

А.М. Лапшин

**Авиационный двигатель
М-14П**

Учебное пособие

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 37-053.2
ББК 74.27я7
А11

A11 **А.М. Лапшин**
Авиационный двигатель М-14П: Учебное пособие / А.М. Лапшин – М.:
Книга по Требованию, 2021. – 230 с.

ISBN 978-5-458-30210-4

В учебном пособии даны краткие сведения по теории авиационных поршневых двигателей, рассмотрены условия работы и конструкция узлов, деталей и агрегатов двигателя М-14П, вопросы технического обслуживания и летной эксплуатации, причины появления неисправностей, способы их определения, устранения и предупреждения. Доп. информация: Пособие предназначено для курсантов летных училищ гражданской авиации, ДОСААФ, ВВС может быть использовано инженерно-техническими работниками. Из предисловия: Авиационный двигатель М-14П (рис. 1) — четырехтактный, бензиновый, воздушного охлаждения, девятицилиндровый, однорядный, со звездообразным расположением цилиндров и с карбюраторным смесеобразованием. Он создан коллективом специалистов на базе авиационных двигателей АИ-14Р, М-14, М-14В26, М-14Б в 1973 г. По своим удельным показателям, компактности, конструкции и оснащенности необходимыми агрегатами для обеспечения нормальной работы силовой установки и систем самолета двигатель М-14П является одним из лучших образцов современных маломощных поршневых авиационных двигателей. Двигатель М-14П невысотный, но для улучшения эксплуатационных характеристик имеет низконапорный нагнетатель. Редуктор понижает обороты вала воздушного винта относительно оборотов коленчатого вала. Двигатель охлаждается воздухом, поступающим через входное устройство в передней части капота самолета. Равномерное охлаждение цилиндров обеспечивают воздушные Дефлекторы, установленные на каждом цилиндре. Смазка основных узлов и деталей двигателя производится под давлением и разбрзгиванием. Зажигание топливо-воздушной смеси в цилиндрах осуществляется электрической искрой тока высокого напряжения, образованного в двух рабочих магнето с автоматическим изменением угла опережения зажигания. В каждом цилиндре завернуты по две свечи.

ISBN 978-5-458-30210-4

© 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, кляксы, 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.

генератор ГСР-3000М; распределитель сжатого воздуха РСВ-1; компрессор АК-50Т серии 3, датчик тахометра ДТЭ-1, масляный насос МН-14А, бензиновый насос 702МЛ, автоматический воздушный винт изменяемого шага В-530ТА-Д35 на валу винта.

Двигатель предназначен для установки на многоцелевой четырехместный самолет Як-18Т, на спортивный самолет Як-50.

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ

Число цилиндров	9
Порядок нумерации цилиндров	против часовой стрелки, если смотреть на двигатель со стороны задней крышки картера и считать верхний цилиндр первым
Диаметр цилиндра, мм	105
Ход поршня, мм	130 для цилиндра № 4 с главным шатуном 10, 161 с 6,3±0,1
Рабочий объем всех цилиндров, л	
Степень сжатия	
Направление вращения коленчатого вала	против часовой стрелки, если смотреть со стороны задней крышки через редуктор планетарного типа с шестью сателлитами
Передача на винт	0,658
Степень редукции	
Условное обозначение и тип воздушного винта	В-530ТА-Д35, автоматический изменяемого шага приводной, центробежный, одноступенчатый, односкоростной
Тип нагнетателя	
Передаточное число от коленчатого вала к крыльчатке нагнетателя	8,16
Высотность двигателя	невысотный

Питание топливом

Сорт топлива	бензин Б-91/115
Тип карбюратора	беспоплавковый АК-14П
Топливный насос	коловоротный 702МЛ
Давление топлива перед карбюратором, кгс/см ² :	
на рабочих режимах	0,2—0,5
» режиме малого газа	не ниже 0,15

Питание маслом

Сорт масла для летней и зимней эксплуатации	МК-22 и МС-20
Масляный насос	шестеренчатый МН-14А
Давление масла в магистрали, кгс/см ² :	
на рабочих режимах	4—6
» режиме малого газа	не менее 1

