

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-119-126

**Пегачков А.А.**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

E-mail: pegachkov@yandex.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕГУЛИРУЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с повышением потенциала работоспособности регулируемых механизмов, на примере системы газораспределения двигателя КАМАЗ серии 740.735. В первую очередь проводится теоретический анализ и рассматриваются различные подходы к оценке потенциальной работоспособности регулируемых механизмов, после чего проводится анализ всех составляющих, напрямую влияющих на значение запаса потенциальной работоспособности как для регулируемых механизмов в целом, так и для газораспределительных механизмов. При этом основной задачей является оптимизация технологического процесса производства газораспределительного механизма двигателей КАМАЗ, с целью приращения потенциала работоспособности, для чего вводится обобщенный показатель «время-сечение», параметры которого исследуются экспериментально, с дальнейшим анализом и расчетом экспериментальных данных с использованием программного обеспечения STATISTICA DOE. С ее помощью выполнялось проведение дисперсионного анализа результатов многофакторного эксперимента, где использовалась методика, основанная на принципе разложения суммарной дисперсии на составляющие по отдельным факторам для впускного и выпускного клапанов. В результате проведенных исследований принято решение об исследовании состояния выбранной системы газораспределения уже в период эксплуатации (до первого ТО), что позволит повысить достоверность оценки запаса потенциальной работоспособности исследуемого узла.

**Ключевые слова:** регулируемый механизм, потенциал работоспособности, двигатель, ресурс, оптимизация, технологический процесс производства, регулировочные операции, зазор, параметры, впускной клапан, выпускной клапан, параметр «время – сечение», надежность.

**Введение.** При решении определенного круга задач, направленных на обеспечение качества изделий машиностроения при снижении их себестоимости, используется понятие «потенциал работоспособности». В частности, этот термин используется авторами [1–3] для решения задач по обоснованию оптимизации допусков деталей, а также оптимизации как технологических процессов сборки, так и технологических процессов производства.

Решение подобных задач во многом может осложняться их многоплановостью и структурной сложностью, поэтому в процессе решения предлагается использовать обобщенные показатели, достаточно чутко реагирующие на любые изменения и корректировки в анализируемой системе.

В качестве одного из таких показателей можно использовать средние затраты на повышение долговечности сборочной единицы или нескольких единиц, повышающих потенциал работоспособности всего узла. В структуре этого показателя потенциал работоспособности участвует лишь своей частью – изменением или приращением потенциала, вызванным регулировочными воздействиями, проводимыми на финишных операциях [3, 4].

Отметим, что такие приращения потенциала возможно получить неоднократно, уже и во время эксплуатации, путем проведения регулировочных операций. В настоящей статье рассматривается повышение потенциала работоспособности регулируемых механизмов только на этапе производства, а повышение потенциала уже на этапе эксплуатации – задача, которая будет логическим продолжением данных исследований.

**Анализ потенциальной работоспособности регулируемых механизмов.** Назовём изменение запасом потенциальной работоспособности  $F$ , а предлагаемый показатель  $R$  – эффективностью функционирования технологической системы рассматриваемого узла или подсистемы машины:

$$R = \frac{\bar{C}}{\bar{F}}, \quad (1)$$

где  $\bar{C}$  – средние затраты на повышение потенциальной работоспособности рассматриваемой подсистемы;

$\bar{F}$  – средний запас повышения потенциальной работоспособности, формируемый при этом.

Если оценка величины затрат  $\bar{C}$  не вызовет затруднений, то определение величины  $\bar{F}$  – задача, требующая рассмотрения на методическом уровне, где методика должна быть основана на

использовании теории точности механизмов, теории надежности и моделях повышения работоспособности машин.

Потенциал работоспособности может быть выражен различными характеристиками, изменение которых могло бы наглядно оценивать состояние узла в целом. В качестве такой характеристики может быть использован обобщенный показатель качества, характеризующий как техническое состояние узла, так и запас его потенциальной работоспособности.

