещение повернутых цилиндров: после поворота этих цилиндров на 180° порядок номеров их



Фиг. 79.

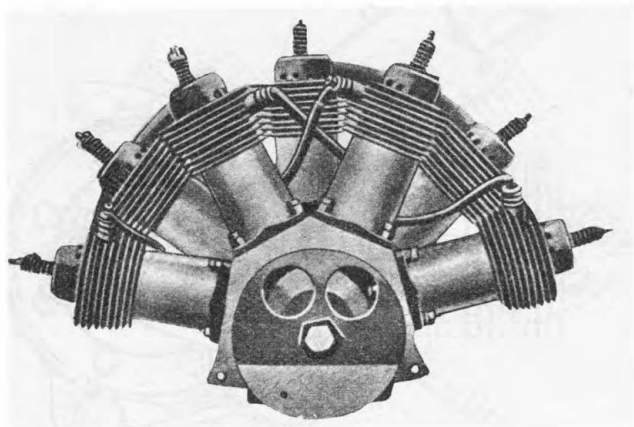
не будет соответствовать направлению вращения двигателя: необходимо поэтому цилиндры представить повернутыми около вертикальной оси вращения на 180° . Окончательно для пяти-и семицилиндрового двигателя мы получим следующую

порядокъ цилиндровъ (идя слѣва направо): 5, 3, 1, 4, 2 и 3, 7, 4, 1, 5, 2, 6.

Двигатель только что описаннаго устройства съ пятью цилиндрами представленъ въ фиг. 79. Фиг. 80 и 81 показываютъ общій видъ семицилиндроваго двигателя.

Двигателя съ 10 и 14 цилиндрами представляютъ собою соотвѣтственно сдвоенные пяти-и семицилиндровые двигатели, т. е. оси цилиндровъ въ нихъ располагаются уже въ четырехъ параллельныхъ плоскостяхъ.

Поршни (фиг. 82—разрѣзъ двигателя) вытачиваются изъ цѣлыхъ кусковъ стали. Для присоединенія къ нимъ шатуновъ на днѣ каждого поршня имѣется особый кольцевой



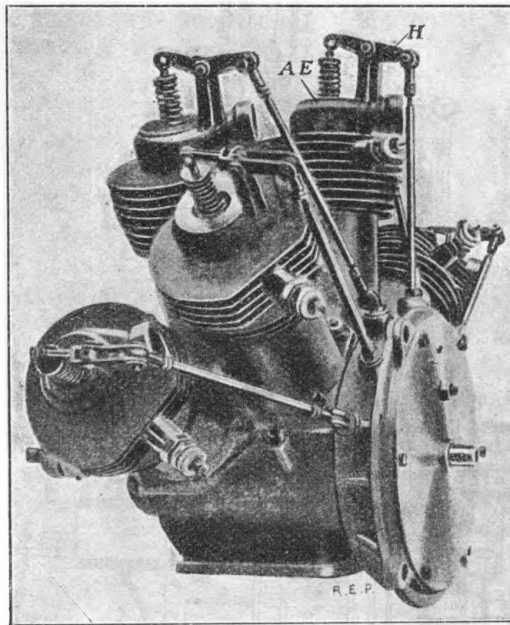
Фиг. 80.

приливъ, въ который ввинчивается цилиндрическая часть съ отверстиями для цапфы шатуна и закрѣпляется въ определенномъ положеніи штифтомъ. Отдѣльно часть эта представлена въ фиг. 83, гдѣ В—шатунокъ, Р—пустотѣлая цапфа, могущая вращаться въ ушкѣ L шатуна и въ двухъ концахъ W поршня (*ac*—сталь, *br*—бронза). Такое устройство цапфы шатуна съ концами внутри поршня содѣйствуетъ болѣе надежной смазкѣ ея.

Колѣно вала охватывается однимъ изъ шатуновъ, лежащихъ въ одной и той же плоскости; остальные присоединяются къ головкѣ перваго посредствомъ ушковъ и цапфъ (фиг. 79 и 84). Главные шатуны въ зависимости отъ числа

цилиндровъ съ осями въ одной плоскости имѣютъ два или три ушка. Подобный способъ устройства имѣетъ то преимущество, что въ ушкахъ, гдѣ вращеніе цапфы относительно невелико, треніе мало, поверхность соприкосновенія частей требуетъ повѣрки только на прочность; при этомъ можетъ быть получена извѣстная экономія въ вѣсѣ. Въ поперечномъ сѣченіи шатуны имѣютъ двутавровую форму.

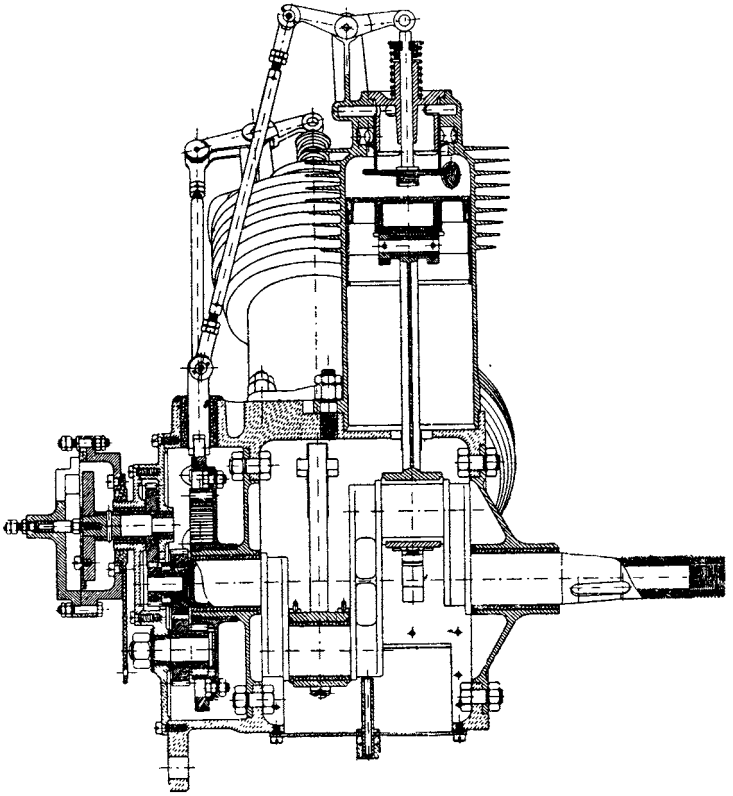
Дальнѣйшая особенность двигателя Эсно-Пельтри со-



Фиг. 81.

стоитъ въ газораспредѣленіи. Впускъ и выпускъ газовъ совершается посредствомъ одного общаго управляемаго клапана В. (фиг. 86), снабженнаго цилиндрической газораспредѣлительной частью съ отверстиями и воротникомъ С. По окончаніи процесса расширенія клапанъ опускается, изъ указаннаго на чертежѣ положенія, при чемъ продукты горѣнія изъ внутренности цилиндра выходятъ непосредственно въ атмосферу черезъ кольцевое отверстіе и рядъ мелкихъ отверстій А въ головной части цилиндра (фиг. 85 и 79). При

слѣдующемъ послѣ выпуска процесъ всасыванія смѣси клапанъ опускается далѣе внизъ, воротникъ клапана С закрываетъ выпускъ газовъ и сообщаетъ внутреннее пространство цилиндра черезъ тѣ же отверстія, камеру Е и трубку V съ карбураторомъ. По окончаніи впуска клапанъ быстро прижимается къ сѣдлу подѣ дѣйствіемъ пружины F.



Фиг. 82.

Выпускныя части при описанномъ устройствѣ охлаждаются токомъ поступающей въ цилиндръ смѣси.

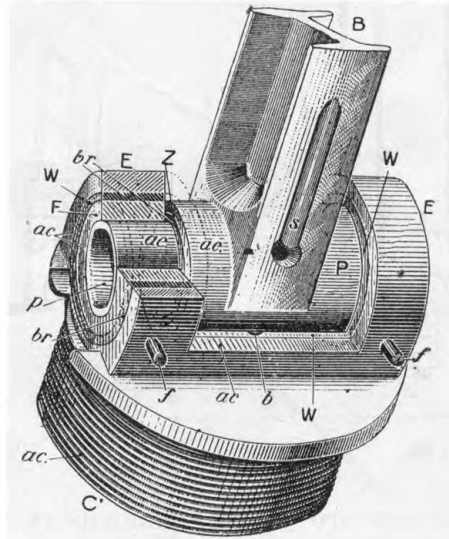
Управленіе движеніемъ клапановъ производится при помощи рычаговъ и кулачной шайбы, сидящей на главномъ валу двигателя. Число кулачковъ на шайбѣ и скорость вра-

шенія ея опредѣляются въ зависимости отъ числа цилиндровъ и порядка воспламененія въ нихъ*).

Для насыщенія воздуха бензиномъ въ разсматриваемомъ двигателѣ (съ 5 или 7 цилиндрами) примѣняется одинъ общій карбураторъ, соединяемый отдѣльными трубопроводами приблизительно одинаковой длины съ цилиндрами **).

§ 32. Фарко (*Farcot. Парижъ*).

Мы опишемъ здѣсь устройство наиболѣе типичнаго и наиболѣе легкаго изъ двигателей Фарко — звѣздообразнаго



Фиг. 83.

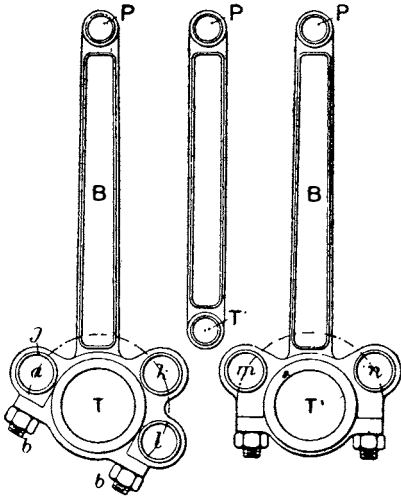
съ восемью цилиндрами ***). Оси цилиндровъ лежатъ въ

*) См. M. R. Esnault-Pelterie, Moteur extraléger à explosion, Extrait des mémoires de la société des ingénieurs civils de France, XII, 1907.

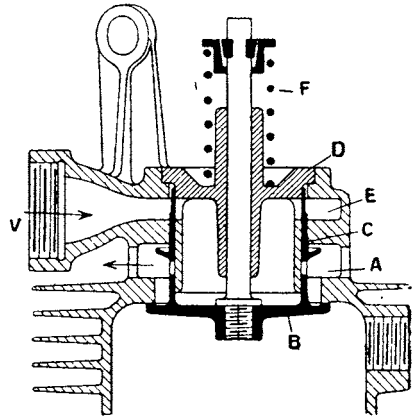
**) Замѣтимъ здѣсь, что на получение возможно одинаковой смѣси во всѣхъ цилиндрахъ многоцилиндроваго двигателя должно быть обращено большое вниманіе; къ сожалѣнію, вопросъ этотъ въ двигателяхъ представляетъ значительныя трудности для изслѣдованія.

***) Другой типъ по расположенію цилиндровъ подобенъ двигателю Антуанетъ.

двухъ горизонтальныхъ плоскостяхъ (фиг. 86, 87 и 88); шатуны въ каждой плоскости дѣйствуютъ на одно общее колѣно вала. Оси цилиндровъ не проходятъ черезъ ось главнаго вала (фиг. 86), а нѣсколько сдвинуты въ сторону съ тѣмъ, чтобы уменьшеніемъ угла, образуемаго шатуномъ при рабочемъ ходѣ поршня съ осью цилиндра, уменьшить боковое давленіе со стороны поршня на внутреннюю поверхность цилиндра (стр. 8 фиг. 1).



Фиг. 84.



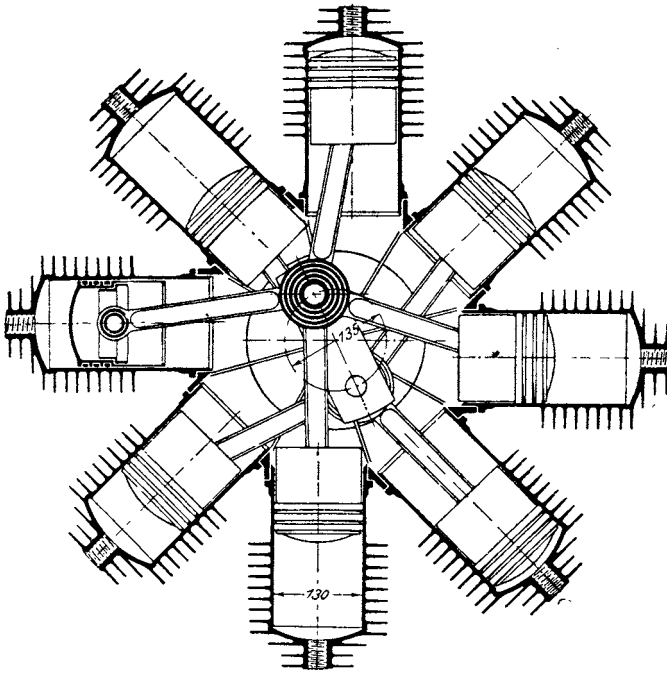
Фиг. 85.

Примѣненіе четнаго числа цилиндровъ имѣетъ слѣдствіемъ то, что угловое разстояніе между воспламененіями въ отдѣльныхъ цилиндрахъ не можетъ быть сохранено постояннымъ (§ 31). Дѣйствительно, при обозначеніи цилиндровъ по порядку номерами, начиная съ любого, въ направленіи часовой стрѣлки, мы получимъ слѣдующій порядокъ воспламененія въ нихъ: 1, 3, 5, 7, 2, 4, 6, 8. При этомъ уголъ между 7 и 2 составляетъ 135° , а между 8 и 1— 45° ; между остальными цилиндрами сохраняется уголъ въ 90° . Подобная неравномѣрность при восьми цилиндрахъ не вызываетъ однако столь замѣтныхъ относительныхъ измѣненій во вращающемъ моментѣ, чтобы являлась необходимость въ примѣненіи маховика.

Цилиндры двигателя составляютъ одно цѣлое съ голо-

вами, клапанными коробками и ребрами для воздушнаго охлажденія. Открытыми концами цилиндры вставляются въ отверстія коробки, прикрытой сверху и снизу крышками съ подшипниками для главнаго вала.

Всѣ части шатунной передачи имѣютъ оригинальное устройство. Цапфа шатуна закрѣпляется не непосредственно подобно общепринятому въ стѣнкахъ поршня, а въ особой ввинчивающейся въ послѣдній части *), удерживаемой для



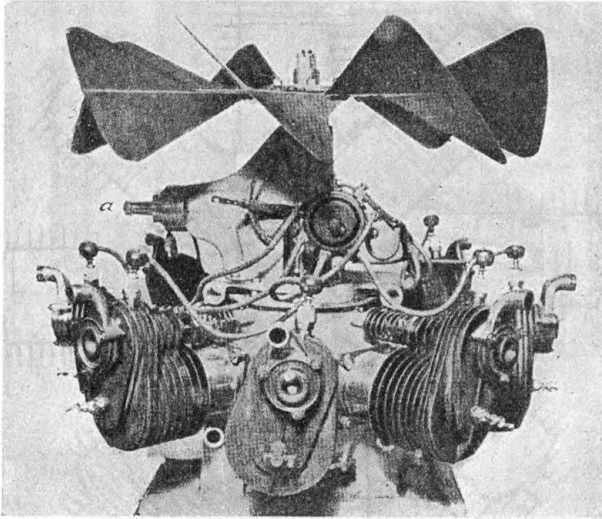
Фиг. 86.