Температура масла на входе в двигатель, °С:

минимально допустимая	40
рекомендуемая	50—65
максимальная при длительной работе	не выше 75
максимально допустимая в течение 15 мин	не более 85
Максимально допустимая температура выходящего масла, °С	125
Перепад температур между входящим и выходящим маслом, °С	50
Удельный расход масла на первом крейсерском режиме, г/л. с. ч	8

Таблица 1

Режимы работы

Наименование режима	Мощность у земли (приведенная)		Частота вращения коленчатого вала		Удельный расход топлива, г/л.с.ч.	Давление за нагнетателем мм рт.ст.
	л. с.	кВт	% номинальной	об/мин		
Взлетный	360—2 %	265—2 %	99	2900 ± 1 %	285—315	125—15 (избыточное)
Номинальный 1	290—2 %	213—2 %	82	2400 ± 1 %	280—310	95—15 (избыточное)
Номинальный 2	240—2 %	177—2 %	70	2050 ± 1 %	265—300	75—15 (избыточное)
Крейсерский 1	180 (0,75 замеренной мощности номинального 2)	132	64	1860 ± 1 %	210—230	735 ± 15 (абсолютное)
Крейсерский 2	144 (0,6 замеренной мощности номинального 2)	106	59	1730 ± 1 %	215—235	670 ± 15 (абсолютное)
Малый газ	—	—	24	700 не более		

Примечания. 1. Мощность двигателя и удельные расходы топлива на всех режимах должны обеспечиваться при незагруженных генераторе и компрессоре.

2. Верхний предел мощности и давления наддува за нагнетателем на взлетном, номинальном 1, номинальном 2 режимах — не ограничен.

3. Обороты коленчатого вала даны по унифицированному тахометру в процентах (99,4% соответствует 2900 об/мин коленчатого вала).

4. Время непрерывной работы двигателя, мин:
 - а) на взлетном режиме
 - б) на максимально допустимых оборотах
 - в) на остальных режимах
 5. Работа двигателя в перевернутом положении:
 - а) режимы работы
 - б) продолжительность непрерывной работы, мин
 6. Максимально допустимое число оборотов (частота вращения коленчатого вала), об/мин
 7. Время перехода (преминистости) от малого газа до взлетного, с
- | |
|--------------|
| не более 5 |
| не более 1 |
| Неограничено |
| номинальный |
| не более 2 |
| 2930 (101%) |
| не более 3 |

Температурный режим головок цилиндров

Температура, замеряемая под задней свечой цилиндра № 4, °С:

минимально допустимая перед опробованием двигателя	120
минимальная при длительной работе двигателя	140
рекомендуемая в полете	140—190
максимальная при длительной работе двигателя	220
максимально допустимая при взлете и наборе высоты в течение 15 мин, но не более 5% ресурса	240

Газораспределение

Регулирование газораспределения в градусах поворота коленчатого вала производится по цилиндру № 4 (рис. 2): начало выпуска до ВМТ составляет $20 \pm 4^\circ$, конец выпуска после НМТ — $54 \pm 4^\circ$, продолжительность фазы впуска

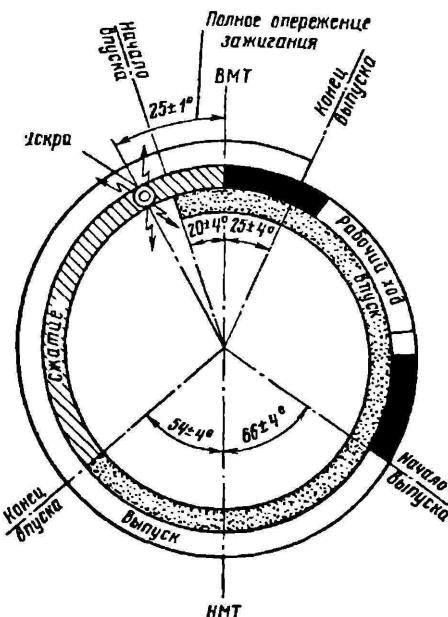


Рис. 2. Диаграмма газораспределения

$254 \pm 8^\circ$, начало выпуска до НМТ $66 \pm 4^\circ$, конец выпуска после ВМТ $25 \pm 4^\circ$, продолжительность фазы выпуска 271° . Зазор между роликами рычага и штоком клапана впуска и выпуска, устанавливаемые на двигателе в холодном состоянии: для работы двигателя он составляет $0,3_{-0,1}^{+0,15}$ мм, для проверки фаз газораспределения — 1,1 мм.