Отметим, что такой показатель должен отвечать следующим требованиям:

1. оказание непосредственного влияния на состояние узла или механизма в целом, подсистемами которого которой являются его детали;
2. показатель должен быть расчетным и диагностируемым;
3. показатели качества элементов или сборочных единиц изделия или узла, а также другие выходные показатели должны приводиться к нему тем или иным образом.

Дополнительно, хотелось бы отметить, что для подавляющего числа механизмов основным показателем состояния считается так называемая «ошибка» или зазор механизма [3, 5, 6], однако она не всегда в явной форме отражает влияние состояния механизма на систему высшего уровня и в конечном итоге требует проведения дополнительных исследований, направленных на установление связи ошибки механизма с состоянием системы.

Согласно формуле (2), запас потенциальной работоспособности  $F$  равен разности между эталонным значением выбранного показателя, формуемым при изготовлении  $F_0$ , и реальным значением этого же показателя у конкретного узла, соответствующим предельному допустимому значению  $F_n$ :

$$F = F_0 - F_n. \quad (2)$$

Приближение значений показателей к предельно допустимым обуславливает необходимость проведения определенного комплекса мероприятий по повышению значения потенциала. Однако, методы повышения потенциала работоспособности обусловлены конструктивными особенностями изделия, поэтому могут быть реализованы различными методами.

Прежде всего, увеличение значения потенциала работоспособности, выраженного выходным показателем состояния механизма, предлагается обеспечить с помощью регулирования во время дополнительных финишных операций, дополняющих производственный процесс. Повысить потенциал работоспособности возможно также с помощью определенного количества регулировок «n».

Для регулируемых механизмов исходное значение потенциала работоспособности - это сумма как минимум двух составляющих:

$$F_0 = F_0^H + F_0^B, \quad (3)$$

где  $F_0^H$  – невосстанавливаемая составляющая потенциала;

$F_0^B$  – восстанавливаемая составляющая потенциала.

В качестве невосстанавливаемой составляющей потенциала работоспособности регулируемых механизмов выступает часть величины  $F_0$ , которая может быть компенсирована изменением размеров составляющих звеньев при изготовлении, и не может быть компенсирована регулировкой на финишных операциях производственного процесса. В качестве восстанавливаемой составляющей потенциала выступает часть величины  $F_0$ , которая может быть компенсирована регулировочными воздействиями на финишных операциях.

Модель потребления запаса потенциальной работоспособности подтверждает, что необходимость регулировочных воздействий определяется не по действительному значению потенциала, а лишь по расхождению действительного общего значения потенциала механизма и действительного значения невосстанавливаемой составляющей на момент времени  $t_k$ . Проявление этого расхождения обычно называют регулировочным параметром, в качестве которого выступает ошибка механизма.

Для них можно установить свои предельные значения:

$$F_n' = F_n^H - F_n^B, \quad (4)$$

где  $F_n^H$  – действительное значение невосстанавливаемой составляющей работоспособности;

$F_n^B$  – действительное значение общего потенциала работоспособности.

Основной проблемой в определении величины запаса потенциальной работоспособности регулируемых механизмов является определение предельных значений основных показателей их звеньев. Достижение предельного состояния регулируемыми механизмами также может быть обусловлено следующими причинами:

1. исчерпанием возможности восстановления состояния механизма путем регулировок, то есть изменением составляющей от  $F_0^B$  до 0;

2. переходом собранного механизма в состояние, характеризуемое значением невосстанавливаемой составляющей, меньшим, чем исходное ( $F_0^H > F_{tk}^H$ );

3. переходом механизма из группы регулируемых механизмов в группу нерегулируемых в связи с исчерпанием возможности восстановления уже в процессе длительной эксплуатации. Дополнительное ухудшение при этом равно  $\Delta F_d$ .

