

*tormoznyh sil mezhdru osjami na fazy processa tormozhenija avtomobilja pri jekspluatacii / M.A. Podrigalo, V.I. Nazarov. // Visnik Donec'koї akademii avtomobi-l'nogo transportu. – 2011. - №1. – s. 77-88.*

Подригало М.А., Назаров В.І.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРЯДКУ БЛОКУВАННЯ КОЛІС У РІЗНИХ ФАЗАХ  
ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Проведено дослідження впливу скачкоподібної зміни вертикальних навантажень на колесах, викликаних блокуванням коліс, на характер протікання фаз процесу гальмування автомобіля.

Podryhalo M., Nazarov V.

**INVESTIGATION OF ORDER OF WHEELS BLOCKING AT DIFFERENT PHASES  
OF VEHICLES BRAKING PROCESS AT ITS OPERATION**

The investigation concerning the effect of discontinuous change of vertical reactions on the wheels caused by wheels blocking on the type of behavior of vehicles braking process phases is carried out.

---

УДК 629.083

*Полянский А.С., д-р техн. наук; Эллис С.В., канд. техн. наук  
Молодан А.А., канд. техн. наук*

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НОВЫХ И ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Постановка проблемы.** Повышение качества ремонта автотракторных двигателей является одним из важнейших условий их эффективного использования. Раскрытие связей между факторами, формирующими уровень качества ремонта, является основой оценки и прогнозирования их послеремонтного ресурса. Усложнение конструкции машин обуславливает высокие требования к их надежности как по одному из важнейших параметров качества. Однако, в условиях реальной эксплуатации, как и раньше, надежность составляет 60-80% нормативной, для отремонтированных двигателей – она еще ниже на 20-40%, причем больше чем 10% отказов приходится на цилиндро-поршневую группу (ЦПГ) и газораспределительный механизм (ГРМ). Известные методы и способы оценки технического состояния ЦПГ и ГРМ, среди которых важное место отведено методу диагностирования по утечкам газов из надпоршневого пространства в картер двигателя, не учитывают количество газов поступающих через ЦПГ и какая доля этих газов приходится на газораспределительный механизм. Поэтому исследование процесса разделения потоков газов, поступающих в картер из надпоршневого пространства при оценке технического состояния этих соединений является актуальной.

**Анализ основных достижений и публикаций.** Ранее проведенные исследования Климпущем О.Д. [1] показали зависимости изменения мощности механических потерь, амплитуды вибрации и температуры отработавших газов от износа ЦПГ. Однако, чувствительность этих параметров к износу ЦПГ незначительна. Более высокой чувствительностью отличаются расход масла, утечка сжатого воздуха, прорыв газов в картер двигателя и температура отработавших газов. При предельных износах ЦПГ значения этих параметров отличаются от исходных в 3-5 раз.

В работе Венцеля С.В. [2] сказано, что целесообразно проверять состояние узла трения (т.е. ЦПГ) по фактическому состоянию, оценивая величину прорыва газа из надпоршневого пространства каждого цилиндра в отдельности. С этой целью предлагается измерять газодинамический фон давления в картерной части двигателя, на который накладываются амплитуды, возникающие от прорыва газов. Эта методика хороша для одно- двухцилиндровых низкооборотистых двигателей, а для тяжелонагруженных многоцилиндровых двигателей не всегда можно уследить за частотой прорывов каждого цилиндра без автоматизированных приборов.

Достоверность замеров зазоров [3] в паре поршень-гильза, проведенных различными методами, составляет: по параметрам вибрации – 70-75 %; по прорыву газов в картер – 35-40%; по утечке воздуха из цилиндров – 50-55%. Сравнения проводились с результатами микрометража.

Рык Г.М., Тухман И.Я., Талда Л.Г. в своих работах [4, 5] исследовали влияние максимального и среднего давления газа в цилиндре двигателя на давление газа в кольцевом уплотнении и разработали метод определения их величины по относительным характеристикам и заданным параметрам рабочего процесса и режима работы двигателя. Минимизация радиального зазора между компрессионным кольцом и поршнем уменьшает давление газа в кольцевом уплотнении. Основное воздействие при этом оказывает радиальный зазор между первым компрессионным кольцом и поршнем.