надежности кольцомъ съ обратной рѣзбой. Такое устройство позволяетъ обточить поршень съ внутренней стороны и такимъ образомъ облегчить его, а сверхъ того большимъ или меньшимъ ввинчиваніемъ внутренней части поршня установить необходимую степень сжатія смѣси въ цилиндрѣ.

*) То же имѣли въ двигателѣ Эно-Пельтри.

Съ цѣлью уменьшенія моментовъ, стремящихся вывести главный валъ двигателя изъ вертикальнаго положенія, оси шатуновъ сдвинуты другъ къ другу въ направленіи оси главнаго вала (фиг. 88). Способъ соединенія головокъ шатуновъ съ колѣномъ вала, представленный въ фиг. 86 и 88, теперь оставленъ, и мы находимъ въ настоящее время устройство этой части, подобное соединенію въ двигателѣ Эсно-Пельтри.

Вращеніе винту отъ вала двигателя передается посред-

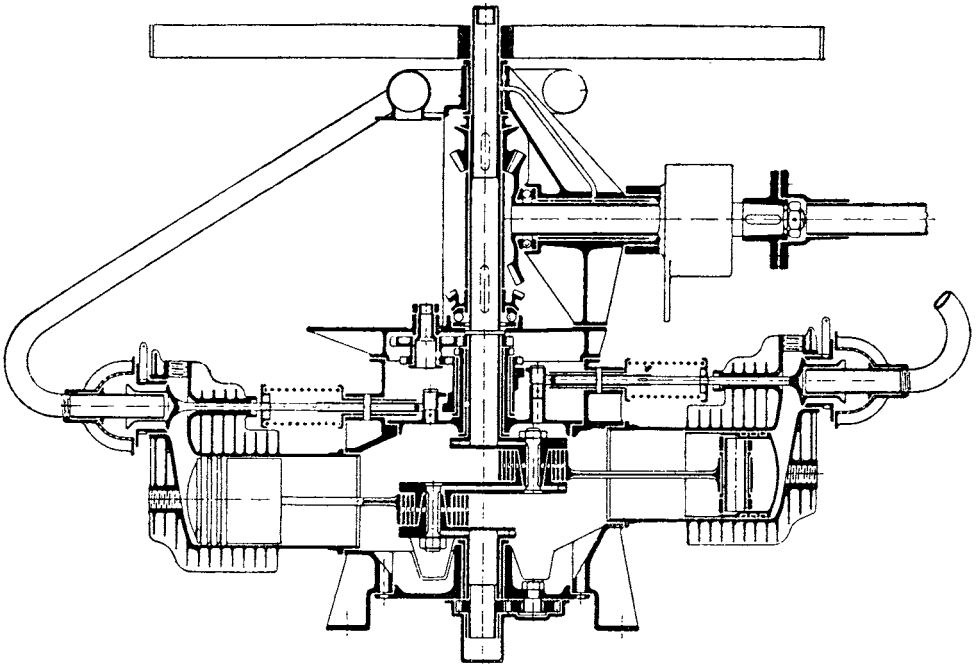


Фиг. 87.

ствомъ пары коническихъ зубчатокъ (фиг. 86), причемъ число оборотовъ винта меньше числа оборотовъ вала. Благодаря давленію на зубчатое колесо вала, направленному снизу вверхъ, являющемуся составляющей давленія на зубецъ колеса, валъ не требуетъ особой пяты.

Газораспределеніе въ двигателѣ Фарко производится однимъ общимъ для впуска и выпуска газовъ клапаномъ, устройство котораго видно изъ фиг. 89 и 90. Клапанъ состоитъ изъ тарелки *a* и присоединенной къ нему трубки *c*, въ средину которой входитъ конецъ другой трубки, подво-

дящей смѣсь отъ карбуратора. Въ части *c* имѣется рядъ отверстій *e*, черезъ которыя при положеніи клапана, представленномъ въ фиг. 89, смѣсь можетъ поступать во внутренность цилиндра по направленію, указанному стрѣлкой. Въ дополненіе къ смѣси, въ которой долженъ заключаться избытокъ бензина, въ цилиндръ поступаетъ черезъ отверстія въ клапанной крышкѣ *f* атмосферный воздухъ. Расширеніе на концѣ части *c* клапана имѣетъ назначеніемъ тор-



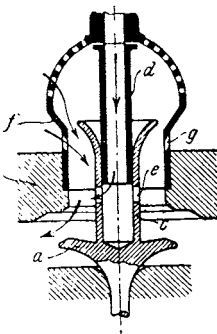
Фиг. 88.

мазать доступъ воздуха въ цилиндръ и совмѣстно съ вліяніемъ отверстій *e* дать возможность получить надлежащую пропорцію смѣси.

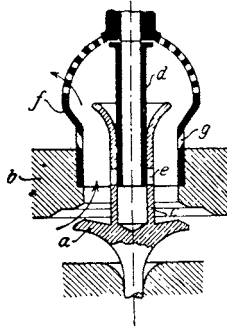
При различныхъ періодахъ цикла работы газовъ въ цилиндрѣ клапанъ занимаетъ слѣдующія положенія: при впускѣ — представленное въ фиг. 89, при сжатіи смѣси и расширеніи продуктовъ горѣнія клапанъ прижимается къ своему сѣдлу *b* пружиной, дѣйствующей на стержень его (фиг. 88); при выпускѣ клапанъ находится въ промежу-

точномъ положеніи (фиг. 90) между полнымъ открытіемъ (фиг. 89) и закрытіемъ его. При этомъ отверстія *e* прикрыты концомъ трубки *d*, и продукты горѣнія выходятъ непосредственно въ атмосферу черезъ отверстія колпака *f* играющаго роль шумоглушителя и препятствующаго появленію пламени снаружи при неполномъ сгораніи газовъ,

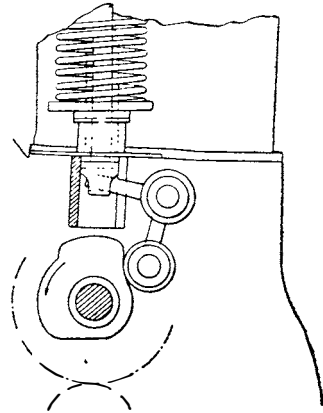
Клапаны приводятся въ движеніе посредствомъ (фиг. 90а) шайбы съ четырьмя двуступенчатыми (согласно указанному движенію клапановъ) кулачками, изъ которыхъ каждый управляетъ клапанами двухъ противолежащихъ цилиндровъ. Вращеніе кулачковъ совершается какъ обыкновенно въ четы-



Фиг. 89.



Фиг. 90.



Фиг. 90а.

рехтактныхъ двигателяхъ со скоростью вдвое меньшей, нежели скорость вращенія главнаго вала. Выполняется это посредствомъ двухъ паръ зубчатыхъ колесъ съ передаточными числами 4 : 3 и 3 : 2, дающими въ результатъ передачу, равную $\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = 2$.

Смѣсь отъ карбуратора поступаетъ въ особую кольцеобразную трубку, расположенную подъ вентиляторомъ (фиг. 88) концентрично съ валомъ двигателя, а оттуда по отдѣльнымъ отвѣтвленіямъ къ впускнымъ клапанамъ.

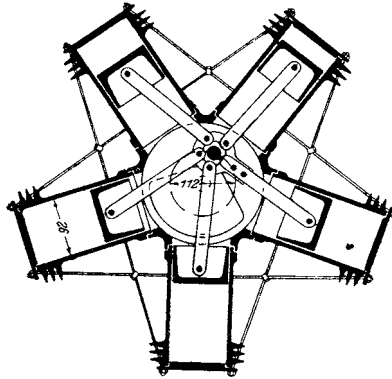
Охлажденіе цилиндровъ воздушное, токъ воздуха около нихъ производится упомянутымъ вентиляторомъ, горизонтально расположеннымъ надъ двигателемъ (фиг. 87 и 88).

Для воспламененія смѣси служитъ индукторъ, а при пускѣ въ ходъ аккумуляторы.

Смазка производится при помощи зубчатого насоса.

§ 33. **Эллекхаммеръ** (*Ellehammer*) и **Миллеръ** (*Miller, Туринъ*).

Двигатель Эллекхаммера (фиг. 91) имѣетъ пять цилиндровъ съ осями въ вертикальной плоскости. Шатуны дѣйствуютъ на одно общее колѣно вала, охватываемое однимъ изъ шатуновъ, къ которому посредствомъ болтовъ присоединяются остальные (аналогично устройству у Эсно-Пельтри). Процессы горѣнія совершаются поочередно черезъ одинъ цилиндръ,



Фиг. 91.

что сообщаетъ правильную періодичность вращающимъ усилиямъ и достаточную равномерность безъ маховика. Цилиндры чугунные съ воздушнымъ охлажденіемъ; въ цѣляхъ болѣе надежнаго скрѣпленія съ коробкой вала головы связаны между собою тягами. Впускные клапаны автоматическіе, выпускные управляются отдѣльнымъ для cadaго цилиндра кулачкомъ. Кромѣ клапановъ часть продуктовъ горѣнія вытекаетъ черезъ отверстія въ стѣнкахъ цилиндра, открываемыя поршнемъ въ концѣ хода его.

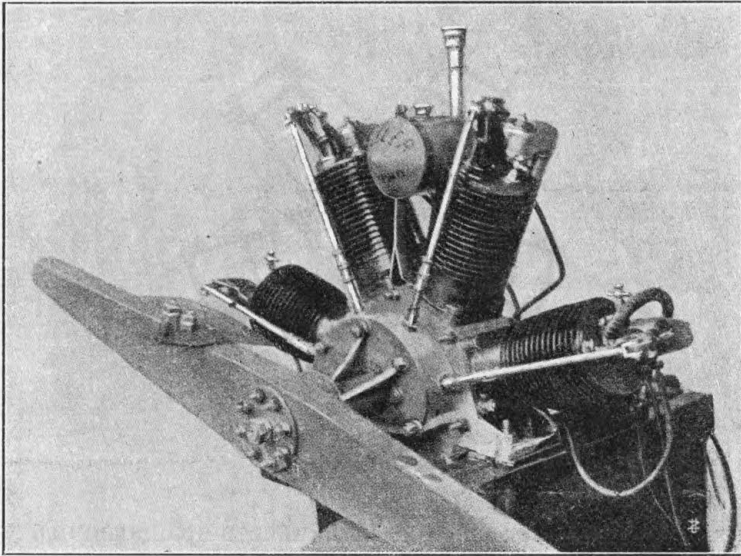
Карбураторъ простаго устройства безъ сосуда съ постояннымъ уровнемъ; подача бензина совершается безконечнымъ шнуромъ.

Къ фиг. 92 представлено общій видъ четырехцилиндро-

ваго двигателя Миллера съ воздушнымъ охлажденіемъ и автоматическими впускными клапанами, помѣщенными въ головѣ цилиндра. Шатуны дѣйствуетъ на одно полѣно вала, при чемъ три изъ нихъ присоединяются къ цапфамъ главнаго шатуна. Винтъ насаживается непосредственно на конецъ главнаго вала.

§ 34. Анзани (*Anzani, Courbevoie*).

Двигатели Анзани строятся различныхъ типовъ: 1) съ

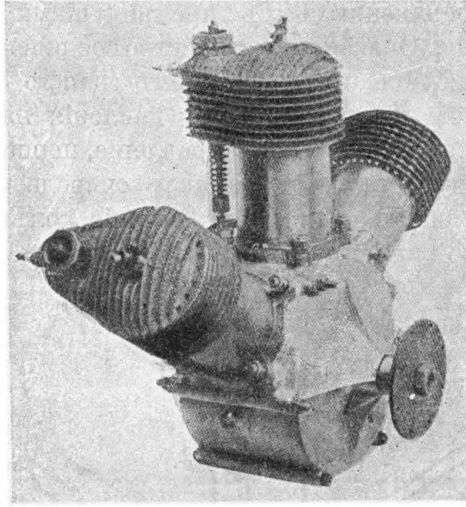


Фиг. 92.

тремя цилиндрами, расположенными въ одной вертикальной плоскости подъ угломъ въ 60° другъ къ другу (Фиг. 93), или съ шестью цилиндрами въ двухъ параллельныхъ плоскостяхъ (Фиг. 94 и 95); 2) съ четырьмя цилиндрами, расположенными подобно двигателю Антуанетъ.

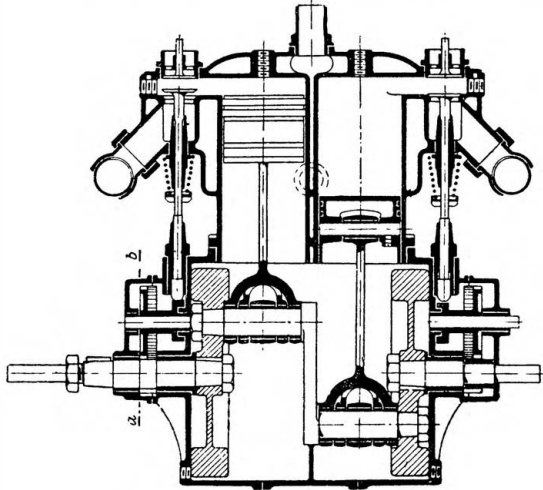
Шестицилиндровый двигатель при этомъ можетъ быть разсматриваемъ какъ звѣздообразный, въ которомъ подобно двигателю Эсно-Пельтри три нижніе цилиндра съ соотвѣт-

ствующимъ имъ колѣномъ вала повернуты около горизонтальной линіи на 180° .



Фиг. 93.

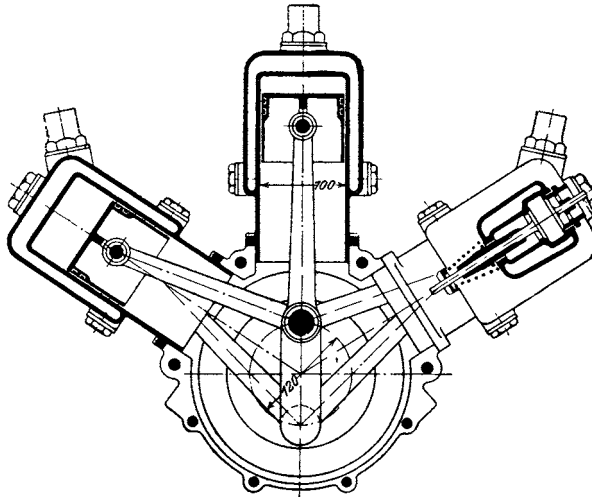
Шатуны каждаго трехъ цилиндровъ дѣйствуютъ на одно



Фиг. 94.

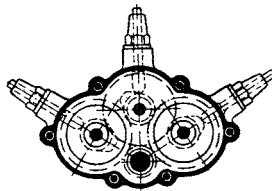
общее колѣно вала; при этомъ два шатуна (фиг. 94) имѣютъ вилкообразные концы, охватывающіе колѣно и составляю-

ще одно цѣлое со стержнемъ шатуна. Для возможности сборки валъ дѣлается составнымъ изъ пяти частей: двухъ концевыхъ частей, двойного колѣна и двухъ плечъ съ противовѣсами, соединенныхъ съ предыдущими частями четырьмя болтами. Описанное устройство соединенія шатуновъ съ валомъ требуетъ въ послѣднемъ цапфѣ сравнительно большой длины для уменьшенія давленія на квадратную единицу проекціи цапфы на направление, перпендикулярное въ шатуну, что заставляетъ въ свою очередь по условіямъ прочности увеличить поперечное сѣченіе колѣна.



Фиг. 95.

Впускные клапаны автоматическіе, выпускные управляются въ каждомъ цилиндрѣ посредствомъ отдѣльнаго распредѣлительнаго валика, приводимаго въ движеніе общей



Фиг. 96.

