

А.В. Филлипычев

Поршневые моторы для летающих моделей

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
А11

А11 **А.В. Филлипычев**
Поршневые моторы для летающих моделей / А.В. Филлипычев – М.: Книга по Требованию, 2021. – 92 с.

ISBN 978-5-458-38962-4

Книга рекомендуется авиамоделистам, занимающихся постройкой самолетов и двигателей к ним. В книге даются чертежи и пояснения, необходимые для построения авиамодельного мотора ЦАМЛ-50.

ISBN 978-5-458-38962-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Глава I

НАЗНАЧЕНИЕ ЧАСТЕЙ МОТОРА И ПРИНЦИП ИХ РАБОТЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Авиамодельные моторы работают по двухтактному циклу. Применение для мотора двухтактного цикла значительно удешевляет мотор, упрощает его и понижает вес благодаря отсутствию клапанов и распределительного механизма. Вдвое большее число рабочих ходов, чем у мотора с четырехтактным циклом, делает работу мотора более равномерной и позволяет иметь маховик меньших размеров (а следовательно, и меньшего веса).

У двухтактного мотора рабочая смесь всасывается в кривошипную камеру (картер), а затем перепускается в цилиндр. Таким образом рабочая смесь омывает все трущиеся поверхности мотора. Это позволяет значительно упростить систему смазки деталей добавлением масла непосредственно в горючую жидкость.

Ввиду перечисленных преимуществ двухтактные моторы стали широко применяться в авиамоделизме.

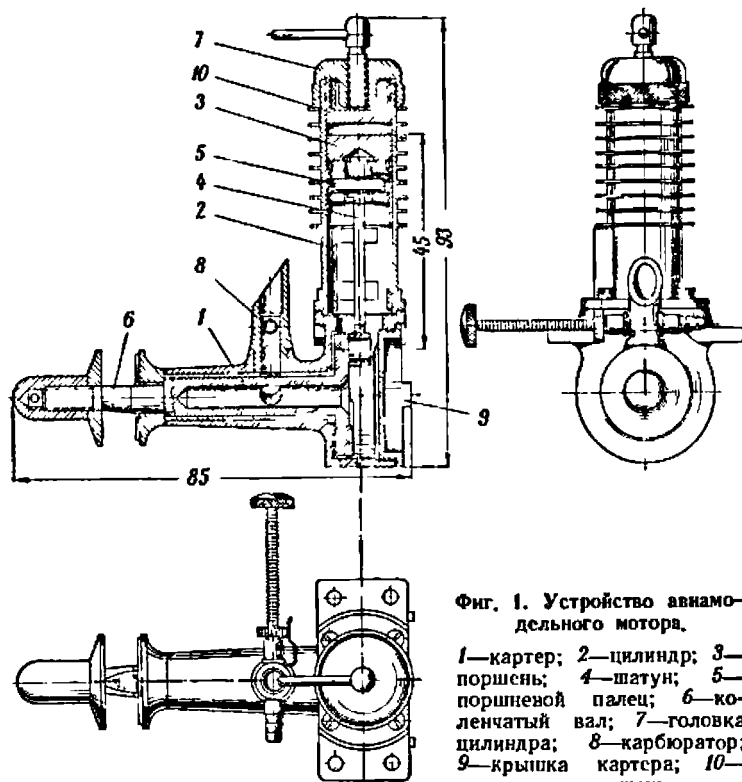
Авиамодельные моторы, несмотря на малые размеры, небольшой вес и крайне простое устройство, состоят из тех же основных частей, что и большие моторы. Схематичный разрез авиамодельного мотора показан на фиг. 1.

КАРТЕР И КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Картер соединяет между собой детали мотора, к нему крепится цилиндр, а внутри картера в носке расположен коренной подшипник, в котором вращается коленчатый вал, на носке картера крепится прерыватель. Для установки мотора на моторную раму модели или на стенд картер обычно имеет специальные ушки.