Таким образом, анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день наиболее распространенным, доступным и достоверным остаются методы технической диагностики ЦПГ, дающие общую оценку герметичности надпоршневого пространства. Однако, эти и другие известные методы не дают желаемой информации о техническом состоянии ЦПГ двигателя, вследствие неточности и противоречивости получаемых сведений, достоверность которых составляет 35-75%.

На основании проведенного анализа была выдвинута гипотеза о возможности оценки технического состояния ЦПГ по количеству газов, проходящих сквозь зазоры ЦПГ и клапанного механизма в картер двигателя.

**Формулировка целей статьи.** Целью исследования является повышение долговечности автомобильных двигателей путем повышения точности оценки технического состояния ЦПГ и клапанного механизма головки цилиндра новых и отремонтированных двигателей.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- влияние количества тепловых зазоров при прогнозировании надежности ЦПГ;
- чувствительность к качественным и количественным показателям производства (капитального ремонта) ЦПГ и ее остаточным ресурсом.

**Изложение основного материала.** Надежность двигателей в эксплуатации в значительной мере зависит от уровня их технической эксплуатации, которая определяется многими эксплуатационными и ремонтными факторами, такими как, например, квалификация обслуживающего и ремонтного персонала, уровень оснащения ремонтной мастерской хозяйства необходимым оборудованием, наличие запасных частей и т.д.

При оценке надежности двигателей наибольшее распространение получили такие показатели, как средняя наработка между отказами  $T_0$ , среднее время восстановления работоспособного состояния  $T_с$ , коэффициент готовности  $K_г$  и коэффициент технического использования  $K_{ти}$ .

Оценка надежности в эксплуатации с помощью перечисленных показателей проводится, как правило, на основании собранной информации о наработках между отказами.

Исключительно важным в решении рассматриваемой задачи является выбор критерия и ограничений, которые должны быть удовлетворены. Не всегда, такие критерии и ограничения достаточно строго обоснованы. Поэтому наша задача состоит в том, чтобы исследовать влияние чувствительности качества производства (капитального ремонта) на примере ЦПГ двигателя КамАЗ-740, на ее надежность при помощи многокритериальной оптимизации параметров.

Не менее важное место в задаче оптимизации отводится выбору ограничений. Ограничения, накладываемые на параметры элементов объекта, также полностью зависят от человека. Только он, исходя из накопленного опыта, может сказать в каких пределах следует варьировать параметры элемента. Если не вводить такого рода ограничения, то оптимальное решение для объекта и для его элементов может оказаться таким, что его нельзя реально осуществить, или это приведет к нарушению других свойств объекта, которые не отражены в математической модели оптимизации, но из накопленного опыта ясно, что реализовать решение невозможно (например, не удовлетворяет требованиям техники безопасности и т.д.).

Надо отметить, что чем больше число ограничений, тем больше роль человека в задаче оптимизации, поскольку уменьшается число варьируемых параметров и, наоборот, при их уменьшении возрастает вклад компьютера и усложняется объем вычислительной работы, так как увеличивается число оптимально выбираемых параметров.

Введем два обобщенных параметра, характеризующих ЦПГ – пропускные способности прохождения газов из надпоршневого пространства через зазоры цилиндропоршневой группы –  $\Delta_1$  и, соответственно, через зазоры клапанного механизма головки цилиндра –  $\Delta_2$  в картер двигателя. Безусловно, существуют определенные нормативные значения параметров  $\Delta_{1н}$ ,  $\Delta_{2н}$  которые отражают ресурс машины. Если ввести в качестве оценочных параметров отклонения от нормативных значений  $\bar{\Delta}_1$  и  $\bar{\Delta}_2$ , то, очевидно, лучшей машиной будет та, у которой  $\bar{\Delta}_1$  и  $\bar{\Delta}_2$  меньше. Однако нельзя ограничиться лишь техническими оценками, поскольку стремление к минимизации  $\bar{\Delta}_1$  и  $\bar{\Delta}_2$ , может привести к существенному увеличению стоимости (затрат) в процессе изготовления и ремонта ЦПГ и нарушению допусков заложенных в конструкцию для компенсации тепловых расширений. Предлагается увязать эти показатели с величиной утечек газов из надпоршневого пространства сквозь эти зазоры  $Q$ , т.е. в эксплуатации отнесенных к диагностическому параметру ЦПГ – количеству картерных газов.