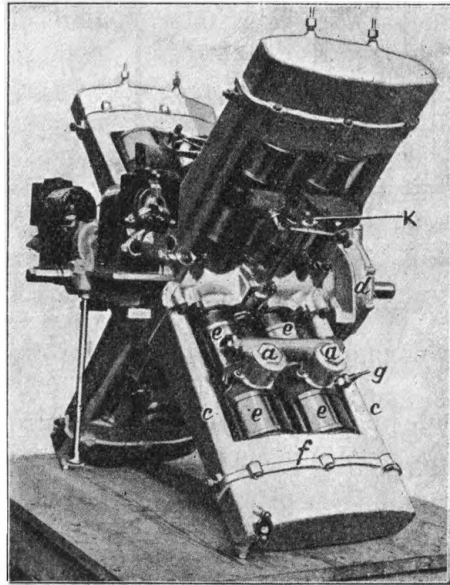
для всѣхъ шестерней на главномъ валу и отдѣльной зубчаткой на валикѣ для того или другого цилиндра (фиг. 96).

Мгновенія воспламененія въ отдѣльныхъ цилиндрахъ сдвинуты одно относительно другого на $\frac{720}{6} = 120^\circ$, благодаря чему вращающій моментъ при принятомъ расположеніи цилиндровъ получаетъ относительно малыя колебанія. Источникомъ электрической энергіи служатъ аккумуляторы съ распредѣлителемъ во вторичной цѣли.

§ 35. Гобронъ-Бриё (*Gobron-Brillé, Булонь*).

Цилиндры двигателя въ числѣ восьми расположены по два рядомъ въ формѣ андреевскаго креста (Фиг. 97). Общее устройство внутреннихъ частей двигателя видно изъ двухъ продольныхъ разрѣзовъ одной изъ паръ цилиндровъ въ Фиг. 98 и 99.

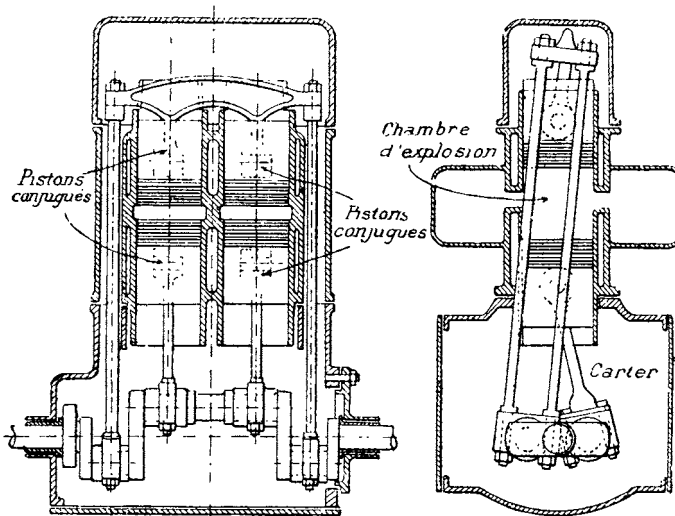
Въ каждомъ изъ цилиндровъ находится по два поршня



Фиг. 97.

съ рабочимъ пространствомъ между ними. Движеніе поршней болѣе удаленныхъ отъ вала передается послѣдному посредствомъ обратныхъ шатуновъ.

Впускные клапаны автоматическіе (фиг. 97, *а*—камеры клапановъ); выпускные управляются однимъ общимъ распредѣлительнымъ дискомъ на главномъ валу двигателя, замѣняющимъ распредѣлительный валъ, и четырьмя двойными рычажками *к*, дѣйствующими на клапаны рядомъ лежащихъ цилиндровъ; карбураторовъ два.



Фиг. 98—99.

Охлажденіе водяное циркуляціей воды при помощи насоса.

Воспламененіе производится двумя индукторами (фиг. 97), приводимыми въ движеніе винтовыми колесами.

Д. Двигатели съ вращающимися цилиндрами.

§ 36. Общія основанія устройства и дѣйствія этихъ двигателей.

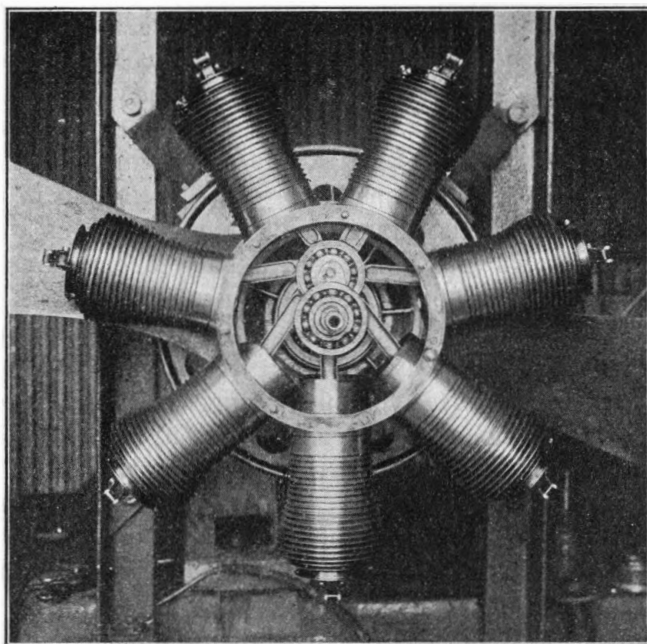
Ранѣе описанія отдѣльныхъ видовъ двигателей съ вращающимися цилиндрами укажемъ на общія основанія ихъ устройства и дѣйствія.

Если мы обратимъ вниманіе на механизмъ шатунной передачи (фиг. 1), то при положеніи поршня между мертвыми точками давленіе газовъ на поршень разложится согласно указанному на чертежѣ на силы: p_1 — по направленію шатуна и p_2 — перпендикулярно къ оси цилиндровъ (или на q_1 и q_2 при оси вала въ O_1). Если бы ни цилиндры, ни валъ двигателя не были закрѣплены, то обѣ эти части пришли бы во вращеніе въ противоположныхъ направленіяхъ около общей оси. Въ обычныхъ условіяхъ закрѣпляютъ неподвижно цилиндры; но возможно, какъ это и примѣняется въ нѣкоторыхъ типахъ воздухоплавательныхъ двигателей (Гномъ, Адамсъ, Бекъ), закрѣпить валъ, и тогда подъ дѣйствіемъ нормальной къ стѣнкамъ цилиндровъ силы p_2 послѣдніе придутъ во вращательное движеніе. Поршни будутъ имѣть другую ось вращенія — ось колѣна вала и, участвуя во вращеніи съ цилиндрами, будутъ вмѣстѣ съ тѣмъ перемѣщаться въ нихъ поступательно совершенно одинаково съ тѣмъ, что происходитъ въ двигателяхъ съ неподвижными цилиндрами. Работа газовъ будетъ равна работѣ силы p_2 . Не трудно подобно тому, что было сдѣлано выше (§ 7) для касательныхъ усилій, вращающихъ валъ двигателя, построить зависимость силы p_2 отъ пути, описываемаго цилиндромъ двигателя. Валъ въ разсматриваемомъ случаѣ въ сущности уже перестаетъ играть роль вала. Вращающія усилія передаются втулками, охватывающими валъ, съ прикрѣпленными къ нимъ цилиндрами и винтомъ или передачей къ нему.

Возможно наконецъ сохранить вращательное движеніе за валомъ и за цилиндрами, для чего необходимо или приложить сопротивленія съ моментомъ, не превышающимъ въ совокупности вращающаго момента, развиваемаго двигателемъ, одновременно къ обѣимъ частямъ — цилиндрамъ и валу (двигатель Аяксъ), или установить извѣстную кинематическую связь между ними, предназначенную для передачи усилій (двигатели Бюрля, Бухереръ, Бретонъ, Бюло). Детали устройства соответствующихъ механизмовъ, назначаемыхъ для указанной цѣли, будутъ описаны въ каждомъ двигателѣ отдѣльно. Общія же свойства этихъ двигателей по сравненію съ двигателями съ неподвижными цилиндрами будутъ разсмотрѣны послѣ описанія отдѣльныхъ двигателей.

§ 37. Гномъ (*Gnome, Парижъ*).

Въ этомъ двигателѣ, общій видъ котораго со снятой крышкой коробки вала со стороны противоположной клапаннмъ рычагамъ изображенъ въ Фиг. 100 (типъ Ω), валъ



Фиг. 100.

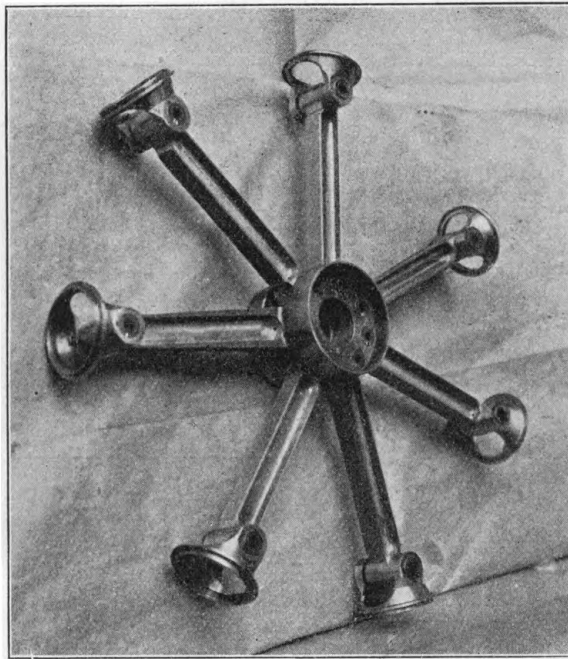
неподвиженъ, а цилиндры въ числѣ семи могутъ вращаться въ вертикальной или горизонтальной плоскости.

Вращеніе венту передается непосредственно отъ втулокъ, охватывающихъ концы вала и составляющихъ одно цѣлое съ цилиндрами.

Коробка вала въ этомъ двигателѣ, вращающаяся вмѣстѣ съ цилиндрами, уже не можетъ служить неподвижной опорой, а потому двигатель снабжается особой постоянной рамой.

Матерьяломъ для всѣхъ частей двигателя служитъ никелевая сталь; исключеніе составляютъ алюминіевый карбураторъ съ поплавкомъ, пульверизаторомъ и автоматическимъ регулированиемъ добавочнаго воздуха.

Устройство шатуннаго механизма таково (Фиг. 101): одинъ изъ шатуновъ (главный) охватываетъ колѣно вала (опоры на шарикахъ, какъ то видно изъ Фиг. 100). Подшипники



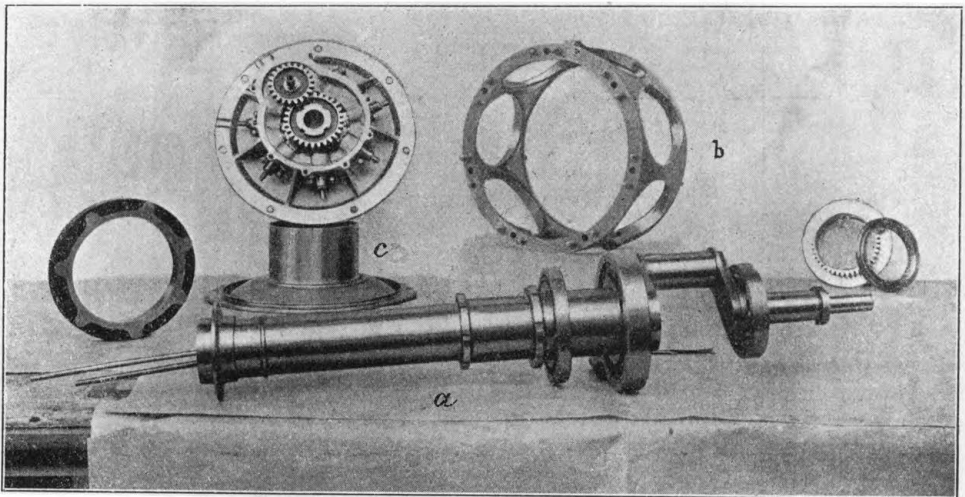
Фиг. 101.

головки шатуна снабжены круговыми закраинами съ отверстиями для цапфъ другихъ шатуновъ. Коробка вала въ формѣ широкаго кольца имѣетъ семь отверстій для цилиндровъ (*b* въ Фиг. 102). Въ той же фигурѣ представленъ главный валъ—*a* и зубчатая передача къ воспламенителю—*c*. Въ Фиг. 102а имѣемъ: *a*—цилиндръ двигателя со свѣчей; *b*—поршень съ шатуномъ, *c*—поршневое кольцо, *d*—главный шатунъ, *e*—втулка поршня съ цапфой для шатуна (Фиг. 101).

Устройство системы газораспределенія слѣдующее: смѣсь

изъ карбуратора черезъ пустотѣлую главную ось поступаетъ въ коробку цилиндровъ, а оттуда черезъ автоматическіе впускные клапаны, помѣщенные внутри поршней, во внутреннія пространства цилиндровъ. Клапаны для уничтоженія вліянія на нихъ центробѣжной силы, стремящейся поднять ихъ, снабжены особыми противовѣсами. Въ случаѣ необходимости осмотрѣть клапанъ придется снять соотвѣтствующій цилиндръ.

Выпускные клапаны, уравновѣшенные соотвѣтствен-

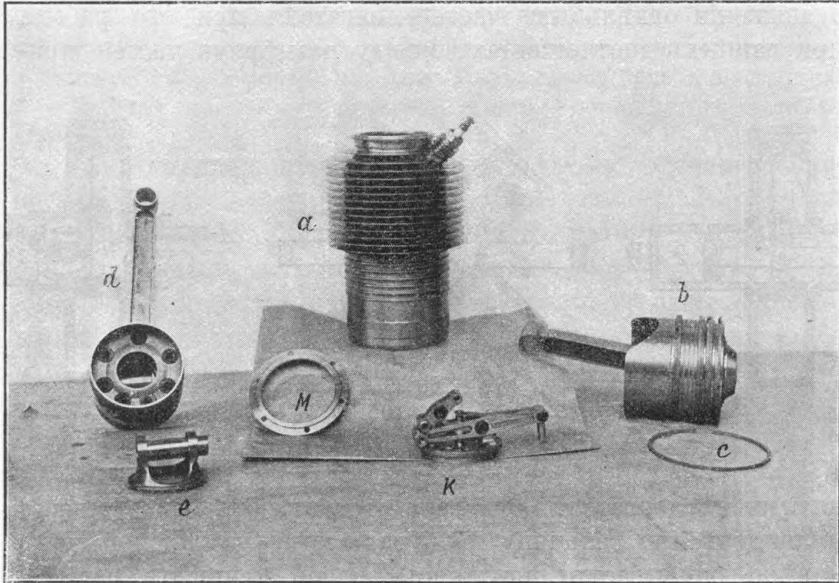


Фиг. 102.

но вліянію на нихъ центробѣжной силы, приводятся въ движеніе посредствомъ кулачковъ (по одному для каждаго цилиндра), дѣйствующихъ на стержни, которые въ свою очередь управляютъ движеніемъ двухъ качающихся рычаговъ *к* (фиг. 102а). Стержень въ каждомъ цилиндрѣ дѣйствуетъ на правый конецъ нижняго рычага. Вліяніе центробѣжной силы или, точнѣе говоря, инерціи клапана уравновѣшивается дѣйствіемъ пружины, при чемъ въ случаѣ поломки послѣдней инерція клапана (при извѣстномъ числѣ оборотовъ) должна быть достаточной для дѣйствія клапана, т. е. для прижатія его къ сѣдлу.