Полость картера, в которой вращается коленчатый вал, герметически изолирована. В полости картера поршень создает попеременно то разрежение, то сжатие. Таким образом картер в совокупности с поршнем является перекачивающим воздушным насосом.

На щеке коленчатого вала расположен кривошипный палец, соединенный при помощи шатуна и поршневого пальца с поршнем. Вся эта система сочлененных подвижных деталей носит название кривошипно-шатунного механизма.



ЦИЛИНДР И ПОРШЕНЬ

В цилиндре мотора сгорает смесь горючего с воздухом, в результате чего резко повышается давление над поршнем. Под действием этого давления поршень движется вниз, совершая полезную работу.

Внутренняя поверхность цилиндра, по которой движется поршень, служит для направления движения поршня и называется зеркалом цилиндра. Малый зазор между поршнем и стенками цилиндра при наличии смазки создает возможность сильного сжатия газов в головке цилиндра при движении поршня вверх. Объем, заключенный между дном поршня в верхней мертвой точ-

ке (ВМТ)* и внутренней поверхностью головки цилиндра, называется камерой сгорания.

Объем, заключенный между дном поршня в нижней мертвой точке (НМТ)** и внутренней поверхностью головки цилиндра, носит название полного объема цилиндра. Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания называется степенью сжатия.

Моторы внутреннего сгорания классифицируются по рабочему объему. Рабочим объемом называется объем воздуха, вытесняемый поршнем при его движении от НМТ до ВМТ.

МАХОВИК

Коленчатый вал при работе мотора вращается неравномерно. Во время рабочего хода, когда газы давят на поршень, скорость вращения вала увеличивается. Когда же поршень идет вверх и сжимает рабочую смесь, скорость вращения уменьшается. Эти колебания скорости вращения вала в течение одного оборота частично сглаживаются инерционными силами вращающегося маховика.

Маховик во время работы двигателя накапливает энергию, помогает шатунно-кривошипному механизму проходить мертвые точки, а также, расходуя энергию, приобретенную во время рабочего хода, проворачивает коленчатый вал мотора для всасывания рабочей смеси и сжатия ее в цилиндре.

Роль маховика в авиамодельных моторах выполняет воздушный винт и вращающийся коленчатый вал с противовесом.

Глава II

ПРИНЦИП РАБОТЫ МОТОРА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

ВСАСЫВАНИЕ ВОЗДУХА И ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ СМЕСИ

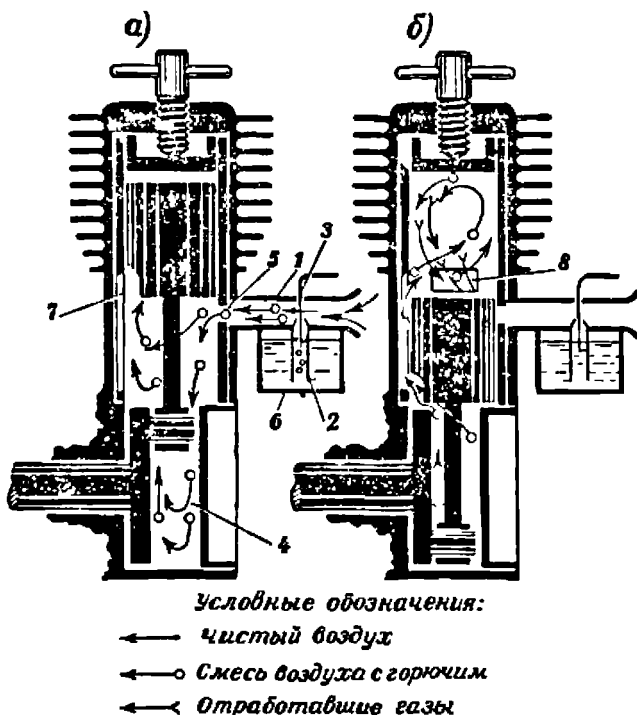
У авиамодельного мотора имеется патрубок 1 (фиг. 2) для всасывания воздуха. Внутрь патрубка выходит тонкая трубка 2 с малым калиброванным отверстием, подводящая горючую жидкость. Эта трубка называется жиклером. У большинства моторов сечение отверстия жиклера регулируется специальной иглой 3, что необходимо для точной дозировки горючего, поступающего в мотор.

