

**REFERENCES**

1. Service Bulletin № 4960819-07. Rekomendacii firmy Kamminz po primeneniju i analizu motornyh masel [Recommendations of firm Kamminz on application and the analysis of engine oils]. 2013, 23 p.

2. Shatalov K.V., Jakovlev A.V., Shishaev S.V. Metody ocenki jekspluatacionnyh svojstv motornyh masel dlja tjazhelonagruzhennyh dizel'nyh dvigatelej [Lube Oil for Heavy-Duty Diesel Engines: Performance Evaluation]. Dvgatelestroyeniye, 2014, no. № 4, pp. 36-42.

3. Korneev, S.V. O rabotosposobnosti motornyh masel [About operability of engine oils]. Dvgatelestroyeniye. 2014. no. № 4, pp. 36-38.

4. Gorodeckij K.I., Gol'nev V.S., Ershov E.P., Raskin A.M., Prishhepenko A.N., Shuvaev D.N. Mnogoparametrovaja toplivnaja karakteristika dizel'ja Cummins [A multiparameter fuel characteristic of the Cummins diesel]. Tractors and agricultural machinery, 2012, no. №2, pp. 44-47.

5. Shuvalov G.P., Polovinkin V.N., Il'in A.P., Tihonov D.V., Klekovkin I.V., Jasyrova O.A. Issledovanie fiziko-himicheskikh svojstv motornogo masla s vosstanavlivajushhej dobavkoj [Research of physical and chemical properties of engine oil with the restoring additive]. Scientific problems of transport of Siberia and the Far East, 2013, no. №2, pp. 184-186.

6. Korjakina, V.V., Timofeeva E.N. Himicheskie izmeneniya, protekajushhie v motornyh maslah v hode ih jekspluatatsii [The chemical changes proceeding in engine oils during their operation]. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Novye materialy i tehnologii v usloviyah Arktiki» [Materials of the international symposium "New materials and technologies in the conditions of the Arctic"]. Yakutsk, Northeast federal university of M. K. Ammosov, 2014, pp. 46-51.

7. Haziev A.A., Laushkin A.V., Gorina E.B. Prichiny izmeneniya svojstv motornogo masla [Woy does motor oil work out]. Truck. 2013. no. № 6. pp.15-16.

8. Korneev, S.V. Ocenka dostovernosti progno-

zirovaniya periodichnosti smeny motornogo masla v dvigatelej [Assessment of the reliability of forecasting of period of oil change in engines]. Omsk Scientific Bulletin, 2014, no. № 1, pp. 62-65.

*Korneev Sergej Vasil'evich (Rossiya, Omsk) – doktor tehniceskikh nauk, profesor, profesor kafedry «Химическая технология и биотехнология» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г.Омск, пр. Мира, д. 11; E-mail: nhi@omgtu.ru).*

*Пашукевич София Вячеславовна (Россия, Омск) – студент группы ЭРС-141 кафедра «Химическая технология и биотехнология» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г.Омск, пр. Мира, д. 11; E-mail: sofia96@bk.ru).*

*Савоськин Артем Сергеевич (Россия, Омск) – магистрант кафедра «Химическая технология и биотехнология» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г.Омск, пр. Мира, д. 11; E-mail: iskander0606@gmail.com).*

*Ширлин Иван Иванович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, кафедра «Химическая технология и биотехнология» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г.Омск, пр. Мира, д. 11; E-mail: sii\_dvs@mail.ru).*

*Korneev Sergei Vasilyevich (Russia, Omsk) – doctor of technical Sciences, Professor, Professor of chair "Chemical technology and biotechnology" of the "OmGTU" (644050, Omsk, Mira prospect., 11; E-mail: nhi@omgtu.ru).*

*Pashukevich, Sofia Vyacheslavovna. (Russia, Omsk) – a student group of ERS-141 Department of "Chemical technology and biotechnology" of the "OmGTU" (644050, Omsk, Mira prospect., 11; E-mail: sofia96@bk.ru).*

*Savos'kin Artem Sergeevich (Russia, Omsk) – postgraduate of the chair "Chemical technology and biotechnology" of the "OmGTU" (644050, Omsk, Mira prospect., 11; E-mail: iskander0606@gmail.com).*

*Sirlin, Ivan Ivanovich (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, Department "Chemical technology and biotechnology" of the "OmGTU" (644050, Omsk, Mira prospect., 11; E-mail: sii\_dvs@mail.ru).*

УДК 621.43

**ПРИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ  
ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЯМЗ-238НБ**

*С.А. Корнилович  
ФБГОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.П. Столыпина», Россия, г. Омск*

**Аннотация.** В статье изложены результаты контроля технического состояния в процессе ремонта цилиндров двигателей. Обоснована необходимость диагностирования цилиндров по

структурным параметрам путем прямых измерений с частичной или полной разборкой двигателей. Сделано описание порядка выполнения прямых измерений цилиндров, образующиеся формы износа, возможные погрешности взаимного расположения поверхностей и осей деталей цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма и их влияние на процесс изнашивания цилиндров.