Теоретически регулируемый механизм находится в предельном состоянии, когда его запас потенциальной работоспособности равен нулю. Однако, на практике, в условиях производства, достижение предельного состояния регулируемых механизмов может иметь место и в таких случаях, когда запас потенциальной работоспособности не равен 0.

Этим обуславливается и введенный термин – «запас потенциальной работоспособности», характеризующий потенциальные возможности механизма, которые могут быть использованы реализованы в полной мере, как путем оптимизации составляющих размеров, так и с помощью регулировочных воздействий [5, 6, 8]. Отметим, что такие воздействия могут проводиться как на финишных операциях производственного процесса, так и во время предпродажной подготовки нового автомобиля.

Абсолютное значение потенциала работоспособности, характеризующее состояние механизма можно найти по зависимости:

$$F_n = F_d^H - \Delta F_d, \quad (5)$$

$$F = F_0 - F_n = F_0^H + F_0^B - F_d^H - \Delta F_d = (F_0^H - F_d^H) + [F_0^B] + \Delta F_d, \quad (6)$$

где  $(F_0^H - F_d^H)$  – изменение невосстанавливаемой составляющей потенциала;

$[F_0^B]$  – восстанавливаемая составляющая потенциала;

$\Delta F_d$  – дополнительная составляющая.

Таким образом, можно установить, что повышение потенциала работоспособности, названное в нашей задаче «запасом потенциальной работоспособности» – это сумма трех составляющих.

Дополнительно, отметим, что для ряда автомобильных узлов и механизмов состояние, при котором они неспособны выполнять предназначенные ими функции отличается от состояния, при котором качество выполняемых функций перестает удовлетворять потребителя, то есть может иметь место случай, именуемый «параметрической надежностью» [1, 2, 7].

В этом случае еще одним немаловажным условием, которому должен удовлетворять выбираемый показатель состояния, должно являться следующее: выбранный показатель состояния

где  $F_d^H$  – действительное значение невосстанавливаемой составляющей потенциала работоспособности;

$\Delta F_d$  – дополнительное изменение значения показателя состояния, обусловленное переходом механизма из группы регулируемых в группу нерегулируемых из-за ошибок, возникших при сборке (когда размеры всех составляющих будут находиться в пределах полей допусков, но суммарно все значения будут находиться на границе этих полей).

Величина  $\Delta F_d$  есть не что иное, как максимальное значение регулировочного параметра. Достижение регулируемым механизмом предельного состояния определяется характером и интенсивностью изменения состояния его элементов (звеньев), определяющих значения восстанавливаемой  $F^B$  (и соответственно дополнительной  $\Delta F_d$ ) и невосстанавливаемой  $F^H$ .

Это, в конечном счете, приводит к тому, что общее значение потенциала, характеризующее предельное состояние, в зависимости от конструкции и особенностей функционирования механизма будет определяться либо предельными значениями  $F_d^H$  и  $\Delta F_d$  в отдельности, либо в определенных их соотношениях.

В общем случае, с учетом зависимостей (2, 3, 5) запас потенциала работоспособности регулируемого механизма можно выразить в виде зависимости:

должен характеризовать качество выполняемых механизмом функций в вышестоящей системе.

**Оценка запаса потенциальной работоспособности газораспределительного механизма.** Механизм газораспределения ДВС является типичным примером регулируемого механизма, и ДВС для него как раз и будет являться вышестоящей системой.

После анализа основных теоретических подходов к оценке формуемого работоспособности регулируемых механизмов, в качестве примера проведем оценку запаса потенциальной работоспособности газораспределительного механизма двигателя КАМАЗ серии 740.735.

Важнейшей и первоочередной задачей при оценке работоспособности будет являться выбор обобщенного показателя, который в дальнейшем будет использоваться для оценки потенциала работоспособности. Для газораспределительного механизма ДВС таким показателем может являться пропускная способность клапанов [11, 12].