При этом полагается, что при сборке ЦПГ выдержаны все необходимые зазоры по техническим условиям (ТУ), то есть при удовлетворении нормативам ( $\bar{\Delta}_1 = \bar{\Delta}_2 = \min$ ) количество картерных газов соответствует заданному при проектировании.

В исследовании, экспериментальным путем предполагается впервые выявить влияние каждого из зазоров (рис. 1.3.): зазор в замке компрессионного кольца  $h_1$ , зазор в сопряжении «гильза-поршень»  $h_2$ , торцевой зазор компрессионного кольца  $h_3$  и зазор в сопряжении «направляющая втулка – стержень клапана»  $h_4$  на количество картерных газов.

С этой целью экспериментальные данные необходимо отсортировать следующим образом: один из 4-х зазоров выбирается переменным при постоянных 3-х остальных. Поскольку прорыв газов в картер двигателя из надпоршневого пространства сквозь зазоры в ЦПГ напрямую связан только с двумя зазорами: зазором в замке компрессионного кольца и торцевым зазором компрессионного кольца, то зазор между гильзой цилиндра и поршнем можем не учитывать. Таким образом, при проведении эксперимента попеременно можно брать один из 3-х зазоров переменным при остальных 2-х постоянных.

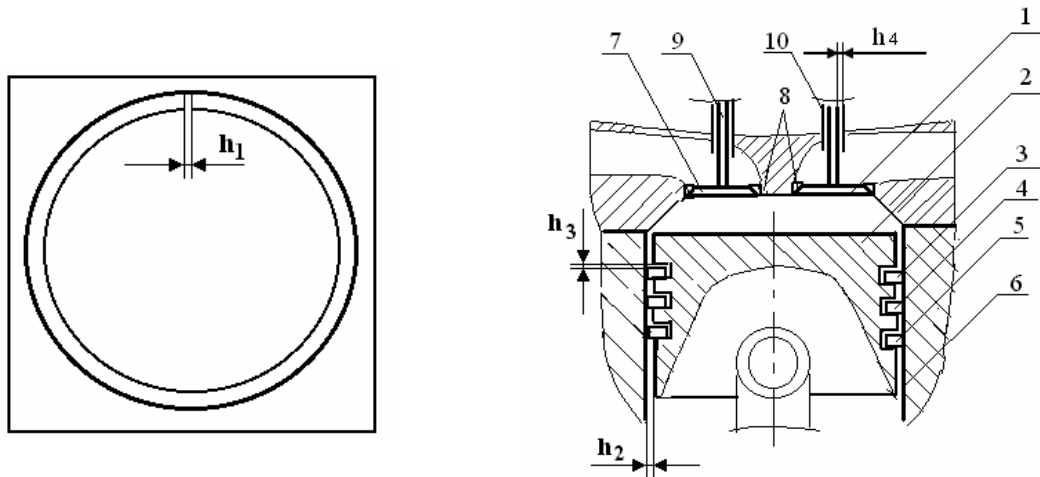


Рис. 1. Элементы, обеспечивающие герметичность камеры сгорания двигателя  
 1 – впускной клапан; 2 – поршень; 3 – верхнее компрессионное кольцо;  
 4 – нижнее компрессионное кольцо; 5 – маслосъемное кольцо; 6 – цилиндр;  
 7 – выпускной клапан; 8 – седла клапанов; 9 – стержень клапана;  
 10 – направляющая втулка клапана;  $h_1$  – зазор в стыках поршневых колец;  
 $h_2$  – зазор между цилиндром и поршнем;  $h_3$  – зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки;  $h_4$  – зазор в сопряжении «стержень клапана – направляющая втулка».

Рассмотрим зависимость утечки газов в картер  $Q$  от величин зазоров. Обозначим утечку газов в картер  $Q$  от величин зазоров следующим образом

$$Q = f(h_1, h_2, h_3, h_4). \quad (1)$$

Как показывает практический опыт, вместо величин зазоров, через которые проходят газы из надпоршневого пространства в картер двигателя рационально рассмотреть утечку газа через их площади поперечного сечения  $S_i$ , образованных зазорами  $h_i$ .