**Ключевые слова:** Цилиндр, износ, интенсивность, двигатель, контроль, зазор, перекос, поршень.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации отремонтированных двигателей внутреннего сгорания (далее кратко двигатели) возникают различного вида неисправности и отказы. Информацию об отказах и им предшествующих неисправностях исполнители ремонта получают от владельцев двигателей как обычно с опозданием и в краткой форме рекламаций, в которых нет полного и объективного описания ни дефектов, ни точных причин отказов. Информация об уже совершившихся отказах для специалистов ремонтных мастерских и предприятий практически остается только констатацией либо низкого уровня качества выполнения операций при ремонте, либо нарушения правил эксплуатации двигателей. В ситуации отсутствия обратной связи для исполнителей ремонта принятие технологических мер по устранению причин неисправностей впредь становится сложной проблемой. Отклонения от нормальной работы двигателей, послужившие причиной отказа, можно было бы установить определенно диагностированием по параметрам рабочего процесса [1, 2]. Однако диагностирование по параметрам рабочего процесса двигателей или по параметрам сопутствующих процессов возможно только в случаях, когда двигатель, имея неисправность, остается в работоспособном состоянии.

Как показала практика ремонта двигателей на ремонтно-сервисном производственном предприятии «Степное», при таких обстоятельствах выяснение причин отказов возможно диагностированием, но только по структурным параметрам путем прямых измерений с частичной или полной разборкой. Например, за 21 месяц эксплуатации тракторов «Кировец» с двигателями, прошедшими ремонт на этом предприятии, было предъявлено 398 рекламаций, из числа которых в 239 случаях двигатели были в неработоспособном состоянии.

Анализ сведений рекламаций, проведенный автором, показал многочисленные и разнообразные признаки, предшествующие отка-

зам: стук при работе двигателя – 76 случаев; спад давления масла в магистрали – 29; выброс масла и его перерасход – 23; усиленное выделение газов через сапун – 15; падение мощности – 10 и др. Без указания предполагаемых признаков в рекламациях об отказах было случаев заклинивания двигателя – 25; поломок коленчатого вала – 8; расплавление подшипников коленчатого вала – 6; обрывов шатуна и пробоев блока – 4; обрывов поршня – 3, В 40 рекламациях признаки неисправностей и отказов владельцами двигателей не установлены.

С целью определения причин неисправностей и отказов и планирования технологических операций, обеспечивающих необходимую точность ремонта, выполнены экспериментальные исследования на предмет изучения закономерностей влияния погрешностей об-

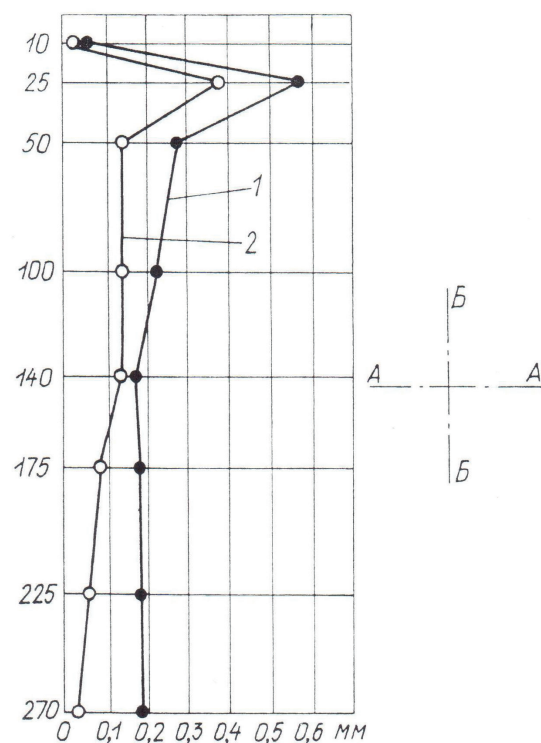


Рисунок 1 – Кривые нормального износа:  
1 – в плоскости качания шатуна Б – Б;  
2 – в плоскости продольной оси двигателя А – А

работки деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма на износ цилиндров. Изложены рекомендации по выполнению операций контроля точности сборки цилиндропоршневой группы.

### ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является процесс изучения и оценки износа зеркала цилиндров двигателей, прошедших ремонт. Практика производственной эксплуатации двигателей ЯМЗ – 238НБ и ЯМЗ – 240Б показала их ненадежность. Установлены многочисленные случаи снижения мощности двигателей, перерасхода масла, чрезмерного выделения газов через сапун, стуки в двигателе. Это явилось основанием для вывода о том, что причиной перечисленных неисправностей может быть значительное увеличение зазора в соединении поршень – цилиндр. Увеличение зазоров в основном это результат интенсивного изнашивания деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма [3, 4]. С целью выявления причин интенсивного износа планировалось прямое измерение размеров цилиндров двигателей ЯМЗ – 238НБ, коленчатые валы которых были шлифованы на ремонтные размеры при предшествующем ремонте. Цилиндры выбирали преднамеренно, из каждого двигателя по два цилиндра из блоков соответствующих кривошипов одного и того же ряда. Контрольная выборка составляла 32 цилиндра из 16 двигателей.

Для определения величины и формы износа зеркала цилиндра в качестве критерия было принято отклонение от нормального диаметра в восьми сечениях на определенном расстоянии отдельно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Измерения выполнялись индикатором – нутромером НИ-100 – 160 в восьми сечениях во взаимно перпендикулярных плоскостях, в плоскости ряда цилиндров А – А и в плоскости качания шатунов Б – Б (рисунок 1). Плоскости сечений с №1 по №8 по высоте располагались от верхнего торца цилиндра на расстоянии: №1 – 10мм; №2 – 25мм; №3 – 50мм; №4 – 100мм; №5 – 140мм; №6 – 175мм; №7 – 225мм.; №8 – 270мм.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Измерения выполнялись с трех и пятикратной повторностью, всего сделано 512 измерений. При каждом измерении определены отклонения от настроечного размера 130 мм. По сечениям цилиндров участки, имеющих

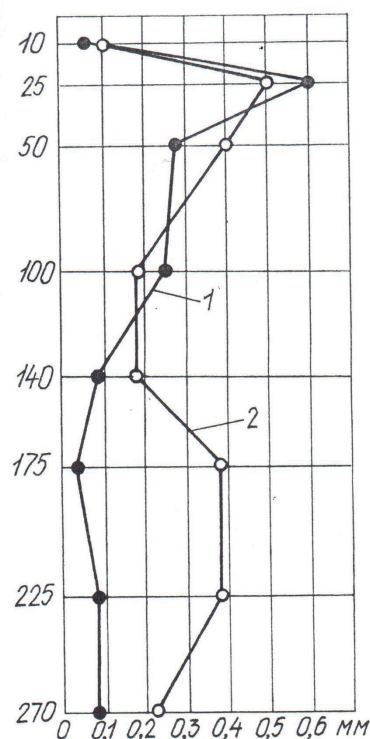


Рисунок 2 – Кривые аномального износа цилиндра по данным группы б1; 1 – в плоскости качания шатуна Б-Б; 2 – в плоскости продольной оси двигателя А-А

максимальное и минимальное значение, разделены на восемь групп, условно обозначенные буквами а1, а2, б1, б2, в1, в2, г1, г2. Определено среднее значение износа по сечениям и плоскостям каждой группы.

Наибольший износ имели цилиндры в плоскости А-А в пределах от 50 до 95 мкм, преимущественно в сечениях №2 и №3, а также в других сечениях кроме №1 и №8 в группах цилиндров б1, в1, в2, г1 и г2. В плоскости Б-Б износ значительно меньше и не превышает 60 мкм.

По расположению большей оси овала, образовавшегося в результате изнашивания зеркала цилиндра, подконтрольные цилиндры разделены на имеющие нормальный и аномальный износ. Под нормальным имеется в виду износ, при котором большая ось овала расположена в плоскости качания шатуна. Другим признаком нормального износа является то, что износ увеличивается по зеркалу цилиндра снизу вверх и достигает максимума вблизи верхней мертвой точки. Под понятием аномальному относится износ, когда большая ось овала расположена в плоскости вдоль ряда цилиндров.