Пропускную способность клапанов можно оценить с помощью интегральной характеристики  $f$ , которую называют «время-сечение»:

$$f = \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{кл}} dt = \frac{1}{\omega} \int_0^{\varphi} F_{\text{кл}} d\varphi, \quad (7)$$

где  $\omega$  – частота вращения коленчатого вала;

$F_{\text{кл}}$  – переменная площадь прохода ого сечения клапана;

$[0, \varphi]$  – длительность открытия клапана по углу поворота коленчатого вала.

Использование данной характеристики связано с тем, что максимальные величины подъема и проходного сечения клапанов недостаточны для суждения об их пропускной способности,

$$f = \frac{1}{\omega} \left[ \int_0^{\varphi_0^H} F_{\text{кл}}^I d\varphi + \int_{\varphi_0^H}^{\varphi_{00}^H} F_{\text{кл}}^{II} d\varphi + \int_{\varphi_{00}^H}^{\varphi_{00}^C} F_{\text{кл}}^{III} d\varphi + \int_{\varphi_{00}^C}^{\varphi_0^C} F_{\text{кл}}^{IV} d\varphi + \int_{\varphi_0^C}^{\varphi} F_{\text{кл}}^V d\varphi \right], \quad (8)$$

где  $\varphi_0^H, \varphi_{00}^H$  – точки перехода между зависимостями по углу поворота коленчатого вала для набегающей части профиля кулачка;

$\varphi_0^C, \varphi_{00}^C$  – точки перехода между зависимостями по углу поворота коленчатого вала для сбегавшей части профиля кулачка.

Дополнительно отметим, что ряд факторов, влияющих на пропускную способность клапанов можно не учитывать, поскольку они постоянно присутствуют в процессе функционирования газораспределительного механизма. Так, например, влияние переменной  $\omega$  можно не учитывать, так как все испытываемые двигатели будут работать в одинаковых эксплуатационных условиях

Из вышеприведенных зависимостей, можно выделить пять основных технологических параметров качества деталей газораспределительных механизмов ДВС, формирующих величину показателя «время-сечение» как для впускных, так и для выпускных клапанов:

1. диаметр фаски клапана ( $d_{\text{фк}}$ );
2. диаметр фаски седла ( $d_{00}$ );
3. диаметр горловины седла ( $d_r$ );
4. величина подъема клапана при  $i$ -м угле поворота коленчатого вала ( $H_{\text{кл}}$ );
5. оптимальный угол наклона фаски клапана ( $\alpha_{\text{кл}}$ ).

Далее постараемся минимизировать количество параметров с учётом их влияния на показатель «время-сечение». Так, параметр  $\alpha_{\text{кл}}$  в рассмотрение можно не принимать, поскольку вследствие чрезвычайно малого влияния на абсолютное значение показателя «время-сечение» [7, 8, 12]. Кроме того, его влияние в любом случае будет учтено при оценке пределов изменения показателя  $d_m$ .

особенно при различных фазах газораспределения.

При этом значение показателя «время-сечение» напрямую можно связать с технико-экономическими показателями двигателя (мощностью, топливной экономичностью, крутящим моментом), так и с экологическими показателями [4, 6].

Методику расчета величины показателя «время-сечение» двигателя КАМАЗ-740.735 проведем исходя из соотношений диаметра горловины седла и меньшего диаметра конуса фаски клапана [5, 6], откуда расчет закона изменения проходного сечения клапана можно выразить в виде зависимости (8):

Показатель значения высоты подъема клапана  $H_{\text{кл}}$  можно определить без проведения изменений, как произведение высоты подъема профиля кулачка на коэффициент передачи механизма привода клапана [13]. Отметим, что факторы, влияющие на пропускную способность клапанов, в расчете можно не учитывать, в связи с тем, они постоянно присутствуют при работе двигателя [14, 15].

Поэтому в дальнейших исследованиях будем принимать во внимание только вышеприведенные показатели 1-3, линейные размеры которых и будут являться основой для дальнейших исследований.