* ВМТ — крайнее положение поршня в цилиндре (наиболее удаленное от коленчатого вала), соответствующее наибольшему удалению его от коленчатого вала. Оси вращения поршневого пальца, кривошипного пальца и коленчатого вала в положении ВМТ находятся в одной плоскости.

** НМТ — крайнее положение поршня (наиболее близкое к коленчатому валу), соответствующее наименьшему удалению его от коленчатого вала. Оси вращения поршневого пальца, коленчатого вала и кривошипного пальца в положении НМТ находятся в одной плоскости.

Система, образованная всасывающим патрубком, жиклером и регулировочной иглой, представляет собой простейший карбюратор, служащий для приготовления рабочей смеси.

Всасывание у моторов с двухтактным циклом происходит вследствие разрежения, создаваемого в полости картера 4 при движении поршня вверх. Как только поршень откроет отверстие 5 всасывающего патрубка 1, воздух с большой скоростью устрем-



Фиг. 2. Схема движения газов в двухтактном моторе Ф-10.

а — всасывание смеси в картер; б — перепуск рабочей смеси из картера в цилиндр (продувка).

ляется в разреженное пространство картера мотора. Проходя по всасывающему патрубку с большой скоростью он понижает в нем давление, делая его меньше атмосферного. Вследствие понижения давления во всасывающем патрубке из отверстия жиклера, выходящего в патрубок, начинает вытекать горючее, подаваемое по трубке из расходного бачка 6. Вытекающее горючее распыляется проходящим воздухом, испаряется и образует, перемешиваясь с воздухом, горючую смесь.

Дойдя до ВМТ, поршень начинает двигаться вниз и перекрывает отверстие 5 всасывающего патрубка. На этом заканчивается всасывание и приготовление рабочей смеси.

Рабочей смесью называется смесь паров или мельчайших капелек горючего с воздухом в соотношении, необходимом для полного сгорания топлива. Для сгорания, например, 1 г бензина требуется около 15 г воздуха. Различные горючие жидкости требуют различного количества воздуха (вернее, содержащегося в воздухе кислорода) для их полного сгорания.

Ниже дана таблица (теоретически) необходимого количества воздуха для полного сгорания 1 г различных горючих жидкостей, употребляемых авиамоделистами.

Наименование горючего	Удельный вес жидкости	Теоретически необходимое количество воздуха при 15°С и атмосферном давлении, г
Бензин	0,74—0,79	15,4
Керосин	0,79—0,82	15,4
Бензол	0,88	13,3
Соляровое масло	0,83	12,8
Метиловый спирт	0,79	8,5
Этиловый спирт	0,79	9,0

Рабочая смесь, после сгорания которой не остается ни горючего, ни свободного кислорода, называется *н о р м а л ь н о й* рабочей смесью.

Рабочая смесь, содержащая горючего больше теоретически необходимого количества, называется *б о г а т о й* смесью.

Рабочая смесь, содержащая горючего меньше теоретически необходимого количества, называется *б е д н о й* смесью. Богатые и бедные смеси хуже воспламеняются и медленнее горят, чем нормальная рабочая смесь.

Чрезмерно обогащенные или обедненные смеси теряют способность воспламеняться и для работы мотора не годны.