Из 32 цилиндров нормальный износ имели

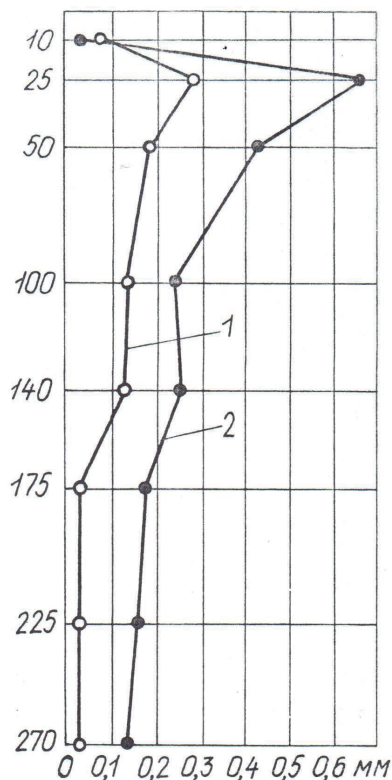


Рисунок 3 – Кривые аномального износа цилиндра по данным в1: 1 – в плоскости качания шатуна Б-Б; 2 – в плоскости продольной оси двигателя А-А

14 из 10 двигателей. Среднее значение износа по сечениям и по плоскостям А-А и Б-Б по десяти цилиндрам отнесены к группе а1, по четырем – группе а2. По отклонениям размеров группы а1 построен график кривых износа (рисунок 1). На графике видно, что износ в плоскости Б – Б (кривая 1) превышает износ в плоскости А – А (кривая 2). Такое превышение износа одинаково на всех уровнях по высоте цилиндров. Другие 18 цилиндров (56% от общего числа контролируемых) из 12 двигателей имели аномальный износ. Большая ось овала у этих цилиндров расположена в плоскости А – А. Размеры износа цилиндров по их высоте – неодинаковые.

В зависимости от величины износа по высоте цилиндры сгруппированы следующим образом. Цилиндры с большим износом в верхней и нижней частях отнесены к группе б1 и б2. Цилиндры с одинаково превышающим по всей высоте в плоскости А – А отнесены к группе в1, а имеющие одинаковую величину износа в обеих плоскостях А – А и Б – Б – к группе в2. К группе г1 отнесены цилиндры с увеличенным износом в середине зеркала цилиндра, к группе г2 – с износом в средней и верхней частях.

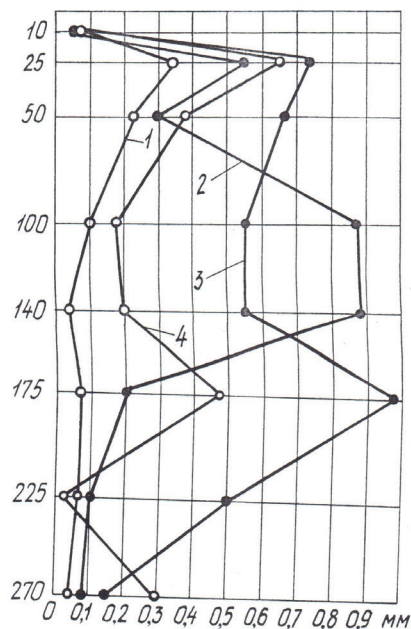


Рисунок 4 – Кривые аномального износа цилиндра по данным групп г1 и г2; 1 и 4 – в плоскости качания шатуна Б-Б; 2 и 3 – в плоскости продольной оси двигателя А-А

По данным группы б1 построен график износа (рисунок 2). На графике видно (кривая 2), что в нижней части цилиндра на расстоянии 175 и 225 мм от верхнего торца износ значительно больше, чем в средней. Увеличен износ и в верхней части на уровне 50 мм от торца цилиндра.

Формы кривых износа цилиндров группы в1 (рис. 3) отличаются от формы кривых нормального износа (рис. 1) местами расположения участков с наибольшим износом. Оси овалов, образовавшихся при изнашивании, во всех сечениях расположены в продольной плоскости А – А (кривая 2). Особенность характера износа цилиндров группы в2 в том, что размеры износа очень близки по величине в обеих плоскостях (продольной и ей перпендикулярной).

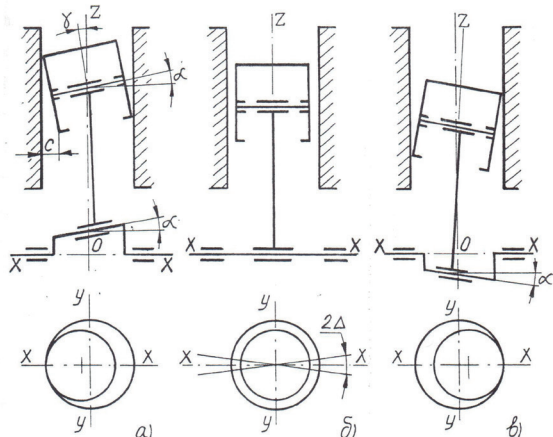
У восьми цилиндров групп г1 и г2 (25% от общего числа контролируемых) износ имел наибольшее значение в продольной плоскости в средней части зеркала. Кривые износа 2 и 3 в этой плоскости показаны на графике (рис. 4). Расположение точек на этих кривых заметно различается.