Вращающіяся въ этомъ двигателѣ части — цилиндры и

поршни, играя роль маховика, вмѣстѣ съ тѣмъ подвергаются энергичному воздушному охлажденію. Но подобное вращеніе можетъ вызвать замѣтное сопротивленіе воздуха и возрастаніе потери энергіи: впрочемъ по даннымъ фирмы расходъ горючаго не превышаетъ обычныхъ цифръ—300—350 гр. на лош. с. часъ.



Фиг. 102а.

Воспламененіе производится индукторомъ, доставляющимъ при каждомъ оборотѣ двѣ искры, соответственно чему передаточное число между цилиндрами и индукторомъ составляетъ 4 : 7 (см. свѣ (фиг. 102)). Въ цѣпь высокаго напряженія включенъ распределитель для семи свѣчъ.

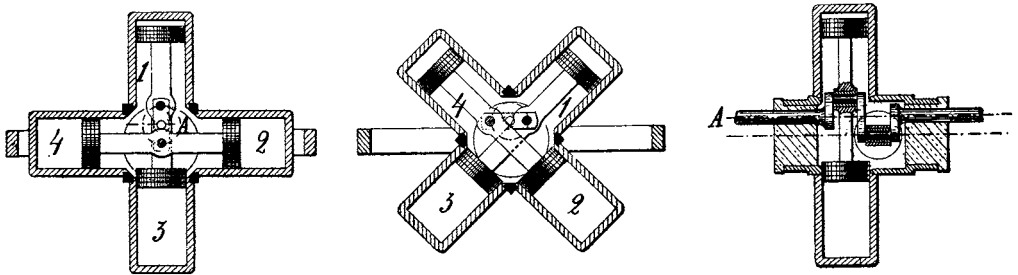
Для смазки двигателя примененъ специальный насосъ съ двумя поршнями, вращаемый зубчатой передачей и подающій масло къ мѣстамъ потребленія.

§ 38. Бюрля (*Burlat, Лионъ*).

Въ двигатель Бюрля (подобно описываемому далѣе дви-

гателю Бухерера) при работѣ его находятся во вращательномъ движеніи какъ главный валъ, такъ и цилиндры.

Схема устройства и дѣйствія двигателя ясна изъ фиг. 103—105. Цилиндры въ числѣ четырехъ расположены крестообразно одинъ противъ другого съ колѣнами въ одной плоскости. Поршни противоположащихъ цилиндровъ соединены между собою общимъ стержнемъ, надѣтымъ своей серединой на колѣно вала. Не трудно составить понятіе о движеніи отдѣльныхъ частей двигателя при его работѣ при данныхъ соотношеніяхъ между размѣрами частей, при-



Фиг. 103—105.

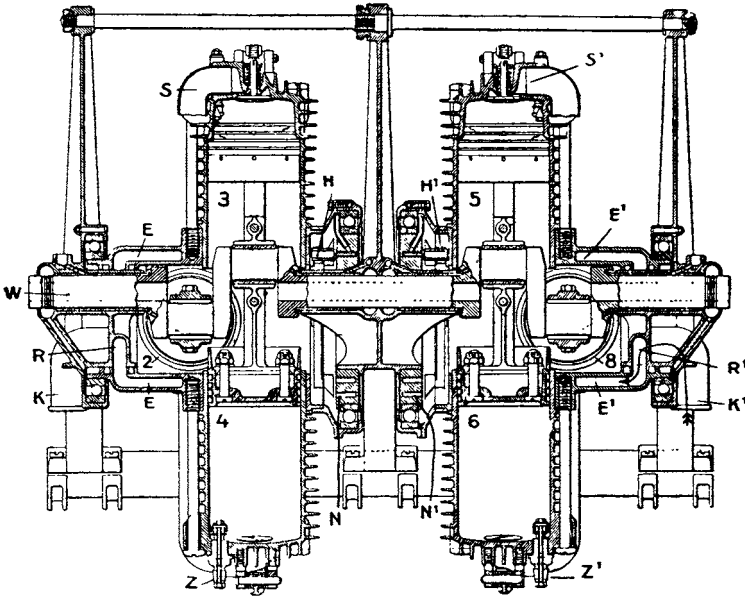
нятыми въ двигательѣ. Ось вала отстоитъ отъ оси вращенія цилиндровъ на величину радіуса колѣна вала, при чемъ колѣно описываетъ окружность вдвое меньшаго радіуса, касательную къ окружности, описываемой точкой, принадлежащей цилиндрамъ и удаленной отъ оси вращенія ихъ на двойной радіусъ колѣна вала (окружности эти въ фиг. 103 и 104 проведены пунктиромъ).

При дѣйствіи газовъ въ цилиндрахъ поршни, вращая валъ, вмѣстѣ съ тѣмъ приведутъ во вращеніе цилиндры со скоростью въ два раза меньшей скорости вращенія вала *), а именно числа оборотовъ этихъ частей двигателя составляютъ соотвѣтственно 1.000 и 2.000 въ мин. Послѣдняя цифра не представляется чрезмѣрной въ смыслѣ относительной скорости вращенія трущихся частей, для которой имѣемъ разницу приведенныхъ цифръ, т. е. 1.000 оборотовъ.

*) Что слѣдуетъ изъ соотношенія между радіусами указанныхъ выше окружностей.

Въ движеніи колѣна вала относительно оси вращения цилиндровъ мы имѣемъ частный случай гипоциклоиды—кривой линіи, описываемой, какъ извѣстно, точкой принадлежащей окружности (въ данномъ случаѣ окружность, проходимая цапфой поршня или осью колѣна вала), перекатываемой внутри другой окружности (окружность съ центромъ нагеометрической оси вращения цилиндровъ, на которой лежитъ колѣно вала при нахожденіи двухъ противоположащихъ поршней въ мертвыхъ точкахъ). Последняя окружность имѣетъ радіусъ, равный двойному радіусу колѣна вала; гипоциклоида, описываемая послѣднимъ, въ этомъ частномъ случаѣ приводится къ прямой, совпадающей съ осью соответствующихъ цилиндровъ. При колѣнчатомъ валу цилиндры подѣ дѣйствіемъ боковыхъ усилий, производимыхъ на стѣнки поршнями, будутъ вращаться; будетъ вращаться и указанная прямая, продолжая постоянно совмѣщаться съ осью цилиндровъ.

Не трудно сдѣлать заключеніе объ относительной послѣдовательности процессовъ работы газовъ въ отдѣльныхъ цилиндрахъ. Угловая разниа въ фазахъ взаимноперпендикулярныхъ цилиндровъ составитъ 90° (или 270°). Такимъ образомъ вполнѣ равномерное распредѣленіе вращающихся усилий (при угловой продолжительности четырехъ



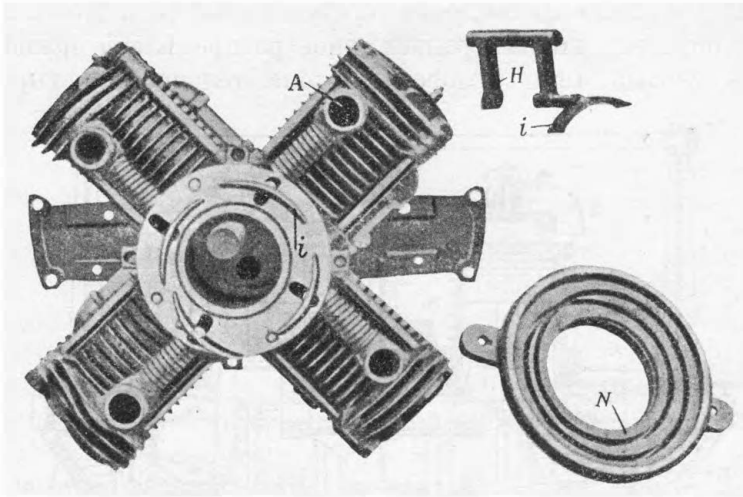
Фиг. 106.

тактнаго цикла въ 720° —четыре полуоборота вала или четыре хода поршня) можетъ быть достигнуто лишь при

восьми цилиндрахъ, что мы и встрѣчаемъ въ двигателѣ Бюрля, образованномъ изъ двухъ группъ по четыре цилиндра (фиг. 106). Нужно замѣтить, что равнодѣйствующій моментъ, вращающій валъ, будетъ при этомъ измѣняться по тому же закону, что и въ восьмицилиндровыхъ двигателяхъ V—образнаго типа (диаграмма фиг. 6, § 5).

Видъ цилиндровъ сбоку имѣемъ въ фиг. 107. Управление выпускными клапанами совершается при посредствѣ особыхъ снабженныхъ рычажками *H* направляющихъ *i*, скользящихъ въ желобкахъ неподвижнаго кольца *N*: при этомъ рычажокъ *H*, скользя попеременно по различнымъ желобкамъ, открываетъ соотвѣтствующій клапанъ одинъ разъ въ теченіе двухъ оборотовъ (на протяженіи полъ-оборота).

Смѣсь изъ каждаго карбуратора (ихъ въ двигателѣ два) черезъ неподвижный трубопроводъ *K* и кольцевую камеру



Фиг. 107.

K (фиг. 106) поступаетъ во вращающуюся съ цилиндрами рубку *E* къ впускному клапану.

Т Вслѣдствіе того, что воспламененіе въ цилиндрахъ происходитъ въ одномъ опредѣленномъ мѣстѣ описываемой ими окружности, въ послѣднемъ утверждена дуга съ подведеннымъ къ ней проводникомъ. Дуги этой касается проходящая мимо часть, ведущая токъ къ свѣчѣ.

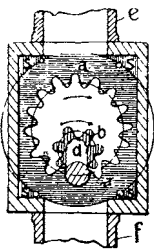
Число оборотовъ двигателя можетъ измѣняться въ боль-

шихъ предѣлахъ отъ 200 до 1.000 *) Степень охлажденія естественнымъ образомъ регулируется соотвѣтственно скорости вращенія двигателя, при чемъ въ двигателяхъ съ вращающимися цилиндрами наибольшему охлажденію подвергаются голова цилиндра и прилегающія къ ней наиболѣе нагрѣтыя части стѣнокъ.

Въ качествѣ предохранительнаго приспособленія противъ чрезмѣрнаго увеличенія числа оборотовъ служатъ выпускные клапаны, остающіеся при достиженіи двигателемъ извѣстной скорости вращенія подъ вліяніемъ инерціи открытыми.

§ 39. Бухереръ (*Bucherer, Кельнъ*).

Идея двигателя Бухерера одинакова съ только что описаннымъ двигателемъ Бюрля. Принципіальной особенностью разсматриваемаго теперь двигателя является включеніе зубчатой передачи между валами цилиндровъ и поршней (фиг. 108). Колесо *a* насажено на валъ цилиндровъ, а шестерня *e* вдвое меньшаго радіуса на валъ поршней; цапфа шестерни находится на кривошипѣ этого вала. Оси валовъ смѣщены какъ и у Бюрля, на радіусъ малой шестерни.



Фиг. 108.

Цѣль включенія зубчатого сцѣпленія состоитъ въ устраненіи боковыхъ давленій между поршнями и цилиндрами путемъ передачи вращенія отъ вала поршней валу цилиндровъ зубчатыми колесами **). При соблюденіи этого условія поршни могутъ быть сдѣланы короче, легче, изнашивание стѣнокъ цилиндровъ будетъ меньше, смазка ихъ легче, длина цилиндровъ меньше. Но не слѣдуетъ упускать изъ виду извѣстныхъ недостатковъ зубчатого сцѣпленія, передающаго здѣсь значительныя усилія, подверженнаго износу и вызывающаго извѣстныя затраты энергіи.

*) То же имѣемъ въ двигателѣ Гномъ.

***) При условіи существованія зазора въ зубчатой передачѣ меньшаго по сравненію съ зазоромъ между поршнемъ и цилиндромъ. Важное значеніе пріобрѣтаетъ въ разсматриваемомъ отношеніи износъ колесъ.

Въ двигателѣ Бухерера находимъ встрѣчающееся въ видѣ исключенія въ двигателяхъ внутренняго горѣнія примѣненіе кривошиповъ вмѣсто колѣнъ вала.

Подробности конструцій двигателя можно видѣть изъ детальнаго продольнаго разрѣза этого двигателя въ фиг. 109 (діаметръ цилиндровъ—80 м.м., ходъ поршней—132 м.м.), гдѣ:

a—цилиндръ,

b—клапанная коробка,

c—поршень,

d—шатунъ,

e—клапанный рычагъ съ противовѣсомъ,

f—клапанъ,

g—выпускной трубопроводъ; вертикально начерченная часть его образуетъ съ плоскостью чертежа уголъ въ 30°; трубопроводъ вращается вмѣстѣ съ цилиндрами;

h—неподвижный отростокъ къ выхлопному горшку, *t*—выходъ отработавшихъ газовъ;

i—распредѣлительный валикъ (ихъ всего четыре) съ двумя кулачками—для впускного и выпускного клапановъ,

k—неподвижное колесо для вращенія четырехъ (по числу цилиндровъ) винтовыхъ колесъ (вдвое меньшаго радіуса) на валу *i*, управляющемъ газораспредѣленіемъ,

l—винтъ для установки колеса *o*,

m—неподвижная рама двигателя,

n—коробка вала съ укрѣпленными на ней цилиндрами,

o—зубчатое колесо съ внутреннимъ зацѣпленіемъ, соединенное неподвижно съ коробкой *n*,

p—малая шестерня на валу *q*, передающемъ вращеніе воздушному винту,

r, *r*₁—зубчатые колеса къ индуктору и масляному насосу,

s—подведеніе смазки,

t—выходъ продуктовъ горѣнія,

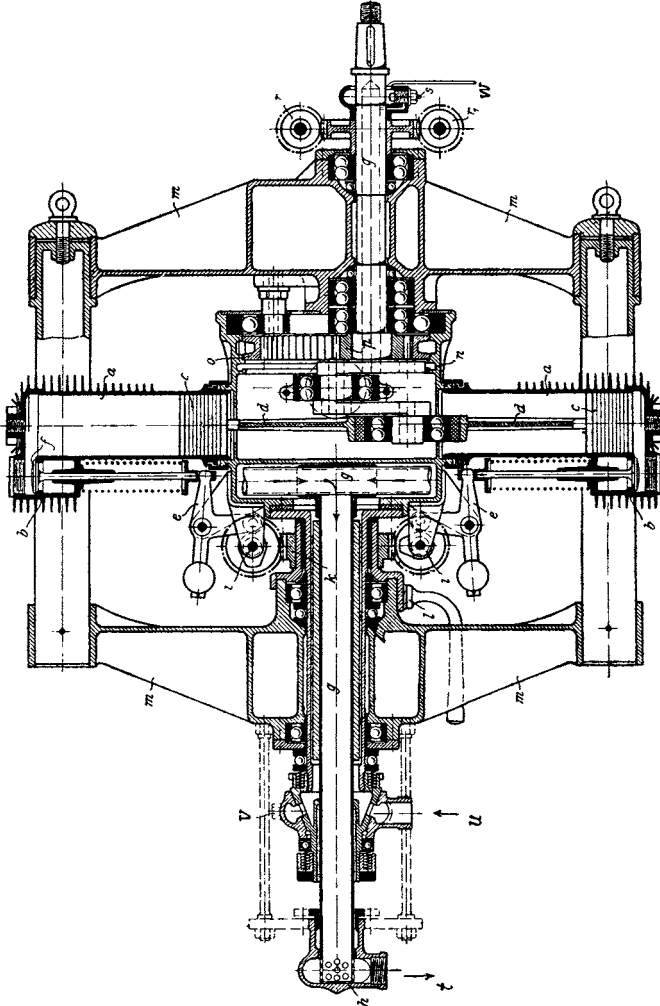
u—впускъ смѣси,

v—указатель уровня масла,

w—удаленіе избытка масла.