Система зажигания

Порядок зажигания в цилиндрах	1—3—5—7—9—2— —4—6—8 .
Магнето	два экранированных магнето М-9-25М СД-49СММ
Свечи	
Максимально допустимое падение частоты вращения коленчатого вала при пере- ключении работы двигателя на одно маг- нето на втором номинальном и первом рейсерском режимах, об/мин	85(3%)
Опережение зажигания в градусах поворо- та коленчатого вала для левого и пра- вого магнето до ВМТ в такте сжатия . .	23±1

Система запуска двигателя

Тип системы запуска	воздушная
Распределитель сжатого воздуха	золотниковый
Воздушный компрессор	поршневой АК-50Г

Дополнительные агрегаты

Регулятор числа оборотов	центробежный Р-2
Генератор	ГСР-3000М
Датчик тахометра	ДТЭ-1
Фильтр-сигнализатор раннего обнаружения появления стружки в маслосистеме дви- гателя	электрический с пла- стинчато-щелевым элементом
Фильтр тонкой очистки топлива	8Д.2.966.064

Габариты и масса двигателя

Сухая масса двигателя, кг	214±2%
Диаметр двигателя, по крышкам коробок клапанного механизма, мм	985±3
Длина, мм	924±3

ПРИНЦИП РАБОТЫ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В поршневом авиационном двигателе топливо сгорает внутри цилиндров и с помощью кривошипно-шатунного механизма преобразуется в механическую работу.

При вращении коленчатого вала поршень совершаet поступательно-возвратное движение и в цилиндре происходят четыре такта: всасывание, сжатие, расширение и выпуск.

При движении поршня от ВМТ механизм газораспределения открывает клапан впуска и топливовоздушная смесь засасывается в рабочий объем цилиндра.

Во время движения поршня к ВМТ клапан впуска закрывается и осуществляется сжатие смеси для подготовки ее к процессу горения. Сжатая смесь воспламеняется электрической искрой, обеспечивая увеличение температуры и давления газов в цилиндре,

которые перемещают поршень к НМТ и с помощью шатуна обеспечивают вращение коленчатого вала, совершая полезную работу.

При движении поршня от НМТ механизм газораспределения открывает клапан выпуска и осуществляется очищение цилиндра от продуктов сгорания.

Изменение параметров, характеризующих состояние газа под действием внешних сил или тепла, называется процессом.

Совокупность периодически повторяющихся процессов в цилиндре называется циклом двигателя.

Рабочий цикл четырехтактного двигателя осуществляется за четыре хода поршня или за два оборота коленчатого вала.

Во время работы двигателя в каждом цилиндре совершаются пять последовательно протекающих процессов: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ

Характеристиками называются графики зависимости мощности и удельного расхода топлива от изменения условий работы двигателя.

Условия работы двигателя в эксплуатации можно изменять тремя способами: изменением внешней нагрузки путем поворота лопастей винта изменяемого шага с минимального установочного угла до максимального, изменением величины наддува с помощью поворота дроссельной заслонки карбюратора, изменением высоты полета. Для построения характеристик двигателя его испытывают на балансирном станке с использованием винта изменяемого шага. Балансирный станок обеспечивает замер величины крутящего момента двигателя, числа оборотов (частоты вращения) коленчатого вала и часового расхода топлива. По величине замеренного крутящего момента определяется мощность по следующей формуле:

$$N_{\text{изм}} = \frac{M_{\text{кр}} n i_p}{716,2},$$

где $M_{\text{кр}}$ — крутящий момент; n — число оборотов (частота вращения) коленчатого вала двигателя; i_p — передаточное число редуктора.