Далее оценка степени влияния технологических параметров деталей газораспределительного на рассеивание основного показателя может быть проведена с помощью составления так называемого «баланса точности», который позволит определить удельный вес влияния трех оставшихся параметров на значение показателя «время-сечение».

**Экспериментальные исследования запаса потенциальной работоспособности газораспределительного механизма двигателя КАМАЗ серии 740.735.** Такой «баланс точности» может быть составлен при проведении дисперсионного анализа, путем использования экспериментальных данных замеров пяти газораспределительных механизмов ДВС серии КАМАЗ серии 740.735.

Для проведения такого анализа необходим расчетный многофакторный эксперимент, который был проведен с использованием программного обеспечения STATISTICA с использованием модуля «Планирование экспериментов» (STATISTICA DOE), где расчеты проводилось по схеме полного трехфакторного эксперимента относительно трех факторов:  $X_1$  (диаметр фаски

клапана),  $X_2$  (диаметр фаски седла) и  $X_3$  (диаметр горловины седла), как для впускных, так и вы-

пускных клапанов выбранного двигателя. Результаты измерений представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

### Результаты эксперимента при измерении впускных клапанов двигателей КАМАЗ 740.735

Обозначения факторов	Параметры	$X_{\max}$	$X_{\min}$	Интервал
$X_1$	$d_m^{\text{вп}}$ , мм	44,345	43,994	0,351
$X_2$	$d_0^{\text{вп}}$ , мм	50,400	50,219	0,181
$X_3$	$d_r^{\text{вп}}$ , мм	47,100	47,068	0,032

Таблица 2

### Результаты эксперимента при измерении выпускных клапанов двигателей КАМАЗ 740.735

Обозначения факторов	Параметры	$X_{\max}$	$X_{\min}$	Интервал
$X_1$	$d_m^{\text{вып}}$ , мм	39,850	39,508	0,342
$X_2$	$d_0^{\text{вып}}$ , мм	45,400	45,245	0,155
$X_3$	$d_r^{\text{вып}}$ , мм	42,100	42,072	0,028

Таблица 3

### Удельный вес влияния трех факторов на значение показателя «время-сечение»

№	Факторы	Удельный вес влияния, %	
		впускной	выпускной
1	$X_1$	80,551	83,213
2	$X_2$	18,133	15,562
3	$X_3$	0,311	0,142
Совместное влияние			
5	$X_1 X_2$	0,334	0,501
6	$X_1 X_3$	0,248	0,264
7	$X_2 X_3$	0,311	0,243
8	$X_1 X_2 X_3$	0,112	0,075
Сумма		100	100

Для проведения дисперсионного анализа результатов многофакторного эксперимента использовалась методика, которая заключалась в разложении суммарной дисперсии на составляющие по отдельным факторам для впускного и выпускного клапанов по одному алгоритму. Результаты расчета приведены в таблицу 3.

#### Выводы.

Согласно полученным результатам дисперсионного анализа, можно утверждать следующее:

1. среди выделенных технологических показателей качества деталей ГРМ наибольшее влияние на формируемую величину время-сечения как впускного, так и выпускного клапанов нового двигателя оказывает диаметр конуса фаски клапана (около 81 %, 83 % для впускного и выпускного клапанов соответственно, диаметр конуса фаски седла (около 18 % и 16 %);

2. изменения диаметра горловины седла клапана  $d_r$ , а также совместное влияние факторов - незначительны;

3. дальнейшая эксплуатация двигателей будет приводить к изменению пределов варьирования исследуемых факторов, в связи с износом кулачков распределительного вала, изменением регулировочного зазора в газораспределительном механизме и т.п. При этом, особенностью исследуемого механизма газораспределения является то, что в связи с эксплуатационной притиркой клапанов будут меняться диаметры фасок клапанов  $d_m$  и при этом расти значения параметров  $d_0$ .

Именно поэтому необходимо разработать и внедрить в технологический процесс производства дополнительную операцию, проводимую с целью притирки клапанов еще на этапе производства, с учетом выявленных закономерностей.