Противъ чрезмѣрнаго повышенія скорости вращенія при-

нята та же мѣра, что и въ двигательъ Бюрля: при чрезмѣрномъ увеличеніи числа оборотовъ далѣе извѣстнаго пре-

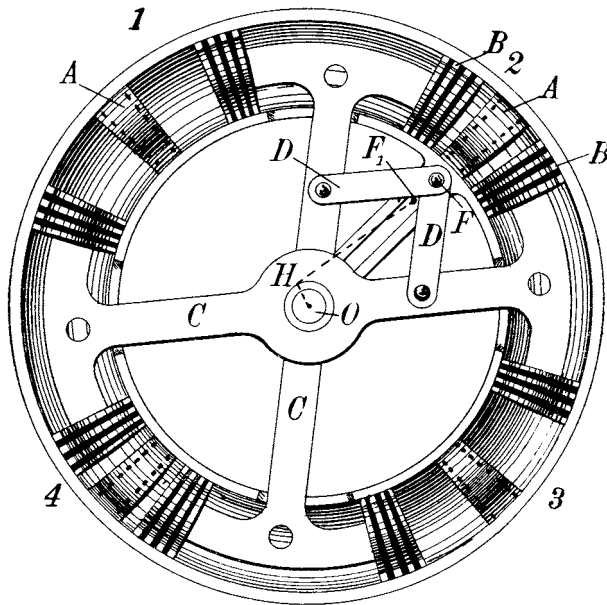


Фиг. 109.

дѣла выпускные клапаны подѣ влияніемъ инерціи остаются открытымы, и впуска газомъ въ цилиндры не происходитъ.

§ 40. Бекъ (Beck).

Двигатель Бекъ представленъ схематически въ разрѣзѣ, перпендикулярномъ къ главной оси, въ фиг. 110. Въ кольцевомъ пространствѣ, образованномъ двумя соединенными между собой частями въ видѣ круговъ, могутъ перемѣщаться восемь поршней *B*. Поршни по два связаны между собою дугообразными полосами. Противоположныя полосы соединены стержнями *C*, охватывающими ось двигателя и снабженными шариковыми подшипниками. Назначеніе полыхъ колецъ *A* будетъ указано далѣе. Къ стержнямъ *C* присое-



Фиг. 110.

динены двѣ связи *D*, соединенныя болтомъ *F*; отъ послѣдняго идетъ шатунъ къ колѣну главнаго вала (показанъ пунктиромъ).

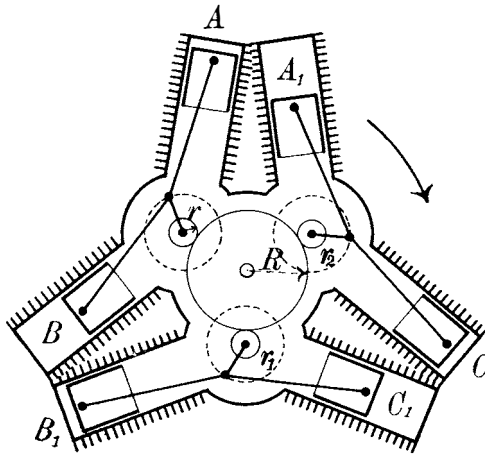
Каждая пара поршней, лежащихъ по сторонамъ колецъ *A*, образуетъ одно рабочее пространство двигателя. Если въ пространствѣ 1 будетъ впускъ смѣси, то при описанномъ соединеніи поршней получимъ: въ 3—горѣніе и расширение, а въ 2 и 4—выпускъ и сжатіе.

Если валъ съ колѣномъ его, на которое дѣйствуетъ шатунъ, будетъ удерживаемъ въ неподвижномъ положеніи, то весь двигатель при дѣйствіи газовъ придетъ во вращеніе около геометрической оси главнаго вала.

Кольца *A* снабжены двумя рядами дырочекъ, изъ которыхъ одинъ, служа для впуска смѣси, сообщается черезъ стѣнку двигателя съ особымъ коллекторомъ, подводимымъ смѣсь отъ карбуратора черезъ полый валъ двигателя. Другой рядъ дырочекъ отводитъ продукты горѣнія въ атмосферу. Управление впускомъ и выпускомъ производится другими, находящимися внутри *A*, кольцами, перемѣщаемыми посредствомъ рычаговъ, приводимыхъ въ движеніе кулачкомъ на втулкѣ, сидящей на главной оси двигателя.

§ 41. Бретонъ (*Breton*).

Двигатель состоитъ изъ двѣнадцати цилиндровъ, могу-



Фиг. 111.

щихъ вращаться вокругъ неподвижной оси съ закрѣпленнымъ на ней зубчатымъ колесомъ *R* (фиг. 111—схема двигателя, въ которой указано шесть цилиндровъ. Остальные шесть расположены подобнымъ же образомъ въ другой плоскости, перпендикулярной къ оси двигателя). Цилиндры соединены по четыре своими головами: *A*, *A*₁ и два, лежащія за ними, при чемъ цилиндры, оси которыхъ расположены въ одной плоскости, параллельной оси двигателя, имѣютъ общую

камеру сжатія. Соотвѣтственно этому двигатель снабженъ шестью впускными и шестью выпускными клапанами. Первые находятся съ одной стороны цилиндровъ, послѣдніе съ другой. Шатуны цилиндровъ *A*, *B* и двухъ лежащихъ за ними по направленію оси двигателя, дѣйствуютъ на общій валъ съ двумя колѣнами и съ сидящей на немъ шестерней *r*, которая подъ дѣйствіемъ газовъ перекачивается по неподвижному зубчатому колесу *R* и такимъ образомъ весь двигатель приходитъ во вращеніе. Для группъ цилиндровъ *B*₁, *C*₁, и *A*₁, *C* и лежащихъ за ними имѣемъ соотвѣтственно шестерни *r*₁ и *r*₂ *).

Основной цѣлью разсматриваемой конструкціи было получить двигатель съ не слишкомъ большимъ числомъ оборотовъ съ тѣмъ, чтобы уменьшить вліяніе инерціи частей (центробѣжной силы). При отношеніи $R/r = 4$ весь двигатель совершаетъ 400 обор. въ мин. въ то время, какъ каждый изъ вспомогательныхъ валовъ дѣлаетъ 1.600 оборотовъ.

Для усиленія охлажденія внутреннихъ частей малыхъ картеровъ служатъ вентиляторы, сидящіе на вспомогательныхъ валахъ, просасывающіе воздухъ черезъ эти картеры. Воспламенитель дѣлаетъ 2.400 обор. въ минуту.

Карбурація совершается впрыскиваніемъ бензина посредствомъ насосика, поршень котораго приводится въ движеніе впускнымъ клапаномъ. При измѣненіи мощности измѣняется подъемъ клапана и слѣдовательно количество вводимого въ цилиндръ воздуха, а соотвѣтственно этому и ходъ бензинового насоса, т. е. количество бензина. Остается ли при этомъ пропорція смѣси постоянной, данныхъ нѣтъ.

§ 42. Особенности двигателей съ вращающимися цилиндрами.

Двигателямъ съ вращающимися цилиндрами по сравненію съ двигателями обычнаго устройства приписываются извѣстныя преимущества, къ числу которыхъ относятся: уравновѣшеніе поступательно движущихся массъ, возможность пользованія цилиндрами и ихъ частями въ качествѣ маховиковъ, энергичное воздушное охлажденіе цилиндровъ.

Воздушное охлажденіе является одной изъ главнѣйшихъ

*) Относительное расположеніе колѣнъ валовъ показано условно.

причинъ возникновенія и разработки двигателей съ вращающимися цилиндрами, и безъ сомнѣнія это охлажденіе при вращеніи цилиндровъ является болѣе интенсивнымъ, нежели при цилиндрахъ неподвижныхъ. Но не слѣдуетъ упускать изъ виду того, что возникающее при этомъ сопротивленіе воздуха поглощаетъ замѣтную часть всей работы, доставляемой двигателемъ (по нѣкоторымъ даннымъ около 8%), а затѣмъ окончательно высказаться въ пользу воздушнаго охлажденія пока нѣтъ основаній. Болѣе подробная оцѣнка воздушнаго и водяного охлажденія сдѣлана ниже въ § 49, при чемъ можно сдѣлать заключеніе о томъ, что двигатели, охлаждаемые воздухомъ, въ томъ числѣ и съ вращающимися цилиндрами при одной и той же мощности имѣютъ болѣе большой объемъ, а слѣдовательно и вѣсъ цилиндровъ.

Далѣе нужно обратить вниманіе на то, что при вращеніи цилиндровъ сейчасъ же возникаютъ усложненія въ подведеніи смѣси отъ карбуратора и въ отведеніи продуктовъ горѣнія, въ устройствѣ клапановъ, на дѣйствіе которыхъ вліяетъ инерція ихъ, при чемъ вліяніе это зависитъ отъ числа оборотовъ, въ устройствѣ распредѣлительныхъ механизмовъ. Осмотръ цилиндровъ и ихъ частей во время работы становится невозможнымъ; можно конечно возразить, что согласно предъявляемымъ къ двигателямъ аэроплановъ требованіямъ двигатели эти должны быть предоставлены самимъ себѣ. Но съ другой стороны такое требованіе ставится только при извѣстной конструкціи аэроплановъ и не обязательно для аэростатовъ, гдѣ кратковременныя остановки допустимы.

Въ двигателяхъ съ вращающимися цилиндрами обнаруживается значительный расходъ масла, что показываютъ слѣдующіе результаты испытаній двигателей: Рено—съ неподвижными цилиндрами и Гномъ—съ цилиндрами вращающимися, произведенныхъ въ лабораторіи Automobile-club de France *).

Причину отмѣченнаго обстоятельства можно видѣть въ

*) Въ этихъ данныхъ обращаетъ на себя вниманіе большая относительная разница въ данныхъ испытанія двигателя Гномъ, касающаяся мощности. Указаній на причины такой разницы къ сожалѣнію не имѣется.

	Рено.	Гномъ.	
Число цилиндровъ	8	7	
Діаметръ цилиндра мм.	98	110	
Ходъ поршня „	120	120	
Продолжительность испытаній	3 час.	10 мин.	2 ч. 17 м
Среднее число оборотовъ въ минуту	917,9	1068	1068
Средняя мощность л. силъ	60,5	34,2	25,3
Вѣсъ двигателя съ принадлежн. . кгр.	179,5	82,0	82,0
Отношеніе вѣса къ мощности кгр./л.с.	3,37	2,94	3,78
Вѣсъ двигателя съ принадлежност. и часовымъ запасомъ топлива и смазки кгр.	204,0	106,4	95,8
Расходъ горючаго на л. силу— час. кгр.	0,357	0,359	0,359
Расходъ смазки на л. силу— час. кгр.	0,048	0,164	0,184

томъ, что масло подъ вліяніемъ инерціи отбрасывается къ головамъ цилиндровъ, гдѣ въ немъ необходимости нѣтъ и откуда наоборотъ оно должно быть удалено. Можно ожидать меньшаго расхода масла въ двигательъ Бухерера, гдѣ теоретически устранено нажатіе поршней на стѣнки цилиндровъ, но за то въ этомъ двигательѣ мы встрѣчаемъ зубчатую передачу и два кривошипа.

Что касается вѣса двигателей съ вращающимися цилиндрами, приходящагося на одну лиш. силу, то здѣсь по имѣющимся свѣдѣніямъ нельзя отмѣтить слишкомъ большой экономіи по сравненію съ нѣкоторыми другими типами двигателей.

Изъ только что сказаннаго мы видимъ, что разсматриваемые двигатели имѣютъ какъ извѣстныя достоинства, такъ и недостатки. На сколько первыя, будучи оцѣнены съ чисто

практической точки зрѣнія ихъ дѣйствительной необходимости, а не общей теоретической раціональности, окупаютъ послѣдніе, можно будетъ сказать лишь послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго опыта примѣненія этихъ двигателей; пока же во всякомъ случаѣ необходимо осторожное критическое къ нимъ отношеніе.

ГЛАВА III.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНЫХЪ ДВИГАТЕЛЕЙ.

§ 43. Основныя данныя двигателей.

Въ слѣдующей таблицѣ собраны основныя данныя, характеризующія различныя системы коздухоплавательныхъ двигателей: мощность въ лош. с., число цилиндровъ, діаметръ цилиндровъ и ходъ поршней, число оборотовъ въ мин. и вѣсъ двигателя.

Цыфровыя данныя, указываемыя въ различныхъ источникахъ, иногда между собою различаются, что можетъ быть отчасти объяснено различіемъ въ самыхъ двигателяхъ вслѣдствіе вносимыхъ съ теченіемъ времени въ нихъ измѣненій.

ДВИГАТЕЛИ.	Мощность лоп. силъ.	Число цилиндр.	Диаметръ ци- линдра мм.		Число оборотовъ въ мин.	Вѣсъ кгр.	Воздухоплава- тельн. аппараты (и размѣры дви- гателя въ м.).	§§ книги.
			Ходъ поршня мм.	Ходъ поршня мм.				
Вертикальные.								
Барриканъ и Марръ.	25	4	106	120	1400	90	Райтъ, Ламберъ.	§ 9
	70	"	115	144				
Баяръ-Клеманъ	40	4	100	120	1550	100	(0,95×0,55×0,67)	§ 10
	105	4	168	160	1050		(1,20×0,72×0,90)	
	180	6	155	185	1400		(1,90×0,75×1,15)	
Панаръ и Левассоръ	25	4	110	140	1100	170		§ 11
	80	"	170	170	"	290		
	120	"	185	200	"	445	Лебедь.	
	143	"	110	140	"	95		
Жипъ	24	4	80	132	1600	58		§ 12
	35	"	92	140	"	78		
	50	"	120	150	1400	110		
Гринъ	35		140	146				§ 13
	60		105	120				
Астеръ	50	4	130	140	1050	110		§ 14
Мютель и Дансетъ .	24—30	4	98	125		80		§ 15
	40—45	"	98	160		102		
	50—60	"	110	160		128		
Рено	55	4	110	160	1200	130		
Клерже	45				1400	110**)	Вѣсъ съ водой.	
Вивинусъ	60	4	130	112	1100	160	Фарманъ.	
	75							1650
Кертингъ	25	4	101	106	1350	86		§ 16
	40	"	116	136	1250	116	(1,1×0,6×0,825)	

ДВИГАТЕЛИ.	Мощность лоп. силъ.	Число цилиндр.	Диаметръ цилиндра мм.		Ходъ поршня мм.	Число оборотовъ въ мин.	Вѣсъ кгр.	Воздухоплавательн. аппараты (и размѣры двигателя въ м.).	\$\$ книги.
			цилиндр.	цилиндр.					
Даймлеръ	60	4	110	140	1300	135	Цеппеланъ, Парсеваль, Сименсъ-Шуккертъ.	\$ 17	
	100	"	175	150	1100	460			
N. A. G	100	6	150	130	1200	365	Парсеваль (1,5×0,6×0,8)	\$ 18	
Адлеръ	35	4	90	125	1600	128			
	"	6	80	115	"	148		\$ 19	
	50	4	100	125	1800	174			
	70	6	100	125	"	224			
	100	6	115	135	"	285			
Палюсъ и Бейзе	30	4	100	130	1500	60		\$ 20	
	50	"	115	150	"	80			
	80	"	130	170	"	100			
	100	"	150	200	"	130			
Фиатъ	40	4	95		1200	100			
	65	"	110		"	150			
	100	"	130		"	220			
Аргусъ	75	4	165	170	800	370			
Прини и Берто	50	4	100	110	1460	95			
Двигатели съ противоположнымъ движениемъ порней..									
Дютейль и Чальмерсъ	20	2	125	120	1200	75		\$ 22	
	40	4	"	"	"	120	Сантосъ-Дюмонъ		
	60	6	"	"	"	170			
	100	4	160	140	"	290			