СЖАТИЕ В КАРТЕРЕ И В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Двигаясь вниз, поршень сжимает рабочую смесь и, немного не доходя до НМТ, открывает продувочное окно 7 (см. фиг. 2) цилиндра, соединенное с полостью картера. Сжатая рабочая смесь устремляется через окно в цилиндр. Поступление рабочей

смеси в цилиндр продолжается некоторое время по инерции и во время движения поршня вверх, вплоть до закрытия продувочного окна. Затем поршень, двигаясь вверх, сжимает рабочую смесь в камере сгорания.

РАБОЧИЙ ХОД И ВЫПУСК

К моменту подхода поршня к ВМТ рабочая смесь горючего с воздухом воспламеняется (от запальной свечи или от повышения температуры в результате сильного сжатия рабочей смеси — подробнее см. в гл. V) и происходит чрезвычайно быстрое сгорание рабочей смеси с выделением большого количества тепла. Газы, образовавшиеся в результате сгорания рабочей смеси, расширяются, и поршень под действием силы давления газов движется вниз, совершая рабочий ход. Движение поршня, связанного с кривошипно-шатунной системой, быстро гаснет, но маховик (винт), сидящий на противоположном конце коленчатого вала мотора, приобретает некоторый запас энергии, часть которой расходуется на проворачивание кривошипно-шатунной системы с поршнем.

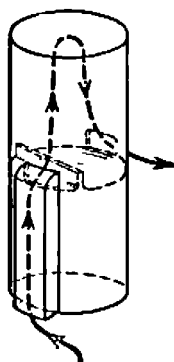
Выпуск отработавших газов (выхлоп) происходит в конце рабочего хода, когда поршень открывает выпускные отверстия 8 (см. фиг. 2). Находящиеся под давлением газы выпускаются в атмосферу. После выпуска давление в цилиндре падает.

ПРОДУВКА

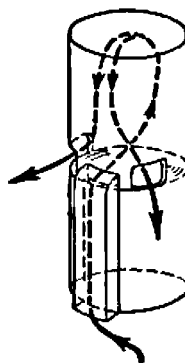
Несколько позже, чем выпускные окна, открывается продувочное окно и из картера в цилиндр поступает порция свежей рабочей смеси, вытесняя из него остатки отработавших газов. Этот процесс называется продувкой.

От качества продувки в сильной степени зависит экономичность мотора, его мощность и устойчивость режима работы, а также пусковые качества. Продувочные и выпускные окна и каналы надо располагать так, чтобы обеспечить лучшую продувку, т. е. наиболее полно очистить цилиндр от сгоревших газов и уменьшить потери свежей рабочей смеси.

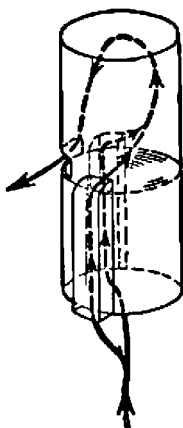
Головка поршня часто имеет козырек (дефлектор), отклоняющий свежую рабочую смесь вверх, чтобы она не вышла через расположенное напротив выпускное окно (фиг. 3). Такая продувка называется поперечной. В авиамодельных моторах очень часто употребляются различные варианты так называемой поперечно-петлевой продувки. При поперечно-петлевой продувке смесь направляется стенками продувочного канала и продувочным окном под углом в противоположную стенку цилиндра, совершает путь в цилиндре в виде петли и направляется к выпускным окнам, выталкивая остатки отработавших газов. К моменту подхода свежей рабочей смеси к выпускному окну



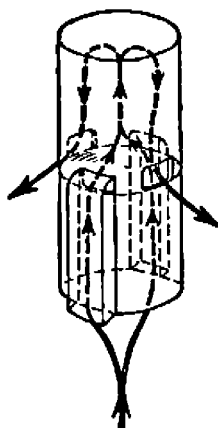
Фиг. 3. Схема поперечной продувки в цилиндре мотора.