Кроме того, из приведенных исследований можно сделать вывод, что изменение пределов варьирования может привести к перераспределению удельного веса выделенных факторов.

Проведение подобного дисперсионного анализа необходимо провести на нескольких временных отрезках эксплуатации двигателей КАМАЗ серии 740.735. Поэтому, далее будет собираться информация о показателях, формирующих величину показателя «время-сечение» при различных наработках. В результате, возможно будет принять более обоснованные решения при подборе режимов как для регулировочных, так и для финишных (притирочных) операций, но с учетом дополнительных данных, что, в конечном итоге, позволит повысить достоверность оценки

запаса потенциальной работоспособности механизма газораспределения двигателя КАМАЗ серии 740.735. Исследования по данной теме будут продолжены.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов А.П., Дехтеринский Л.В., Норкин С.Б., Скрипников С.А. Теория потенциала работоспособности и ремонтного резервирования надежности стареющих технических систем: Учебное пособие. М: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2013. 104 с.
2. Проников А.С. Надежность машин М.: ЕЕ Медиа, 2012. 593 с.
3. Гриб В.В., Зорин В.А, Жуков Р.В. Многокритериальная оценка технического состояния механизмов и машин (динамика и изнашивание) // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. № 6. С. 19–22.
4. Норкин С.Б., Павлов А.П., Михайлов С.А. Прогноз параметров надежности базового комплекта двигателя на стадии проектирования // Проблемы индустриального ремонта автомобилей и дорожных машин: сб. науч. тр. М.: МАДИ (ТУ), 1995. С. 60–66.
5. Гаевский В.В., Хаваев Д.А., Муравьев И.И. Увеличение эксплуатационного ресурса элементов силовых установок // Грузовик. 2019. № 5. С. 6–9.
6. Дехтеринский Л.В. Прогнозная оценка надежности технических систем на этапе проектирования // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). 2004. № 2. С. 41–47.
7. Самуйло В.В., Ковалевский В.Н., Гончарук А.И., Долговых С.Н. Диагностирование работоспособности газораспределительного механизма двигателей автомобилей семейства КамАЗ при сервисном обслуживании и технической эксплуатации // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции 2019. С. 49.
8. Бобровников Д.Е. Экспериментальные исследования влияния фаз газораспределения на мощностные показатели двигателя внутреннего сгорания // Международный технико-экономический журнал. 2013. № 4. С. 85–87.
9. Швеева Е.И., Шибиков В.Г., Швеев И.А. Причины возникновения преждевременного износа ГРМ двигателя КАМАЗ-740 // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2017. Т. 73, № 3. С. 15–21.
10. Павлов А.П., Перфилов А.С. Обоснование эффективности применения стратегии эксплуатационного резервирования методом использования ремонтных комплектов // Авто-транспортное предприятие. 2011. № 12. С. 50–52.
11. Максимов А.В., Зимица Л.А., Адигамов Н.Р., Зиганшин Б.Г. Исследование гидравлического привода клапанов ГРМ // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 2(66). С. 84–91. DOI:10.12737/2073-0462-2022-84-91.
12. Гаффаров Г.Г. Проблемы и перспективы повышения эксплуатационной надежности ГРМ двигателей КамАЗ // Автомобильная промышленность. 2022. № 11. С. 12–17.
13. Пашков П.В., Германович А.С., Ломовских А.Е. Ремонт деталей газораспределительного механизма двигателя КАМАЗ-740 // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК. Часть II. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. С. 229–233.
14. Швеев А.И., Швеев И.А. Моделирование степени износа толкателя клапана ГРМ КАМАЗ при эксплуатации // Автомобильная промышленность. 2013. № 4. С. 26–32.
15. Морозов А.В., Фрилинг В.А., Салов В.Б. Анализ причин и характера износа отверстия коромысла клапана грм двигателя КАМАЗ 740.11-240 // Техника и технологии: пути инновационного развития. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2011. С. 93–96.