ДВИГАТЕЛИ.	Мощность лощ. силъ.	Число цилиндр.	Диаметръ ци- линдра мм.		Ходъ поршня мм.	Число оборотовъ въ мин.	Вѣсъ кгр.	Воздухоплава- тельн. аппараты (и размѣры дви- гателя въ м.).	§§ книги.
Дарракъ	25--30	2	130	120	1000	55		§ 23	
	50—60	4	"	"	"	110			
	50—60	"	120	140	"	175			
	100	"	170	140	"	250			
Двигатели Y-образные.									
Антуанетъ	20/24	8	80	80	1600	40	Сантосъ-Дюмонъ, Блеріо, Вуазень, Антуанетъ, Латамъ.	§ 25	
	40/50	"	105	105	1400	70			
	70/80	"	130	130	1200	100			
	100	"	130	150	1000	200			
Пипъ	56}	8	100	100	(1350	131		§ 26	
	70}								(1950
Рено	36}	8	90	120	(1200	142	Бреге, Фарманъ.	§ 27	
	41}								(1400
	46}								
E. N. V.	40	8	85	90	1100	70		§ 28	
	60	"	105	110	"	130	Блеріо, Фарманъ (0,91×0.60×0,55)		
	80	"	100	130	"	200			
	80	"	"	"	"	165			
Дюнь-Бутонъ	100	8	120	130	1200	280	(1,05×0,×) 73)	§ 29	
Морсъ	45	4	110	130		97			
Верморель	40	8	90	120	1200	85			
Кертингъ	50	8	101	106	1350	120		§ 30	
	75	8	116	126	1250	209			

ДВИГАТЕЛИ.	Мощность лощ. силъ.	Число цилиндр.	Диаметръ ци- линдра мм.		Ходъ поршня мм.	Число оборотовъ въ мин.	Вѣсъ кгр.	Воздухоплава- тельн. аппараты (и размѣры дви- гателя въ м.).	§§ книги.
Румплеръ	65	8	105	100	1800	106			
Изотта Фраскини . . .	55	8	92	100	900	125			
Вольслей	50				1350	140	*) съ охладителемъ.		
Двигатели звѣздообразные и вѣрообразные.									
Эсно-Пельтри	20	5	85	85	1300	37,5	Эсно-Пельтри.		
	30	7	"	"	"	52		§ 31	
	40	10	"	"	"	72			
	60	14	"	"	"	98			
Фарко	50	8	105	120	1600	55			
	100	"	130	135	1400	95		§ 32	
Эллекхаммеръ	30	5	92	112	1400	34			
Миллеръ	35	14	100	130		60		§ 33	
Адамсъ	36	5			1500	50			
	63	"			1200	125			
Анзани	45	6	100	120	1600	120		§ 34	
	12	3	85	85	1800	36			
	30	"	105	130	1600	65	Блеріо.		
	45	"	135	150	1400	100	(0,40×0,69×0,55)		
Гобронъ-Бриѣ	80	8	90	100	1500	*160	Бреге, Гобронъ.	§ 35	
							*) съ охладителемъ.		
Двигатели съ вращающи- мися цилиндрами.									
Гномъ	30	5	100	100	1300	60		§ 37	
	50	7	110	120	1200	76	Фарманъ, Блеріо		
	100	14	110	120	1200	100	(0,84×0,86×0,84) (0,915×0,80×0,915)		

ДВИГАТЕЛИ.	Мощность лоп. силъ.	Число цилиндр.	Диаметръ цилиндра мм.	Ходъ поршня мм.	Числооборотовъ въ мин.	Вѣсъ кгр.	Воздухоплава- тельн. аппараты. (и размѣры дви- гателя въ м.).	§§ книги.
Бюрля	40	8	95	120	1000 2000	105		§ 38
Бухереръ	30							§ 39
	100							
Бекъ	40	4	80	2×100	850	50		§ 40
Бретонъ	60	12	80	90	400 1600			§ 41

Цифры вновь настоящей таблицы почти всегда относятся къ двигателямъ безъ охладителей и безъ воды въ системѣ охлажденія.

Изъ сдѣланнаго въ предыдущихъ параграфахъ описанія воздухоплавателейныхъ двигателей ясно разнообразіе формъ, въ которыхъ въ противоположность двигателямъ автомобилей выполняются эти двигатели, при чемъ особенно большимъ разнообразіемъ отличаются современные двигатели для летанія. Ввиду этого трудно говорить объ общей характеристикѣ разсматриваемыхъ двигателей въ буквальномъ смыслѣ слова. Цѣль подобной задачи можетъ составить лишь общій обзоръ главныхъ частей устройства двигателей съ указаніемъ тѣхъ соображеній, которыми умѣстно руководиться при конструированіи двигателя, при выборѣ его или при оцѣнкѣ свойствъ отдѣльныхъ частей устройства *).

*) Мы придержимся при этомъ возможной краткости въ изложеніи, такъ какъ многія соображенія общаго характера были указаны выше въ §§ 2—7.

§ 44. Горючее и цикл работы.

Въ качествѣ *горючаго* по вполнѣ понятнымъ причинамъ исключительное примѣненіе въ настоящее время находитъ бензинъ; изъ *цикловъ работы* — четырехтактный циклъ съ простымъ дѣйствіемъ газовъ на поршень. Лишь въ нѣсколькихъ двигателяхъ (Прины и Берто, Граде) мы встрѣчаемъ двутактный циклъ.

§ 45. Число и расположеніе цилиндровъ.

Число цилиндровъ въ среднемъ составляетъ 4—8, возрастая въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 16. Восемь цилиндровъ наиболѣе часто примѣняются въ двигателяхъ аэроплановъ, при чемъ при этомъ можно обойтись безъ маховика и часто примѣнить воздушное охлажденіе. Двигатели аэростатовъ имѣютъ большею частью четыре вертикальныхъ цилиндра.

Расположеніе цилиндровъ оказывается весьма разнообразнымъ: но въ очень многихъ конструкціяхъ (для аэроплановъ) видно стремленіе уменьшить число колѣнъ вала съ соответствующими частями послѣдняго, а затѣмъ получить менѣе измѣняющіяся напряженія въ валу и выиграть въ вѣсѣ двигателя. Двигатели съ вращающимися цилиндрами принадлежатъ большею частью къ типу двигателей вѣерообразныхъ. Если мы откинемъ послѣдніе двигатели, то типичнымъ аэропланнымъ двигателемъ является типъ V. Типъ этотъ нашелъ въ послѣднее время примѣненіе и въ автомобиляхъ (Діонъ-Бутонъ). Если мы обратимся къ результатамъ состязаній аэроплановъ во Франціи (Реймсъ, августъ 1909 г.), то увидимъ, что двигатели, поставленные на этихъ аэропланахъ, принадлежали за исключеніемъ Гнома къ типамъ: вертикальному (автомобильному)—Райтъ, Вивинусъ, Куртисъ или V—Антуанетъ, E. N. V. Исключеніе составлялъ двигатель Анзани, представляющій переходъ къ двигателямъ звѣздообразнымъ.

Всѣ эти виды имѣютъ преимущество простоты по сравненію съ другими, типъ же V обладаетъ кромѣ того извѣстными достоинствами въ отношеніи равномерности хода и уравниваемости перемѣщающихся массъ, въ удобствахъ газораспределенія (относительно короткіе трубопроводы при

обычно примѣняемомъ въ двигателяхъ этого типа центральномъ расположеніемъ карбуратора возможность пользованія однимъ распредѣлительнымъ валомъ для всѣхъ восьми цилиндровъ, удобство расположенія механизмовъ для управленія какъ выпускными, такъ и впускными клапанами. Указанныя обстоятельства позволяютъ внести извѣстную экономію въ вѣсъ двигателя (короткіе трубопроводы, одинъ распредѣлительный валъ и т. п.) и сдѣлать такимъ образомъ этотъ типъ двигателей заслуживающимъ серьезной разработки и испытаній съ цѣлью примѣненія не только въ летательныхъ, но и въ воздухоплавательныхъ аппаратахъ. Слѣдуетъ добавить, что двигатели типа V, не нуждаясь при опредѣленной степени равномерности вращенія въ маховикѣ, могутъ быть сдѣланы легче двигателей съ цилиндрами въ одной плоскости.

§ 46. Мощность двигателей.

Наиболѣе часто примѣняемыя *мощности* двигателей составляютъ: около 40—50 лш. силъ въ аэропланахъ и 80—100 силъ въ аэростатахъ. Говоря о мощностяхъ, слѣдуетъ имѣть въ виду уменьшеніе послѣдней вмѣстѣ съ увеличеніемъ высоты подъема, что является результатомъ соответствующаго уменьшенія атмосфернаго давленія, при чемъ уменьшаются вѣсовое наполненіе цилиндра и давленія газовъ. Величина этого уменьшенія можетъ быть принята примѣрно въ 1 см. на 100 м. подъема.

Чтобы составить приблизительное понятіе о томъ, какъ обстоятельство это вліяетъ на мощность двигателя, приведемъ слѣдующія соображенія: количество впускаемой въ цилиндръ двигателя смѣси будетъ пропорціонально давленію (при постоянствѣ температуры въ концѣ впуска), что слѣдуетъ изъ характеристическаго уравненія газовъ: $pv = GRT$, на основаніи котораго для двухъ разныхъ давленій имѣемъ: $p_1v_1 = G_1RT_1$ и $p_2v_2 = G_2RT_2$. Но $v_1 = v_2$ и по предположенію $T_1 = T_2$, слѣдовательно $G_1/G_2 = p_1/p_2$. Если коэффициентъ полезнаго дѣйствія двигателя предположимъ постояннымъ (такимъ онъ будетъ теоретически, въ дѣйствительности же будетъ нѣсколько понижаться), то мощность двигателя, пропорціональная вѣсу газовъ, будетъ измѣняться пропорціо-

нально давленію. Такъ напр. при подъемѣ на 100 м. мощность уменьшится въ $\frac{7}{76}$ раза, что составитъ $\frac{1}{76} \cdot 100 = 1,3\%$. Будетъ умѣстно принимать не менѣе 1,5—2% на 100 м. подъема.

§ 47. Вѣсъ двигателя, число оборотовъ, діаметръ цилиндра и ходъ поршня.

Вѣсъ на одну лош. силу измѣняется въ предѣлахъ отъ 1,5—2,5—4 клгр. въ аэропланнхъ двигателяхъ и составляетъ 3—5 кгр. въ двигателяхъ аэростатовъ. Наименьшая приводимая въ каталогахъ величина очень часто не заключаетъ въ себѣ существенныхъ необходимыхъ для дѣйствія его частей, какъ напр. охладителя, запаса воды, трубопроводовъ для газовъ и воды, не говоря о запасахъ горючаго и масла. Данныя относительно вѣсовъ приведены въ § 43 и относятся, къ вѣсу самого двигателя безъ охладителя и безъ запаса воды въ системѣ охлажденія. На сколько возрастаютъ вѣса двигателей въ полномъ снаряженіи со всѣми необходимыми частями къ нимъ и запасомъ матерьяловъ, можно видѣть изъ слѣдующихъ примѣрныхъ подсчетовъ (стр. 119).

Суммирование предѣльныхъ цыфръ должно указать лишь крайніе, добавимъ, преувеличенные предѣлы, такъ какъ отклоненіе въ вѣсахъ отдѣльныхъ частей встрѣчаются въ двигателяхъ, вообще говоря, въ различныя стороны.

Въ цыфру вѣсовъ не вошли мелкія прнадлежности и запасныя части.

Главные размѣры двигателей: діаметръ цилиндра и ходъ поршня въ восьмицилиндровыхъ 50-ти сильныхъ двигателяхъ аэроплановъ имѣютъ въ среднемъ размѣры около 100 мм.; при этомъ обѣ величины или равны, или очень мало между собою различаются, что объясняется большимъ числомъ оборотовъ двигателей.

Въ двигателяхъ аэростатовъ при 100 силахъ имѣемъ въ среднемъ діаметры цилиндровъ и ходы поршней около 160—180 мм.

Число оборотовъ въ двигателяхъ аэростатовъ близко къ 1.000 (900—1.200). въ болѣе легкихъ двигателяхъ аэроплановъ около 1.200—1.600. Такія числа оборотовъ требуютъ большей частью включенія передаточнаго механизма, обык-

Вѣса въ кгр.	Д В И Г А Т Е Л И		
	для аэро- статовъ.	для аэроплановъ.	
Мощность лош. силъ	100	50	25
Вѣсъ двигателя	200—350	75—150	50—75
„ охладителя	40—75	15—25	12—15
„ воды	40—75	15—25	12—15
„ бензина на 5 час.	—	75	43,8
„ „ „ 10 „	250—300	—	—
Расходъ бензина на л. с./часъ . .	(0,25—0,3)	(0,30)	(0,35)
Вѣсъ масла	30	7,5	4,4
„ бензинового резервуара . . .	25—30	7,5	4,4
„ маслянаго „	6	1,5	0,9
И т о г о	591—866	196,5—281,5	127,5—237,7
На 1 лош. силу:			
вѣсъ двигателя	2,8—5,0	2,0—4,0	3,0—4,0
„ съ запасами	5,9—8,7	3,9—5,3	5,1—9,5

новенно зубчатой передачи, между валомъ двигателя и винтомъ, такъ какъ числа оборотовъ винтовъ, вообще говоря, значительно меньше.

Средняя скорость поршня, опредѣляемая по формулѣ:

$$c = \frac{2sn}{60} = \frac{sn}{30}$$
 гдѣ n — число оборотовъ въ мин., а s — ходъ поршня въ м., получаетъ слѣдующія значенія: двигатель Антуанетъ — 40/50 л. с. — $c = 4,9$ м./сек.; — Райтъ — 5,6 м./сек., Фарко 50 л. с. — 6,4 м./сек., Панаръ и Левасоръ — 6,4 м./сек., Даймлеръ — 6 м./сек.

Измѣненіе числа оборотовъ можетъ какъ обыкновенно производиться или переносомъ мгновенія воспламененія или измѣненіемъ условій карбураціи воздуха.

Матерьяломъ для цилиндровъ большей частью служитъ сталь, для поршней также сталь или чугунъ; для передаточныхъ частей (шатуна и вала)---спеціальные сорта стали, напр. хромоникелевая сталь. Алюминій часто находитъ применение для карбураторовъ, частей цилиндра, не подвергающихся давленію газовъ (рубашки), для частей охлажденія*) для трубопроводовъ. Хрупкость нѣкоторыхъ сплавовъ алюминія, неоднородность получаемыхъ отливокъ заставляетъ обратить вниманіе на эти части при испытаніи двигателя.

§ 48. Карбурація и расходъ горючаго.

Карбурація преимущественно производится пульверизаціонными приборами; въ нѣкоторыхъ двигателяхъ видимъ примѣненіе насосовъ. Примѣненіе мѣръ для сохраненія постоянства пропорціи смѣси (устройства для автоматическаго дополнительнаго впуска воздуха) желательно и встрѣчается во многихъ двигателяхъ.

Необходимо лишь убѣдиться въ томъ, что автоматическій регуляторъ впуска, содержащій пружины и другія приспособленія, подвергающіяся вліянію сотрясеній, исправно дѣйствуетъ.