Учитывая зависимость эффективной мощности от атмосферных условий, замеренную мощность для сравнения результатов испытаний приводят к стандартным атмосферным условиям по формуле

$$N_e = N_{\text{изм}} \frac{500 + t_{\text{изм}}}{515} \cdot \frac{760}{B - \Delta p},$$

где N_e — мощность двигателя, приведенная к стандартным атмосферным условиям; $t_{\text{изм}}$ — температура наружного воздуха во время испытаний, $^{\circ}\text{C}$; B — давление наружного воздуха, мм рт. ст.; Δp — абсолютная влажность воздуха, мм рт. ст.

Удельный расход топлива определяется по формуле

$$C_e = \frac{G_t}{N_{\text{изм}}},$$

где G_t и $N_{\text{изм}}$ — часовой расход топлива и мощность двигателя, измеренные при испытаниях.

Внешняя характеристика

Внешней характеристикой называется зависимость эффективной мощности и удельного расхода топлива от числа оборотов при работе двигателя на земле с полностью открытой дроссельной заслонкой карбюратора, но переменной внешней нагрузки.

Внешняя характеристика (рис. 3) показывает наибольшие мощности, которые возможно получить от двигателя при различных числах оборотов и позволяет подобрать величину минимального установочного угла лопастей винта для получения взлетного режима.

Удельный эффективный расход топлива C_e по внешней характеристике определяется характером изменения механического и индикаторного коэффициентов полезного действия. С ростом оборотов механический КПД уменьшается из-за увеличения мощности трения.

Индикаторный КПД изменяется незначительно, так как коэффициент избытка воздуха изменяется в небольших пределах, поэтому при увеличении оборотов по внешней характеристике расход топлива возрастает.

Винтовая характеристика

Винтовой характеристикой (см. рис. 3) называется зависимость эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива от числа оборотов при постоянном зафиксированном положении лопастей винта, но переменном положении дроссельной заслонки карбюратора. Она показывает изменение потребной мощности винта при различных оборотах и представляет собой кубическую параболу.

Удельный расход топлива по винтовой характеристике зависит от состава смеси. На оборотах малого газа удельный расход увеличен до 400 г/л. с. ч вследствие работы двигателя на богатой смеси ($\alpha=0,6$), которая необходима для обеспечения устойчивого горения в цилиндре при большой загрязненности рабочей смеси продуктами сгорания и плохом смесеобразовании.

С увеличением оборотов от минимальных до крейсерских удельный расход постепенно уменьшается в результате обеднения смеси до $\alpha=0,95$ на крейсерских режимах в целях экономии топлива. При дальнейшем увеличении оборотов на номинальном и взлетном режимах удельный расход топлива увеличивается из-за обогащения смеси.

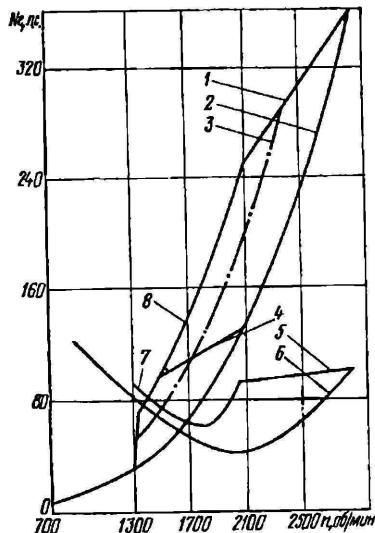


Рис. 3. Внешняя и винтовая характеристики двигателя М-14П:

1 — изменение эффективной мощности по внешней характеристике; 2 — изменение эффективной мощности по винтовой характеристике при малом шаге; 3 — изменение эффективной мощности по винтовой характеристике при фиксированном положении винта; 4 — изменение мощности при проверке винта и регулятора оборотов; 5 — удельный расход топлива по внешней характеристике; 6 — удельный расход топлива по винтовой характеристике при малом шаге; 7 — удельный расход топлива по винтовой характеристике при большом шаге; 8 — изменение мощности по винтовой характеристике при большом шаге винта

Анализ винтовой характеристики и сопоставление ее с внешней позволяют определить режимы работы двигателя.