Так для поршневой группы характерны два зазора  $h_1$  и  $h_3$ , упомянутые выше, при подсчете значений их площадей поперечного сечения мы можем их объединить в одну –  $S_1$  для удобства подсчета прохождения газов из надпоршневого пространства в картер двигателя и отдельно рассмотреть площадь поперечного сечения  $S_2$  в соединении «направляющая втулка – стержень клапана».

Найдем выражение для эмпирического описания рассматриваемого процесса протекания газов через площадь сечения, приближенного к реально существующим зависимостям.

Рассмотрим в этом случае утечку газа, как функцию двух параметров – площадей сечения зазоров ЦПГ –  $S_1$  и площадей зазоров клапанного механизма, именно в узле «стержень клапана – направляющая втулка» –  $S_2$ . Тогда

$$Q = f(S_1, S_2), \quad (2)$$

где  $Q$  – количество картерных газов в двигателе;

Для оценки влияния перечисленных факторов на надежность проводят направленный факторный эксперимент (в отдельности для эксплуатационных и ремонтно-обслуживающих факторов), реализующий соответственно все возможные неповторяющиеся комбинации трех независимых факторов, каждый из которых варьируется на

двух крайних уровнях.

В этом случае для решения задачи оптимизации найдем выражение для поверхности отклика. Зададимся предельными величинами площадей зазоров  $S_{1\min}$ ,  $S_{1\max}$ ,  $S_{2\min}$ ,  $S_{2\max}$  (вводимые ограничения).

В качестве исходных данных для расчета нагрузочных дроссельных устройств (диафрагм) принимались значения недостающей индикаторной мощности одного работающего цилиндра, при бестормозном нагружении

Определим зависимость количества газов  $Q$ , проходящих через площади поперечных сечений зазоров  $S_1$  и  $S_2$  в ЦПГ и клапанном механизме, соответственно от их величины для двигателя КамАЗ-740 согласно (2) в картер двигателя.

Определение из эксперимента значений зазоров составят матрицу планирования 2-х факторного эксперимента, приведенного на рисунке 2.

Значения величин зазоров [6, 7] ограничим вторым знаком после запятой. Они составляют: зазор в замке верхнего компрессионного кольца находится в пределах: номинальное значение –  $0,4 \div 0,6$  мм; допустимое – 1,2 мм; предельное – 1,5 мм. Зазор в замке нижнего компрессионного кольца находится в пределах: номинальное значение –  $0,3 \div 0,45$  мм; допустимое – 1,1 мм; предельное – 1,3 мм. Торцевой зазор верхнего компрессионного кольца находится в пределах: номинальное значение –  $0,12 \div 0,17$  мм; допустимое – 0,22 мм; предельное – 0,35 мм. Торцевой зазор нижнего компрессионного кольца находится в пределах: номинальное значение –  $0,09 \div 0,14$  мм; допустимое – 0,19 мм; предельное –  $0,33 \cdot 10^{-3}$  м.

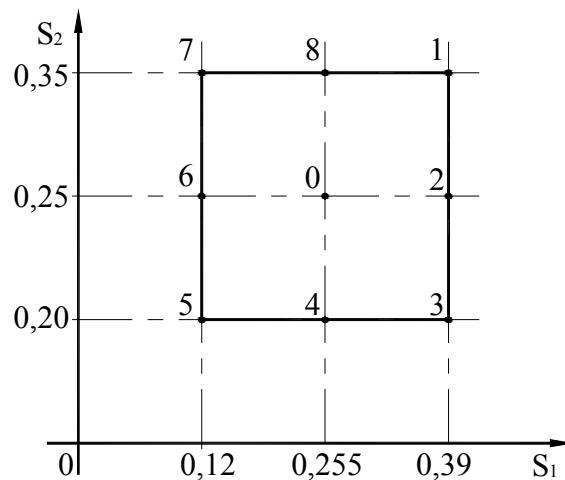


Рис. 2. Матрица планирования 2-х мерного факторного эксперимента

Зазор в сопряжении «направляющая втулка – стержень клапана» головки цилиндра для впускного клапана: номинальный –  $0,03 \div 0,07$  мм; допустимый – 0,20 мм; предельный – 0,25 мм; для выпускного клапана: номинальный –  $0,07 \div 0,11$  мм; допустимый – 0,20 мм; предельный – 0,30 мм.