Нерѣдко двигатели снабжаются нѣсколькими карбураторами въ цѣляхъ поставить всѣ цилиндры по возможности въ одинаковыя условія относительно полученія смѣси (одинаковая длина и форма трубопроводовъ и уменьшеніе длины ихъ). Но съ другой стороны при этомъ увеличивается число подлежащихъ регулировкѣ приборовъ (и вѣсъ ихъ), въ строгой тождественности дѣйствія которыхъ едва ли обыкновенно убѣждаются. Нѣсколько карбураторовъ увеличиваютъ съ извѣстной стороны надежность безостановочной работы двигателя, когда при порчѣ одного прибора или трубопровода остальные могутъ дѣйствовать.

*) Алюминій помимо меньшаго вѣса обладаетъ большей теплопроводностью, нежели латунь.

Карбурація воздуха должна совершаться одинаково удовлетворительно при различныхъ температурахъ воздуха, для чего, если это необходимо, карбураторъ долженъ имѣть приспособленіе для регулированія или температуры поступающаго къ нему воздуха, или степени насыщенія послѣдняго бензиномъ.

Расходъ горючаго на лош. силу-часъ по заводскимъ даннымъ и результатамъ испытаній составляетъ 0,25 -- 0,3 — 0,35 кгр.

§ 49. Газораспредѣленіе.

Органы газораспредѣленія (клапаны и механизмы для движенія ихъ) оказываются весьма разнообразными: мы видимъ въ аэропланнхъ двигателяхъ нерѣдко примѣненіе автоматическихъ впускныхъ клапановъ, а также одноклапанное газораспредѣленіе (Эсно-Пельтри и Фарко) или различныя комбинаціи въ устройствѣ впускныхъ и выпускныхъ клапановъ (Пипъ, Панаръ и Левассоръ). Не касаясь здѣсь вопроса объ устройствѣ газораспредѣлительныхъ механизмовъ, что находится въ извѣстной зависимости съ общей конструкціей двигателя, мы остановимся здѣсь на системахъ газораспредѣленія, при чемъ прежде всего приходится обратиться къ старому вопросу объ управляемыхъ и самодѣйствующихъ клапанахъ для впуска смѣси. Почти оставленные въ автомобильныхъ двигателяхъ мощностей, соответствующихъ мощностямъ двигателей воздухоплавательныхъ *), самодѣйствующіе клапаны нашли примѣненіе въ послѣднихъ и при томъ при значительныхъ числахъ оборотовъ двигателя (болѣе тысячи въ минуту), т. е. какъ разъ въ тѣхъ условіяхъ, когда клапаны эти по имѣющимся правда немногочисленнымъ даннымъ **) начинаютъ оказывать замѣтное вліяніе на мощность двигателя въ смыслѣ пониженія послѣдней.

Если тѣмъ не менѣе самодѣйствующимъ клапанамъ въ тѣхъ или другихъ образцахъ воздухоплавательныхъ двига-

*) Величина мощности относится въ данномъ случаѣ къ одному цилиндру двигателя.

**) С. Балдинъ, Двигатели внутренняго горѣнія, 1909, стр. 81.

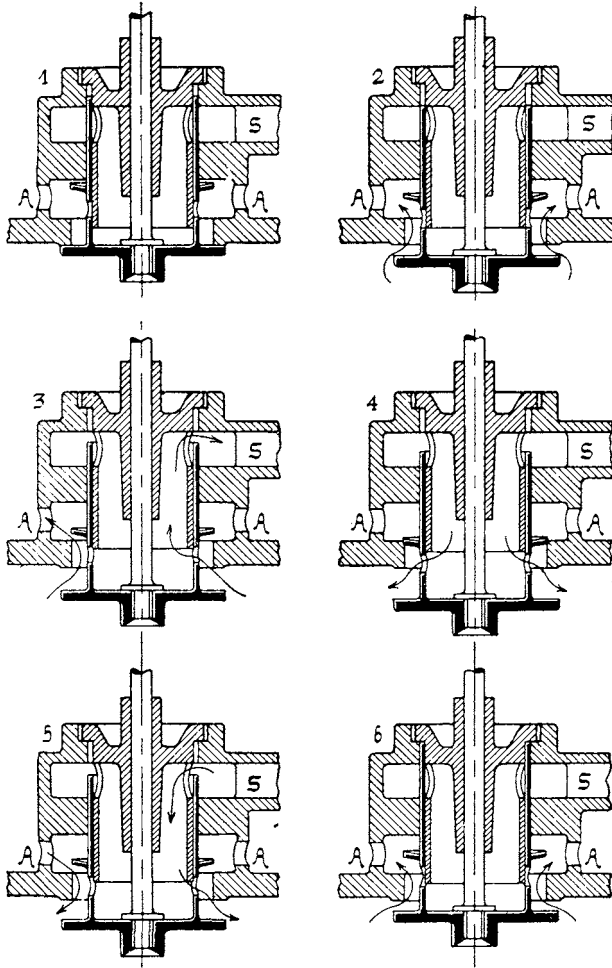
телей отдается предпочтеніе, то остается допустить, что введеніе—при данной конструкціи двигателя—механизма для управленія клапанами могло по соображеніямъ конструктора уменьшить отношеніе мощности къ вѣсу двигателя. Это одно изъ наиболѣе серьезныхъ соображеній, которое можетъ оправдывать примѣненіе автоматическихъ клапановъ. Но въ такомъ случаѣ приходится сдѣлать серьезный упрекъ устройству двигателя, не позволяющему примѣнить управляемые впускные клапаны.

Отмѣтимъ между прочимъ, что въ послѣднемъ образцѣ двигателя Райта автоматическіе впускные клапаны замѣнены управляемыми.

Въ отношеніи удобства расположенія впускныхъ клапановъ и уменьшенія вѣса механизма для управленія ими типъ двигателя въ видѣ буквы V является однимъ изъ удачныхъ. При этомъ клапаны могутъ получить разнообразное расположеніе—съ одной стороны цилиндра, въ головѣ его—за исключеніемъ размѣщенія по обѣимъ сторонамъ его; но послѣднему устройству трудно приписать какія либо спеціальныя преимущества.

Одноклапанное газораспредѣленіе, примѣненное Фарко и Эсно-Пельтри, не нашло себѣ подражателей, и приходится думать, что дальнѣйшаго развитія эти газораспредѣленія, не смотря на ихъ остроуміе, не найдутъ; причину этого можно видѣть въ несовершенствѣ дѣйствія ихъ клапановъ. Дѣйствительно, если мы прослѣдимъ всѣ послѣдовательныя положенія клапановъ Фарко и Эсно-Пельтри, мы обнаружимъ, что въ обѣихъ системахъ существуютъ промежутки, въ продолженіи которыхъ внутренность цилиндра находится одновременно въ сообщеніи какъ съ трубопроводомъ отъ карбуратора, такъ и съ окружающей атмосферой черезъ выхлопную трубу. Сказанное не трудно усмотрѣть изъ устройства клапановъ какъ того, такъ и другого двигателя. Такъ клапанъ двигателя Эсно-Пельтри изображенъ въ шести различныхъ положеніяхъ въ фиг. 112, при чемъ положенія 1, 2, 4 и 6 послѣдовательно представляютъ положенія клапана при расширеніи, выпускѣ, впускѣ и сжатіи, а остальные два отвѣчаютъ промежуточнымъ положеніямъ. Не трудно видѣть, что въ промежуткѣ между выпускомъ и впускомъ внутренность цилиндра (з) находится

въ сообщеніи какъ съ карбураторомъ S, такъ и съ окружающимъ воздухомъ (черезъ A). Въ зависимости отъ того, будетъ ли это положеніе клапана при выпускѣ или впускѣ, мы получимъ различныя явленія въ цилиндрѣ и трубо-



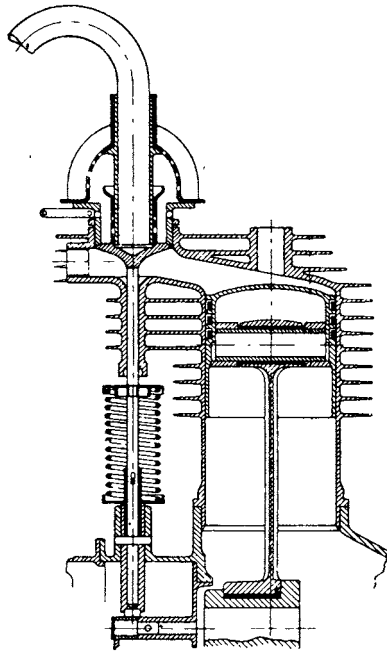
Фиг. 112.

проводахъ, въ обоихъ случаяхъ неблагоприятныя. Въ первомъ при давленіи въ цилиндрѣ, превышающемъ давленіе атмосферы, продукты горѣнія будутъ попадать въ впускной трубопроводъ, нарушая правильное дѣйствіе карбура-

тора и засоряя его. Во второмъ случаѣ въ цилиндръ вмѣстѣ со свѣжей смѣсью поступаютъ частью только что вышедшіе изъ него продукты горѣнія, что также нежелательно, такъ какъ тѣмъ самымъ уменьшается мощность двигателя.

Аналогичныя явленія происходятъ также въ промежуточномъ положеніи клапана (фиг. 5) между ходами впуска и сжатія *).

Вліяніе указаннаго обстоятельства зависитъ отъ проме-



Фиг. 113.

жутка времени, въ теченіе котораго происходитъ перемѣщеніе клапана изъ одного положенія въ другое. Для уменьшенія его должна быть уменьшена длина переходныхъ частей по направленію окружности между уступами кулачка, дѣйствующаго на стержни клапановъ. По-

*) Dyngler's polytechnisches Journal, 1909 № 1. Сдвоенный клапанъ, въ которомъ устраняются только что указанные недостатки, предложенъ Форрейтеромъ (Vorreiber, Motoren für Luftschiffe und Flugapparate, 1910, стр. 28).

добное уменьшеніе имѣетъ однако извѣстный предѣлъ, при переходѣ котораго могутъ появиться удары стержня клапана о кулачокъ, подпрыгиваніе клапана и изнашивание кулачка.

Продолжительность перехода клапана черезъ промежуточные положенія зависитъ сверхъ того отъ относительной быстроты вращенія кулачной шайбы и величины ея, при чемъ какъ скорость вращенія, такъ и величина шайбы должны быть больше. Но у Эсно-Пельтри выгода большой величины шайбы уничтожается малой скоростью вращенія ея, а у Фарко наоборотъ при относительно большой скорости шайба имѣетъ малые размѣры.

Въ газораспредѣленіи Фарко помимо указаннаго у Эсно-Пельтри приходится отмѣтить еще одну невыгодную сторону: расположеніе клапана со стороны противоположной валу двигателя (фиг. 113), вслѣдствіе чего при существованіи зазора между стержнемъ клапана и втулкой, въ которой онъ перемѣщается, необходимаго для свободнаго движенія клапана, черезъ зазоръ этотъ должна происходить утечка газовъ изъ цилиндра въ атмосферу.

Принимая во вниманіе сказанное, приходится при существующихъ конструкціяхъ одноклапанныхъ газораспредѣлений отдать предпочтеніе устройству съ отдѣльными клапанами, при которомъ условія впуска и выпуска газовъ могутъ быть осуществлены совершенно независимо. Если расположеніемъ клапановъ преслѣдуются цѣли охлажденія выпускнаго клапана смѣсью, поступающей въ цилиндръ, что нужно признать вполне рациональнымъ, то болѣе удачными будутъ устройства, принятые въ двигателяхъ Пипъ и Парваръ и Левассоръ.

§ 50. Воспламененіе.

Для *воспламененія* обыкновенно служатъ магнитоэлектрическія машинки, что и нужно считать нормальнымъ въ военныхъ аэропланахъ. Очень часто для пуска въ ходъ, а также

*) Скорость вращенія шайбъ въ этомъ двигателѣ равна $\frac{1}{n-1}$ скорости вращенія вала, при чемъ n —число цилиндровъ.

**) Скорость вращенія шайбы равна половинной скорости вращенія вала.

для работы въ двигателяхъ съ числомъ рабочихъ цилиндровъ болѣе четырехъ—берется два воспламенителя.

§ 51. Охлажденіе.

Во многихъ конструкціяхъ двигателей въ цѣляхъ уменьшенія вѣса ихъ нашло примѣненіе воздушное охлажденіе вмѣсто водяного; такую замѣну однако далеко не всегда можно считать достигающей цѣли). Дѣйствительно если примѣненіе воздушнаго охлажденія позволяетъ откинуть оболочку цилиндра, трубопроводы, насосъ и охладитель, то при немъ входятъ: вентиляторъ (роль котораго иногда исполняетъ винтъ аэроплана) съ передачей къ нему, кожуха, направляющіе воздухъ, ребра на цилиндрахъ; послѣднія помимо своего вѣса не позволяютъ обработать стѣнокъ цилиндровъ съ наружной стороны и вслѣдствіе этого стѣнки не могутъ получить наименьшей толщины, возможной при данныхъ размѣрахъ цилиндра и опредѣленномъ давленіи газовъ.

Въ водяномъ охлажденіи по сравненію съ воздушнымъ весьма важнымъ является то, что охлаждающее дѣйствіе воды можетъ быть заранѣе учтено болѣе точно, нежели дѣйствіе воздушныхъ струй, хотя бы и направляемыхъ тѣмъ или другимъ способомъ обыкновенно при помощи кожуха, въ который заключаются цилиндры двигателя сполна или частью. При водяномъ охлажденіи завѣдомо могутъ быть устранены мѣстныя нагрѣванія стѣнокъ цилиндровъ, что вполне достижимо при соотвѣтственномъ направленіи тока воды и расположеніи трубопроводовъ. При воздушномъ охлажденіи такія мѣстныя нагрѣванія будутъ болѣе вѣроятными. При отсутствіи кожуха, направляющаго воздухъ, такія мѣста могутъ возникать случайно. Наконецъ охлажденіе воздухомъ вдающихся внутрь частей или будетъ неудовлетворительно или можетъ потребовать соотвѣтственныхъ измѣненій въ устройствѣ двигателя примѣнительно къ условіямъ охлажденія, можетъ быть и не достаточно обусловливаемыхъ другими требованіями раціональной работы двигателя. Какъ на

*) См. ниже двигатели Діона и Бутона и Е. Н. V.

недостатокъ воздушнаго охлажденія указываютъ нерѣдко на худшее использованіе объема цилиндра, выражающееся тѣмъ, что на одну лошадиную силу въ двигателяхъ въ этомъ случаѣ приходится большій объемъ, описываемый поршнемъ въ извѣстное время. Обстоятельство это, вообще говоря, подтверждается. Обратимся для этого къ формулѣ, выражающей полезную мощность двигателя:

$$N = \frac{1}{75} \eta_m 10000 p_i \alpha k \frac{\pi D^2}{4} s \frac{2 n^*}{60} =$$

$$= 0,87 \eta_m p_i k D^2 S n,$$

гдѣ η_m — механическій коэффициентъ полезнаго дѣйствія,
 p_i — среднее индикаторное давленіе въ кгр./см².

$\alpha = 1/4$ для четырехтактныхъ двигателей простого дѣйствія,

k — число цилиндровъ,

D — діаметръ цилиндра въ м.

s — ходъ поршня въ м.

n — число оборотовъ въ мин.