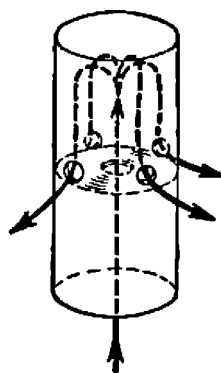
Фиг. 4. Схема поперечно-петлевой продувки с одним продувочным и двумя выпускными окнами.



Фиг. 5. Схема поперечно-петлевой продувки с двумя продувочными и одним выпускным окном.



Фиг. 6. Схема перекрестного расположения двух продувочных и двух выпускных окон.



Фиг. 7. Схема фонтанной продувки через поршень.

последнее закрывается боковой поверхностью поршня. На этом продувка заканчивается.

В авиамодельных моторах наиболее употребительны следующие варианты петлевых продувок: 1) один продувочный канал и два выпускных окна (фиг. 4). Струя рабочей смеси направляется в противоположную стенку и поднимается вверх, образуя петлю. При опускании вниз поток разделяется на два и направляется к выпускным окнам; 2) два продувочных канала при одном выпускном окне (фиг. 5). Две струи рабочей смеси встречаются у стенки, противоположной выпускному окну, и подпирают одна другую, образуя общий поток, направляющийся к выпускному окну; 3) перекрестная продувка с двумя продувочными каналами и двумя расположенными между ними выпускными окнами (фиг. 6). Две продувочные струи рабочей смеси направляются навстречу друг другу и немного вверх, соединяются вместе, поднимаются кверху и вновь расходятся на два потока, направляясь к выпускным окнам. Эта продувка очень близка по схеме к фонтанной продувке, изображенной на фиг. 7.

В авиамодельных моторах применяются также многоканальные продувки, имеющие до 12 продувочных каналов и 12 выпускных отверстий. Применяются также бесканальные, у которых продувка осуществляется через поршень (фиг. 7), причем клапаны в поршне в некоторых моторах открываются принудительно, а в некоторых — под влиянием разности давлений в камере сжатия и в картере мотора (см. фиг. 21). Продувочный поток рабочей смеси из центра поршня поднимается вверх, меняет направление на обратное и разбивается на несколько струй (по числу выпускных окон).

ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Газораспределение, т. е. начало и конец впуска рабочей смеси, начало и конец продувки и выпуска отработавших газов существенно влияет на мощность мотора, число оборотов в минуту, расход горючего и пусковые качества мотора. Продолжительность фаз выпуска и продувки измеряется в градусах и зависит от положений верхнего края выхлопных и продувочных окон над днищем поршня в НМТ*.

Типовая диаграмма газораспределения авиамодельного мотора показана на фиг. 8. Впуск смеси у этого мотора происходит через коленчатый вал и продолжается в течение времени, необходимого для поворота вала на 117° .

МОЩНОСТЬ

Мощность мотора зависит от рабочего объема цилиндра, среднего эффективного давления газов и от числа оборотов, или, точнее, от числа рабочих ходов в единицу времени.

* См. приложение «Таблица статистических данных авиамодельных моторов».

Мощность мотора определяется по формуле

$$N_e = \frac{p_e \cdot v \cdot n}{60 \cdot 75 \cdot 100}, \quad (1)$$

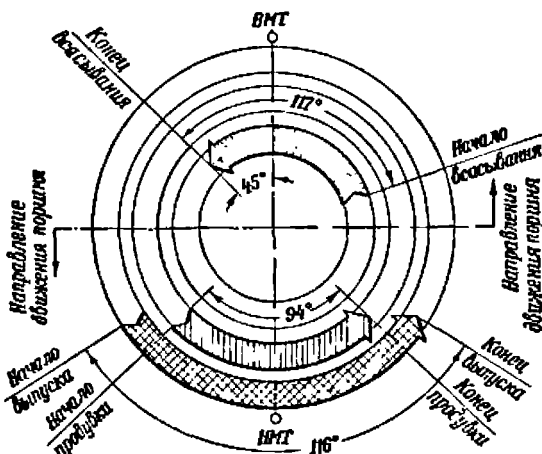
где N_e — эффективная мощность в л. с.;

p_e — среднее эффективное давление в кг/см²;

v — рабочий объем в см³;

n — число оборотов (рабочих ходов) в минуту.