#### Информация об авторах

**Пегачков Алексей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры производства и ремонта автомобилей и дорожных машин. E-mail: pegachkov@yandex.ru. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Россия, 125319, Москва, Ленинградский проспект д.64.

Поступила 20.02.2023 г.

© Пегачков А.А., 2023

**Pegachkov A.A.**

Moscow automobile and road construction state technical university

E-mail: pegachkov@yandex.ru

## IMPROVING THE PERFORMANCE OF ADJUSTABLE MECHANISMS BY EXAMPLE GAS DISTRIBUTION SYSTEMS FOR KAMAZ ENGINES

**Abstract.** This article deals with issues related to increasing the performance potential of adjustable mechanisms, using the gas distribution system of KAMAZ 740.735 engine. In the first place, a theoretical analysis is carried out and various approaches are considered to assess the potential performance of the regulated mechanisms, after which the analysis of all components, directly affecting the potential performance reserve for both regulated mechanisms in general and gas distribution mechanisms. At the same time, the main task is to optimize the technological process for the manufacturing the gas distribution mechanism of KAMAZ engines, in order to increase the performance potential, for which a generalized "time-flow section" indicator is introduced. Its parameters are studied experimentally, with further analysis and calculation of experimental data using the STATISTICA DOE software. The use of this program helps in conducting a dispersion analysis of the results of a multivariate experiment. The technique is used based on the principle of decomposing the total dispersion into components by separate factors for the intake and exhaust valves. As a result of the researches, it is decided to investigate the state of the selected gas distribution system during the operation period (before the 1-st maintenance), which will be able to increase the reliability of assessing the potential performance of selected gas distribution mechanism.

**Keywords:** adjustable mechanism, performance potential, engine, resource, optimization, technological process of production, adjustment operations, clearance, reliability, parameters, intake valve, exhaust valve, «time - flow section» parameter, reliability

### REFERENCES

1. Pavlov A.P., Dekhterinsky L.V. Norkin S.B. Skripnikov S.A. Theory of the potential for performance and repair redundancy of the reliability of aging technical systems. [Teoriya potentsiala rabotosposobnosti i remontnogo rezervirovaniya nadezhnosti stareyushchih tekhnicheskikh system]. M: Moscow Automobile and Highway State Technical University (MADI), 2013. 104 p.(rus)
2. Pronikov A.S. Reliability of machines. [nadezhnost' mashin].M.: EE Media, 2012. 593 p. (rus)
3. Grib V.V., Zorin V.A., Zhukov R.V. Multi-criteria assessment of the technical condition of mechanisms and machines (dynamics and wear). [Mnogokriterial'naya ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya mekhanizmov i mashin (dinamika i iznashivanie) Remont. Recovery. Modernization. 2016. No. 6. Pp. 19–22. (rus)
4. Norkin S.B., Pavlov A.P., Mikhailov S.A. Forecast of reliability parameters of the basic engine set at the design stage [Prognoz parametrov nadezhnosti bazovogo komplekta dvigatelya na stadii proektirovaniya]. Problemy industrial'nogo remonta avtomobilej i dorozhnyh mashin: sbornik nauchnyh trudov M.: MADI, 1995. Pp. 60–66.(rus)
5. Gaevsky V.V., Khavaev D.A., Muravyov I.I. Increasing the service life of elements of power plants [Uvelichenie ekspluatatsionnogo resursa elementov silovyh ustanovok] Truck.2019. No. 5. Pp. 6–9. (rus)
6. Dekhterinsky L.V. Predictive assessment of the reliability of technical systems at the design stage [Prognoznaya ocenka nadezhnosti tekhnicheskikh sistem na etape proektirovaniya]. Vestnik Moskovskogo Avtomobilno-dorozhnogo instituta . 2004. No. 2. Pp. 41–47. (rus)
7. Samuilo V.V., Kovalevsky V.N., Goncharuk A.I., Dolgovykh S.N. Diagnostics of the performance of the gas distribution mechanism of KamAZ engines during service maintenance and technical operation [Diagnostirovanie rabotosposobnosti gazoraspre-delitel'nogo mekhanizma dvigatelej avtomobilej semejstva KamAZ pri servisnom obsluzhivanii i tekhnicheskoy ekspluatatsii]. Agropromyshlennyj kompleks: problemy i perspektivy razvitiya 2019. 49 p. (rus)
8. Bobrovnikov D.E. Experimental studies of the influence of gas distribution phases on the power indicators of an internal combustion engine [Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya faz gazoraspre-deleniya na moshchnostnye pokazateli dvigatelya vnutrennego sgoraniya] International technical and economic magazine. 2013. No. 4. Pp. 85–87. (rus)
9. Shveeva E.I., Shibakov V.G., Shveev I.A. Causes of premature wear of the timing of the KAMAZ-740 engine [Prichiny vzniknoveniya prezhdvremennogo iznosa GRM dvigatelya KAMAZ-740]. Bulletin of the Kazan State Technical University. A.N. Tupolev. 2017. Vol. 73, No. 3. Pp. 15–21.(rus)
10. Pavlov A.P., Perfilov A.S. Substantiation of the effectiveness of the application of the strategy of operational redundancy by the method of using repair kits [Obosnovanie effektivnosti primeneniya