Тогда верхние значения площадей поперечных сечений зазоров  $S_{1B}$  и  $S_{2B}$  составят,  $10^{-5} \text{ м}^2$

$$S_{1B} = 0,390; \quad S_{2B} = 0,350;$$

соответственно нижние значения

$$S_{1H} = 0,120; \quad S_{2H} = 0,150.$$

Средние значения

$$S_{1cp} = 0,255 ; \quad S_{2cp} = 0,250 .$$

Экспериментальные данные были обработаны статистическими методами и в результате получена зависимость влияния изменения зазоров на количество картерных газов

$$Q = -34,95 + 194,8S_1 + 244,34S_2 - 80,52S_1S_2 . \quad (3)$$

Полученная поверхность отклика (рис. 3) позволяет определить по комплексному состоянию площадей поперечного сечения зазоров в ЦПГ и клапанном механизме влияние на изменение количества картерных газов и ответить на вопрос о дальнейшей эксплуатации автомобиля.

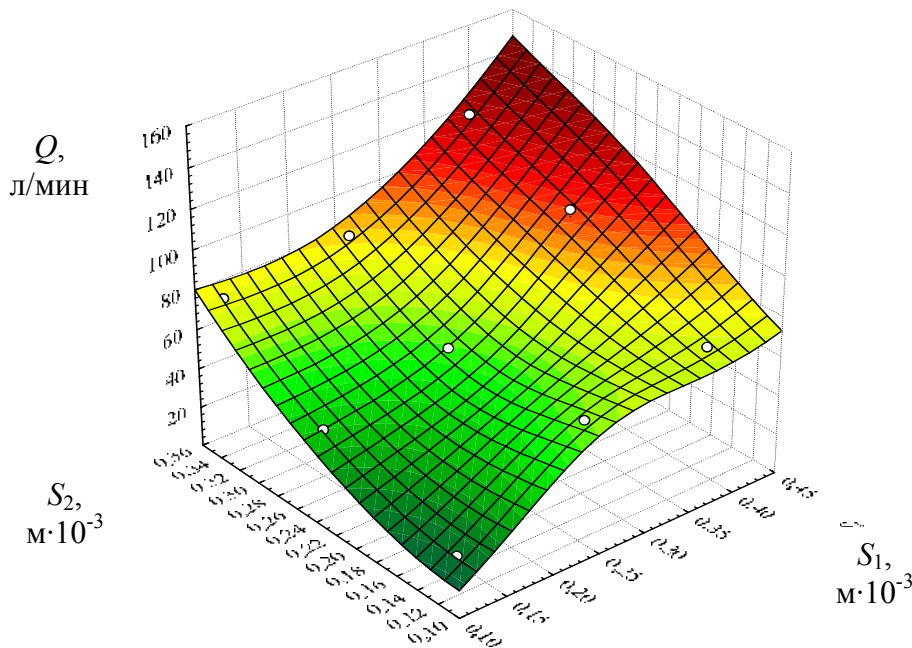


Рис.3. Поверхность отклика прорыва газов из надпоршневого пространства сквозь зазоры в ЦПГ и клапанном механизме головки цилиндра в картер двигателя

Если величины  $S_1$  и  $S_2$  больше допустимых, то необходимо применение специальных мер – отправка двигателя на ремонт. Кроме того, ее параметры являются заданием для диагностического устройства контроля количества картерных газов.

**Выводы.**

1. Проведен 2-х факторный эксперимент, позволивший получить зависимость расхода картерных газов с учетом одновременного прорыва газа по двум направлениям и их взаимного влияния на этот процесс.

2. Зависимость, полученная в результате обработки экспериментальных данных способом наименьших квадратов, существенно нелинейна. Полученная зависимость хорошо коррелируются с заводскими данными, по которым прорыв газов в картер не должен превышать 120 л/мин, что соответствует изменению интенсивности нарастания количества картерных газов.

3. Получены номинальные (18-22 л/мин), допустимые (до 70 л/мин) и предельные (более чем 90 л/мин) значения количества картерных газов в двигателе КамАЗ-740

для оценки технического состояния ЦПП, а также обоснованы номинальные и предельные значения для количества газов проходящих из надпоршневого пространства сквозь площади зазоров в клапанном механизме головки цилиндра в картер (номинальные – 1-1,5 л/мин.; предельные – более чем 20 л/мин).