Числитель формулы (1) представляет собой работу, выраженную в кгсм*, совершаемую мотором в 1 мин. Если эту работу разделить на 100 и на 60, то мы получим работу в 1 сек., выраженную в кгсм.



Фиг. 8. Диаграмма газораспределения авиамодельного мотора.

Работа, произведенная в единицу времени, называется мощностью. Обычно мощность моторов выражается в лошадиных силах. Для этого мощность, выраженную в кгм/сек, нужно разделить на 75.

Для определения мощности мотора по этой формуле необходимо знать среднее эффективное давление на поршень p_e . Эта величина переменная даже для одного мотора и зависит от качества и удельного веса горючего и от коэффициента наполнения

* Как известно, работа — это сила, помноженная на путь. Сила в нашем случае — это среднее давление на поршень p_e (в кг/см²), помноженное на площадь поршня F (в см²) и путь, проходимый поршнем за рабочий ход — h (в см).

Таким образом работа, совершенная мотором за 1 ход, будет

$$p_e \cdot F \cdot h \text{ в кгсм.}$$

Заменяя произведение $F \cdot h$ равной ему величиной рабочего объема v , получим для работы, совершенной мотором в 1 мин. (при числе оборотов в минуту, равном n), выражение $p_e \cdot v \cdot n$ в кгсм.

цилиндра рабочей смесью, который в свою очередь зависит от диаграммы газораспределения, от площади всасывающих продувочных и выпускных окон и т. п. Так, например, с увеличением числа оборотов уменьшается время всасывания рабочей смеси, продувки и выпуска отработавших газов. Вследствие этого уменьшается количество рабочей смеси, поступающей в цилиндр. В разных моторах величина p_e различна и составляет 2—5 кг/см². Среднее эффективное давление можно определить, зная эффективную мощность

$$p_e = \frac{N_e 450\,000}{v n} \quad (2)$$

Число оборотов n измеряется во время работы мотора при помощи счетчика числа оборотов (тахометра).

Рабочий объем определяется по формуле

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 h, \quad (3)$$

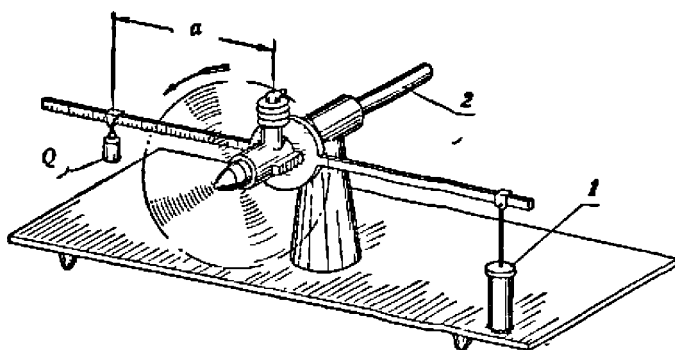
где d — диаметр поршня в см;

h — ход поршня в см.

Величина p_e может служить показателем того, насколько хорошо выполнен и отрегулирован мотор.

КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ

При работе мотора, если винт вращается, например, по часовой стрелке, то сам мотор, а с ним и вся установка под действием реактивного момента стремятся повернуться в обратную сторону.



Фиг. 9. Балансирный станок для измерения крутящего момента моторов.

1—демпфер; 2—ось.

Этот момент называется крутящим моментом и обозначается $M_{кр}$. Величину крутящего момента можно измерить на балансирном станке.

Диск, на котором крепится мотор, вращается на оси 2 (фиг. 9) в двух шарикоподшипниках. Для сглаживания «тряски» мотора