strategii eksploatacionnogo rezervirovaniya metodom ispol'zovaniya remontnyh komplektov]. Avtotransportnoe predpriyatie. 2011. No. 12. Pp. 50–52. (rus)

11. Maksimov A.V., Zimina L.A., Adigamov N.R., Ziganshin B.G. Study of the hydraulic drive of timing valves [Issledovanie gidravlicheskogo privoda klapanov GRM] Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. Vol. 17, No. 2 (66). Pp. 84–91. (rus) DOI:10.12737/2073-0462-2022-84-91.

12. Gaffarov G.G. Problems and prospects for improving the operational reliability of the timing of KamAZ engines [Problemy i perspektivy povysheniya eksploatacionnoj nadezhnosti GRM dvigatelej KamAZ]. Automotive industry. 2022. No. 11. Pp. 12–17. (rus)

13. Pashkov P.V., Germanovich A.S., Lomovskikh A.E. Repair of parts of the gas distribution mechanism of the KAMAZ-740 engine

[ Remont detalej gazoraspredivitel'nogo mekhanizma dvigatelya KAMAZ-740]. Novye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya effektivnogo razvitiya APK. 2019. Pp. 229–233. (rus)

14. Shveev A.I., Shveev I.A. Modeling the degree of wear of the KAMAZ timing valve tappet during operation [Modelirovanie stepeni iznosa tolkatelya klapana GRM KAMAZ pri eksploatacii]. Automotive industry. 2013. No. 4. Pp. 26–32. (rus)

15. Morozov A.V., Friling V.A., Salov V.B. Analysis of the causes and nature of wear of the hole of the rocker arm of the timing valve of the KAMAZ 740.11-240 engine [Analiz prichin i haraktera iznosa otverstiya koromysla klapana grm dvigatelya KAMAZ 740.11-240] Engineering and technology: ways of innovative development Kursk: South-Western State University, 2011. Pp. 93–96. (rus)

#### *Information about the authors*

**Pegachkov, Alexey A.** PhD. E-mail: pegachkov@yandex.ru. Moscow automobile and road construction state technical University (MADI). Russia, 125319, Leningradskiy prospect, 64.

---

*Received 20.02.2023*

#### **Для цитирования:**

Пегачков А.А. Повышение потенциала работоспособности регулируемых механизмов на примере системы газораспределения двигателя КАМАЗ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 4. С. 119–126. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-119-126

#### **For citation:**

Pegachkov A.A. Improving the performance of adjustable mechanisms by example gas distribution systems for KAMAZ engines. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 4. Pp. 119–126. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-4-119-126