**Литература.** 1. Климуш О.Д. Исследование и выбор диагностических параметров автомобильных двигателей семейства ЯМЗ: автореф. дис. на соискание наук, степени канд. техн. наук: спец. 05.20.03 «Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственных машин и орудий» / О.Д. Климуш. – Киев, 1973. – 28 с. 2. Венцель С.В. Газодинамический фон в картере двигателя / С.В. Венцель, И.А. Коровянский // Двигателестроение. – 1982. – №1. – С. 32-36. 3. Фламиш О. Диагностика автомобилей. Способы обнаружения скрытых неисправностей [Текст]: пер. с венг. А.П. Самойлова / О. Фламиш – М.: Транспорт, 1971. – 208 с. 4. Рык Г.М. Исследование параметров кольцевого уплотнения поршня / Г.М. Рык, Л.Г. Талда, И.Я. Тухман // Двигатели внутреннего сгорания – Х.: Вища школа, 1978. – Вып. 27. – С. 104-109. 5. Рык Г.М. О давлении газа в кольцевом уплотнении поршня / М. Рык, Л.Г. Талда, И.Я. Тухман // Двигатели внутреннего сгорания – Х.: Вища школа, 1974. – Вып. 20. – С. 66-72. 6. Автомобили КамАЗ: Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. – М.: В/О Автоэкспорт, 1987. – 416 с. 7. Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт / [В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, Е.А. Машиков и др.]. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Транспорт, 1988. – 352 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Klimpush O.D. Issledovanie i vybor diagnosticheskikh parametrov avtomobil'nyh dvigatelej semejstva JaMZ: avtoref. dis. na soiskanie nauk, stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.20.03 «Jekspluatacija i remont sel'skhozjajstvennyh mashin i orudij» / O.D. Klimpush. – Kiev, 1973. – 28 s. 2. Vencel' S.V. Gazodinamicheskij fon v kartere dvigatelja / S.V. Vencel', I.A. Korovjanskij // Dvigatellestroenie. – 1982. – №1. – S. 32-36. 3. Flamish O. Diagnostika avtomobilej. Sposoby obnaruzhenija skrytyh neispravnostej [Tekst]: per. s veng. A.P. Samojlova / O. Flamish – M.: Transport, 1971. – 208 s. 4. Ryk G.M. Issledovanie parametrov kol'cevogo uplotenija porshnja / G.M. Ryk, L.G. Talda, I.Ja. Tuhman // Dvigateli vnutrennego sgoranija – H.: Viwa shko-la, 1978. – Vyp. 27. – S. 104-109. 5. Ryk G.M. O davlenii gaza v kol'cevom uplotnenii porshnja / M. Ryk, L.G. Talda, I.Ja. Tuhman // Dvigateli vnutrennego sgoranija – H.: Vi-wa shkola, 1974. – Vyp. 20. – S. 66-72. 6. Avtomobili KamAZ: Rukovodstvo po tehniche-skomu obsluzhivaniju i remontu. – M.: V/O Avtojekspport, 1987. – 416 s. 7. Avtomobili KamAZ: Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont / [V.N. Barun, R.A. Azamatov, E.A. Mash-kov i dr.]. – [2-e izd. pererab. i dop.]. – M.: Transport, 1988. – 352 s.

Полянський О.С., Еліс С.В., Молодан А.О.

#### ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НОВИХ ТА ВІДРЕМОНТОВАНИХ ДВИГУНІВ В ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Запропонована методика врахування долі газів, що прориваються з надпоршневого простору крізь зазори в клапанному механізмі головки циліндру окрім зазорів в циліндро-поршневій групі в картер двигуна при оцінці його технічного стану, що спрямовується на підвищення довговічності двигуна в цілому, як на стадії виробництва, ремонту так і в експлуатації на прикладі двигуна КамАЗ-740.

Polyansky A.S., Elis S.V., Molodan A.A.

#### LONGEVITY INCREASE OF NEW AND REPAIRED ENGINES IN THE EXPLOITATION

The offered method of account of gases fate, which break through from superpiston space through gaps in the valvular mechanism of head a cylinder except for gaps in to the cylinder-piston group in a crank case at the estimation of him the technical state which heads for the longevity increase of cilium engine, as on the stage of production, repair, so in exploitation on the example of engine of Kamaz-740.