Максимальный (взлетный) режим работы двигателя достигается на земле при максимальном наддуве и максимальных оборотах. Этим режимом можно пользоваться непрерывно в течение 5 мин. При этом двигатель работает устойчиво без поломок.

Номинальные режимы на двигателе М-14П устанавливаются при полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора и затяжелением воздушного винта. Ими пользуются при наборе высоты и в горизонтальном полете с повышенной скоростью в сложных метеорологических условиях.

Крейсерские режимы обеспечивают горизонтальный полет самолета с наименьшим часовым или километровым расходом топлива. Крейсерские режимы устанавливаются в полете изменением наддува и изменением шага винта и зависят от полетного веса самолета и полетного задания.

Режим малого газа с точки зрения располагаемой мощности и расхода топлива является невыгодным, поэтому его целесообразно использовать лишь для прогрева двигателя после запуска или для охлаждений перед его остановом.

Высотные характеристики

Высотной характеристикой называется зависимость эффективной мощности и удельного расхода топлива от изменения высоты полета при постоянном числе оборотов и наивыгоднейшем составе смеси (рис. 4).

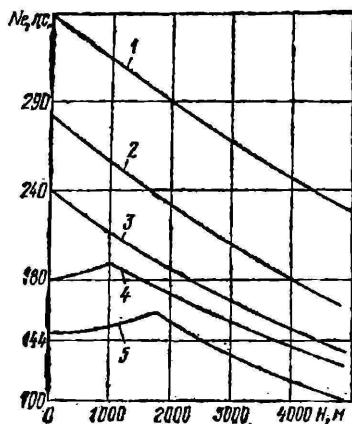


Рис. 4. Высотная характеристика двигателя М-14П на режимах:

1 — взлетный; 2 — номинальный I; 3 — номинальный II; 4 — крейсерский I; 5 — крейсерский II

Высота, до которой сохраняется постоянство номинального наддува постепенным открытием дроссельной заслонки, называется расчетной высотой.

Эффективная мощность, снимаемая с двигателя на высоте,

$$N_{eH} = N_{e0} A,$$

где N_{eH} — эффективная мощность на высоте; N_{e0} — эффективная мощность на земле; A — коэффициент падения мощности при подъеме на высоту; он подсчитывается по формуле

$$A = 1,11 \frac{p_H}{p_0} \sqrt{\frac{T_0}{T_H}} - 0,11.$$

Здесь p_H и T_H — давление и температура воздуха на заданной высоте; p_0 и T_0 — давление и температура воздуха на земле.

У двигателя М-14П взлетный и номинальные режимы снимаются при полностью открытой дроссельной заслонке карбюратора, поэтому при наборе высоты с полностью открытой дроссельной заслонкой происходит падение мощности в результате уменьшения весового заряда цилиндров.

Наддув на крейсерском I режиме сохраняется постепенным открытием дроссельной заслонки до высоты 1000 м, а на крейсерском II до высоты 1800 м.

При этом развиваемая мощность двигателя постепенно увеличивается в результате снижения противодавления на выпуск, уменьшения температуры наружного воздуха и насосных потерь при уменьшении давления в картере.

С подъемом на высоту изменяется плотность и температура окружающего воздуха. Это вызывает изменение мощности и удельного расхода топлива двигателя. Уменьшение эффективной мощности двигателя происходит за счет уменьшения весового заряда цилиндров вследствие понижения плотности воздуха при подъеме на высоту.

Двигатели, снабженные нагнетателями и сохраняющие наддув до определенной высоты, называются высотными.

Двигатели, у которых nominalный режим снимается при полном открытии дроссельной заслонки при затяжеленном винте, и двигатели без нагнетателя называются невысотными.

Г л а в а 2

ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВАЯ ГРУППА

ЦИЛИНДР

Цилиндро-поршневая группа (ЦПГ) включает в себя цилинды, поршни, поршневые кольца и поршневые пальцы.

Цилиндр вместе с поршнем образует камеру, в которой происходит сгорание топливо-воздушной смеси и преобразование тепловой энергии в механическую работу.