Объемъ, описанный поршнями въ данномъ двигателѣ, пропорціоналенъ величинѣ kD^2sn , а слѣдовательно, чѣмъ эта величина больше или обратно чѣмъ меньше $\eta_m p_i$ или — въ предположеніи одинаковости механическихъ сопротивленій въ двигателѣ — чѣмъ меньше p_i , тѣмъ хуже использованіе указаннаго объема въ двигателѣ. Въ слѣдующей таблицѣ собраны данныя для нѣсколькихъ наиболѣе извѣстныхъ двигателей съ водянымъ и воздушнымъ охлажденіемъ.

Послѣдняя графа содержитъ величину p_i въ предположеніи $\eta_m = 0,75$. Во всѣхъ случаяхъ $\alpha = 1/4$ и слѣдовательно $\eta_m p_i = N_e / 0,87 kD^2sn = N_e / b$.

Приведенныя въ послѣдней таблицѣ значенія $\eta_m p_i$ и p_i превышаютъ, вообще говоря, соотвѣтствующія величины, указываемыя для автомобильныхъ двигателей, гдѣ мы имѣемъ соотвѣтственно около 4,2 и 5,2.

Такимъ образомъ въ общемъ приведенные подсчеты ука-

*) С. Балдинъ, Двигатели внутренняго горѣнія 1909, стр. 8.

Двигатель.	N_e		D	s	n	Охла-		η_m	p_i	p_i
	л.с.	k				м.	м.			
Рено	41	8	0,090	0,120	1400	9,5	возд.	4,3	5,7	
Эсно-Пельтри	30	7	0,085	0,095	1300	5,5	„	5,4	7,2	
Фарко	50	8	0,105	0,120	1600	14,8	„	3,4	4,5	
Гномъ	50	7	0,110	0,120	1200	10,7	„	4,7	6,3	
Е. N. V.	60	8	0,105	0,110	1100	9,3	вод.	6,4	8,0	
Панаръ и Левассоръ	43	4	0,110	0,140	1100	6,6	„	6,5	8,0	
Кертингъ	50	8	0,101	0,106	1350	9,9	„	5,1	6,8	
Адлеръ	50	4	0,100	0,125	1800	7,9	„	6,3	8,4	
Панаръ и Левассоръ	129	4	0,185	0,200	1100	26,4	„	4,8	6,	
Діонъ и Бутонъ	100	8	0,120	0,130	1200	15,7	„	6,4	8,5	
N. A. G.	100	6	0,150	0,130	1200	18,4	„	5,4	7,2	

зываютъ на большій объемъ (η_m , p_i и p_i меньше) цилиндровъ, охлаждаемыхъ воздухомъ, по сравненію съ цилиндрами, снабженными водянымъ охлажденіемъ. Слѣдуетъ оговориться, что за отсутствіемъ точныхъ данныхъ о мощности, условіяхъ испытаніи и т. п. воздухоплавательныхъ двигателей, на результаты, указанные въ таблицѣ, можно смотрѣть лишь какъ на приблизительные.

Среднее индикаторное давленіе зависитъ отъ различныхъ обстоятельствъ, а именно: отъ вѣсового наполненія цилиндра *) и связаннаго съ этимъ повышенія давленія при процессѣ горѣнія, затѣмъ отъ коэффициента сжатія. При воз-

*) Существенную роль въ этомъ отношеніи должна играть система газораспределенія въ видѣ самодѣйствующихъ или управляемыхъ впускныхъ клапановъ, вліяющихъ на наполненіе цилиндра о чемъ говорилось въ § 49.

душномъ охлажденіи можетъ явиться необходимость въ ограниченіи сжатія изъ опасенія преждевременнаго воспламененія смѣси при соприкосновеніи съ недостаточно охлаждаемыми участками стѣнокъ цилиндра или камеры сжатія. Меньшее сжатіе повлечетъ за собою меньшее индикаторное давленіе, что вызоветъ необходимость въ увеличеніи объема цилиндра и повліяетъ на уменьшеніе отношенія мощности двигателя къ вѣсу его.

Все изложенное по поводу воздушнаго и водянаго охлажденія заставляеть даже въ легкихъ двигателяхъ склониться на сторону водянаго охлажденія какъ менѣе подверженнаго случайностямъ, слѣдовательно болѣе удовлетворяющаго весьма важному для воздухоплавательныхъ двигателей условію надежности.

ГЛАВА IV.

ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ.

§ 52. Общія замѣчанія.

Къ воздухоплавательнымъ двигателямъ помимо общихъ съ тѣми условій, которыя могутъ быть поставлены для всякаго двигателя какъ источника механической энергіи, предъявляется рядъ специальныхъ требованій, опредѣляемыхъ назначеніемъ рассматриваемыхъ двигателей для установки на воздухоплавательномъ апаратѣ. Соответственно этому могутъ быть подраздѣлены и самыя испытанія.

Мы рассмотримъ въ главныхъ чертахъ эти испытанія, не касаясь способовъ техническаго производства ихъ, что можно найти въ соотвѣтствующихъ сочиненіяхъ. Относительно приводимыхъ попутно нѣкоторыхъ нормъ испытаній слѣдуетъ замѣтить, что данныя въ этомъ отношеніи ввиду новизны вопроса и быстрого развитія его не многочисленны и не всегда совпадаютъ между собою.

§ 53. Испытанія общаго характера.

1) *Опредѣленіе полезной мощности двигателя.*

Мощность двигателя можетъ быть измѣрена механическимъ тормазомъ того или другого типа. Болѣе удобной въ смыслѣ обращенія является нагрузка двигателя динамомашинной, коэффициентъ полезнаго дѣйствія которой извѣстенъ; способъ этотъ даетъ къ тому же и болѣе точные результаты.

Въ измѣреніи индикаторной мощности или мощности, развиваемой газами въ цилиндрѣ, при испытаніяхъ чисто пракческаго характера необходимости не встрѣчается. По-

лученіе индикаторныхъ діаграмъ можно однако считать полезнымъ въ цѣляхъ изученія общаго характера процесса работы газовъ въ двигателяхъ.

2) *Опредѣленіе числа оборотовъ* производится попутно при измѣреніи полезной мощности двигателя посредствомъ тахометровъ. Число оборотовъ во время указываемаго далѣе испытанія на продолжительную работу не должно отклоняться отъ средняго значенія на извѣстную величину; принимаютъ 5%.

3) *Расходъ горючаго и смазки на лош. силу-часъ*. Измѣреніе полезной мощности въ связи съ расходомъ горючаго и его теплотворной способностью позволяетъ найти коэффициентъ полезнаго дѣйствія. Въ воздухоплавательныхъ двигателяхъ величина эта не играетъ роли въ экономическомъ отношеніи подобно тому, что мы имѣемъ въ двигателяхъ для промышленныхъ цѣлей, но служитъ для сравненія двигателей между собою по вѣсу при включеніи въ цифру вѣса запаса горючаго на извѣстное число часовъ работы.

Продолжительность испытанія принимается обыкновенно въ полчаса, что вполне достаточно. Сказанное только что относительно расхода горючаго примѣняется и къ смазкѣ *).

Относительно горючаго слѣдуетъ замѣтить, что здѣсь необходимо считаться съ свойствами бензина, которымъ придется пользоваться на практикѣ, и, если это будетъ необходимо, испытать двигатель при питаніи его бензиномъ различнаго качества.

Опредѣленіе расхода при переменѣнной нагрузкѣ **) въ воздухоплавательныхъ двигателяхъ можетъ быть опущено.

4) *Испытаніе на продолжительную работу* помимо общаго испытанія двигателя со стороны конструкціи, тщательности сборки и пригонки отдѣльныхъ частей служитъ обыкновенно и для измѣренія расхода горючаго, смазки и воды ***).

*) Въ правилахъ французскихъ конкурсовъ находимъ наибольшіе предѣлы расхода на лош. силу-часъ: бензина—350 гр., масла — 50 гр.

**) А также испытаніе при холостомъ ходѣ.

***) Нѣкоторыя данныя, относящіяся къ этому испытанію, приво-

Послѣ испытанія на продолжительную работу полезно произвести разборку двигателя и пустить по сборкѣ двигатель въ ходъ на непродолжительное время.

§ 54. Испытанія спеціальнаго характера.

1. *Конструкція двигателя.* Въ виду условія установки на аэропланѣ двигатель долженъ составлять одно цѣлое со своими частями, изъ числа которыхъ исключаютъ: резервуары для горячаго и воды, охладитель и аккумуляторы. Самая конструкція и расположеніе частей въ отношеніи ухода и управленія должны быть подвергнуты строгой оцѣнкѣ.

2) *Безостановочный ходъ двигателя.* При испытаніи на продолжительную работу двигателей аэростатовъ правилами состязаній дается обыкновенно небольшой промежутокъ времени въ теченіе испытанія ($\frac{1}{4}$ часа) на замѣну оказавшихся неисправными свѣчъ и другія мелкія поправки; двигатели же аэроплановъ должны все время испытанія идти безъ какого либо участія людей. Предоставляется однако право повторнаго (разъ до трехъ) пуска въ ходъ и производства испытанія. Что касается продолжительности испытанія, то на конкурсныхъ испытаніяхъ мы встрѣчаемъ для двигателей аэростатовъ—до 10 час. *), для двигателей аэроплановъ отъ 3 до 5 час.

2) *Опредѣленіе вѣса на лош. силу:* а) собственно двигателя; б) двигателя со всѣми вспомогательными частями и запасомъ горячаго, смазки и воды на опредѣленное время работы. Нужно обратить вниманіе на необходимость указывать при производствѣ испытаній или при составленіи техническихъ условій точно тѣ части, которыя должны войти въ исчисленіе вѣса двигателя.

4) *Испытаніе двигателя при наклонѣ къ горизонту.* Уголъ

дятся въ слѣдующемъ параграфѣ (п. 2) въ виду того, что испытаніе на продолжительную работу въ разсматриваемомъ случаѣ находится въ связи съ условіемъ надежности дѣйствія, повѣряемымъ безостановочной работой его въ теченіе извѣстнаго промежутка времени.

*) Для двигателей аэростатовъ ближней развѣдки находимъ данную въ 8 час.

наклона берутъ около 15° , продолжительность испытанія около часа.

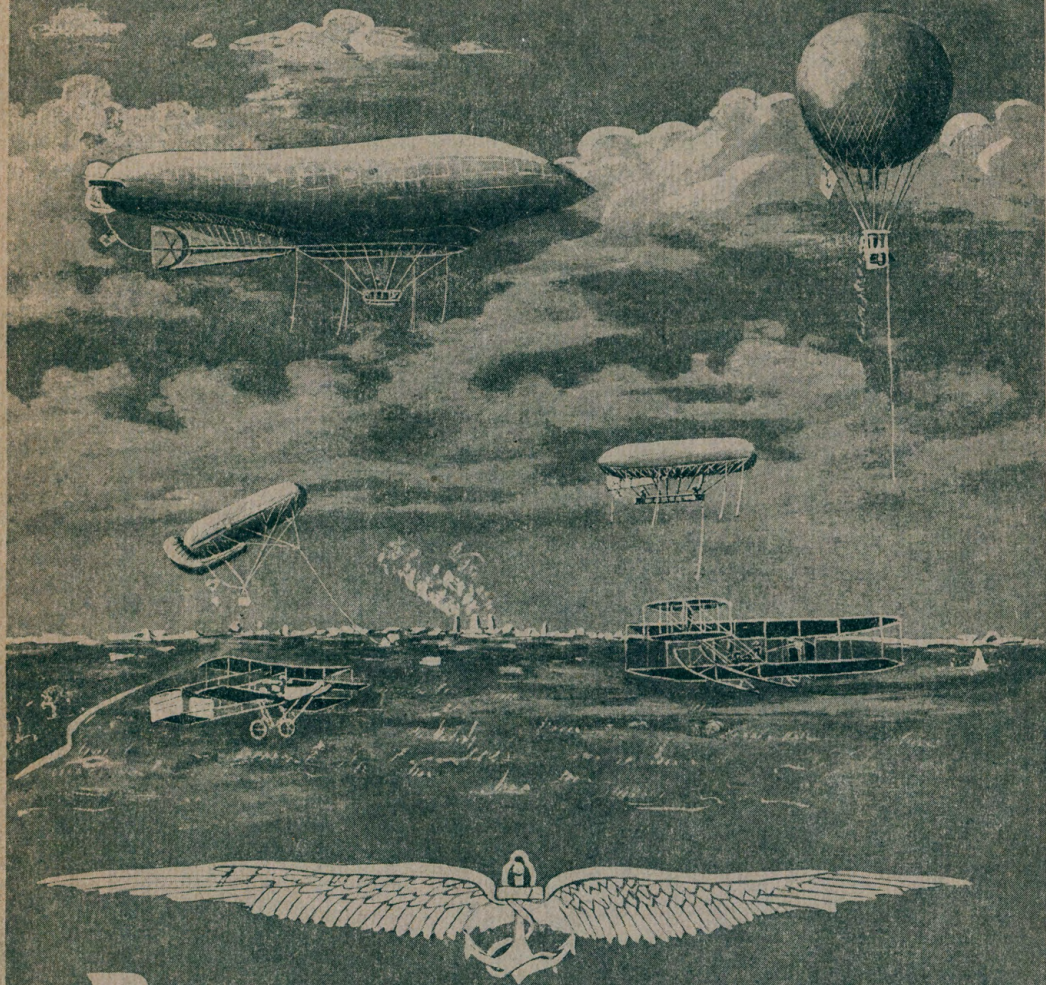
5) *Объ испытаніи двигателя въ дѣйствительныхъ условіяхъ установки.*

Нѣтъ сомнѣнія въ важности этого испытанія для сужденія о свойствахъ двигателя въ дѣйствительныхъ условіяхъ работы его. Но съ другой стороны лабораторное производство его представляется крайне затруднительнымъ, если не вполне невозможнымъ. Приводимъ соображенія, которыя заставили на французскихъ конкурсахъ воздухоплавательныхъ двигателей отказаться отъ испытаній на не жесткомъ основаніи.

Испытаніе на упругой подставкѣ не отвѣчаетъ дѣйствительности, гдѣ встрѣчается скорѣе дрожаніе, но не упругія колебанія частей аппарата; не будетъ осуществлять дѣйствительныхъ условій и установка двигателя на подвѣшенномъ какимъ либо способомъ аэропланѣ. Сверхъ того установка двигателя на колеблющейся опорѣ и прикрѣпленіе тормазы къ опорѣ неподвижной можетъ вызвать чрезмѣрные напряженія въ частяхъ машины.

Что касается другого обстоятельства—работы двигателя при примѣненіи воздушнаго охлажденія, то здѣсь возможно и слѣдуетъ приблизиться къ дѣйствительнымъ условіямъ практики.





„Воздухоплаватель“

VII годъ
изданія.

ОРГАНЪ
ИМПЕРАТОРСКАГО
ВСЕРОССИЙСКАГО АЭРО-КЛУБА

Цѣна
5 руб.
въ годъ.

Того же автора:

Испытаніе электрическихъ машинъ. 244 стр. съ 100 фиг.
1905. Ц. 2 р. 50 к.

Прожектора и подвижныя прожекторныя станціи. 119 стр.
съ 60 фиг., 1906. Ц. 1 р. 75 к.

Основы механики. Курсъ Николаевского инженернаго
училища. 371 стр. съ 184 черт. и 258 задачами, 1906.
Ц. 3 р. 40 к.

Лампы накаливанія съ металлическими нитями. 32 стр.,
съ 10 фиг. 1909. Ц. 60 к.

**Вліяніе процесса сжиганія топлива на коэффициентъ полез-
наго дѣйствія двигателей съ быстрымъ горѣніемъ.** 69 стр.
1909. Ц. 1 р.

Двигатели внутренняго горѣнія. 209 стр., съ 122 фиг.
1909. Ц. 2 р. 40 к.

Цѣна 1 р. 60 к.