Цилиндр состоит из головки, отлитой из сплава алюминия, и стальной кованой гильзы. Головка и гильза соединены между собой с помощью резьбы.

Условия работы цилиндра. При работе двигателя цилиндр находится под действием значительных, быстро изменяющихся по времени нагрузок, обусловленных переменным давлением заключенных в нем газов. Сила давления газов P_g (рис. 5) действует на поршень и перемещает его к НМТ. Газы с такой же силой давят на внутреннюю поверхность головки цилиндра, стремясь сорвать ее с гильзы, а последнюю — со шпилек крепления цилиндра к картеру.

Наибольшую величину сила P_g имеет при работе двигателя на взлетном режиме (частота приложения 24 раза в 1 с). Для М-14П она достигает 4300 кгс.

Сила бокового давления N (рис. 6) действует в плоскости вращения кривошипа и будучи переменной по величине и направлению приводит к неравномерному износу стенок цилиндра (овализации гильзы и поршня).

Действуя на значительном плече, сила N создает дополнительные нагрузки на фланец цилиндра, картер и шпильки.

Силы трения, возникающие при движении поршня из ВМТ к НМТ и обратно, приводят к износу деталей ЦПГ.

Работа трения при этом зависит от большого числа факторов, в том числе физико-механических свойств металла, из которого сделаны детали: геометрических размеров и формы деталей; смазки; характера тепловых процессов и режима работы двигателя; чистоты воздуха и смазочного материала, поступающих в двигатель; климатических условий; особенности сборки; качества ремонта и технического обслуживания двигателя. Как правило, в большей степени изнашиваются поршневые кольца, несколько меньше зеркало цилиндра и мало изнашиваются поршни.

Износ металлических поверхностей при малых скоростях и больших давлениях бывает особенно велик.

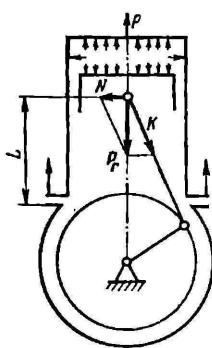


Рис. 5. Схема действия сил на цилиндр

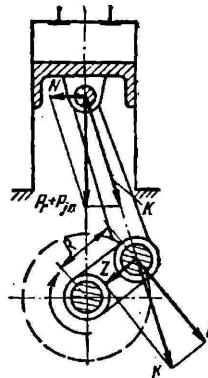


Рис. 6. Действия силы бокового давления на цилиндр

Наименьшие износы происходят при жидкостном трении, когда между трущимися поверхностями находится достаточный слой масла.

Помимо силовых нагрузок, цилиндр находится под действием горячих продуктов сгорания. Наиболее сильно нагревается головка цилиндра, в которой происходит сгорание смеси. Неравномерность нагрева отдельных участков цилиндра достигает значительной величины. Перепад температуры между отдельными точками головки цилиндра может достигать 200°C . Самым напряженным температурным участком головки является перемычка между седлами клапанов впуска и выпуска.

Гильза цилиндра, омываемая горячими газами в течение ходов расширения и выпуска, нагревается значительно меньше. Однако разность температур в различных местах ее может достигать 100°C . Вследствие этого гильза в верхней части расширяется больше, приходится вводить в конструкцию цилиндра так называемое деформационное сужение, что устраивает вредное влияние неравномерного нагрева гильзы по высоте на работу деталей цилиндроворшневой группы.

Конструкция цилиндра. Цилиндр (рис. 7) состоит из головки и гильзы.

Головка цилиндра отлита из алюминиевого сплава АЛ5 вместе с двумя клапанными коробками, в которых помещаются рычаги, пружины и направляющие втулки клапанов.

В стенах коробок имеются отверстия для осевых болтов рычагов клапанов с выточками под маслоуплотнительные кольца болтов. Спереди снизу в клапанные коробки ввернуты штуцеры 6 для крепления кожухов тяг. Верхняя часть стенки коробки обработана как с торца, так и с наружной и внутренней сторон по контуру, образуя выступ под крышку, отлитую из магниевого сплава.