Максимальный износ происходит у цилиндров группы г1, (в группе 6 цилиндров) как видно на кривой 2 (рис. 4) в центре по сечениям 100 и 140 мм, а у цилиндров группы г2 – по

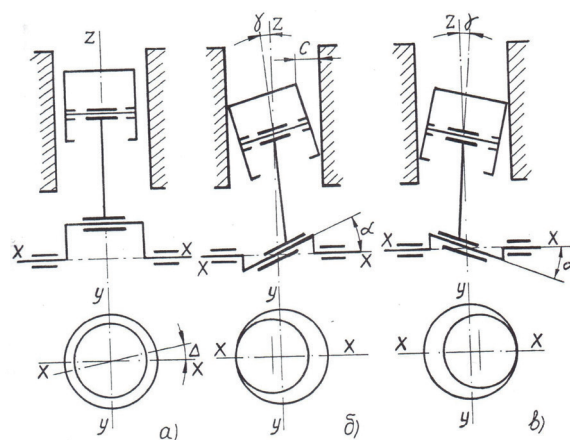
сечениям 175 и 25 мм (кривая 3). Сравнивая износ цилиндров по сечениям измерения и по плоскостям А – А и Б – Б можно сделать вывод о том, что площадь просвета между поршнями и зеркалом цилиндров больше во всех случаях аномального износа. Естественно, что с увеличением площади просвета газы прорываются в картер интенсивнее, падает мощность двигателя, усиливается угар масла.

Причиной аномального износа цилиндров является перекошенность осей поршней и цилиндров в продольной плоскости блока двигателя. Перекошенное положение осей может быть следствием погрешностей и отклонений при выполнении операций шлифования коренных и шатунных шеек коленчатых валов на ремонтные размеры, расточки отверстий в головках шатунов, расточки опор коренных подшипников коленчатого вала и посадочных мест под цилиндры в блоке двигателя, расточка цилиндров в случае их восстановления.

В случаях перекошенности оси шатунных шеек в плоскости ХОZ при повороте кривошипа поршень будет принимать перекошенное положение у верхней мертвой точки (ВМТ) с наклоном днища влево (рис. 5а) а у нижней мертвой точки (НМТ) с наклоном днища вправо (рис. 5в). В середине цилиндра в месте перехода с левого наклонного положения в правое перекошенности нет (рис. 5б). При таких изменениях положения поршня объясняется характер кривых аномального износа контрольных цилиндров группы в1.



*Рисунок 5 – Схема кривошипно-шатунного механизма ДВС при непараллельном положении оси шатунных шеек в координатной плоскости ХОZ: а – поршень в верхней мертвой точке; б – поршень в середине цилиндра; в – поршень в нижней мертвой точке*



*Рисунок 6 – Схема кривошипно-шатунного механизма при перекошенности оси шатунных шеек в координатной плоскости ХОY: а – поршень в верхней мертвой точке; б – поршень в середине цилиндра при повороте кривошипа на угол 90°; в – поршень в середине цилиндра при повороте кривошипа на угол 270°*

В положении ВМТ и НМТ угол наклона оси поршня Y равен углу перекошенности оси шатунной шейки  $\alpha$  (рис. 5а). Перекошенность поршня при этом будет максимальной. Зазоры у верхнего и нижнего торцов поршня тоже будут максимальными. Величину зазоров  $C_{max}$  можно определить по формуле:

$$C_{max} = h_n \cdot \sin y = h_n \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

где  $h_n$  – высота поршня.

При перекошенности оси шатунной шейки коленчатого вала на угол равный одной минуте и при высоте поршня равной 175 мм (двигатель ЯМЗ – 238НБ) зазор С при перекошенности поршня составит 0,05 мм. При перекошенности оси шейки под углом пять и восемь минут зазор С из-за перекошенности поршня составит соответственно 0,20 и 0,40 мм. Учитывая, что диаметральный зазор в соединении поршень – цилиндр должен быть не менее 0,05 мм, зазоры 0,20 и 0,40 между зеркалом цилиндра и перекошенным поршнем могут быть компенсированы за счет суммарного зазора в соединениях кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и цилиндропоршневой группы (ЦПГ) [5].

По техническим требованиям на ремонт двигателей ЯМЗ-238НБ минимальный суммарный зазор в соединениях шатунная шейка – подшипник, поршневой палец – втулка головки шатуна, поршень – гильза составляет: минимальный – 0,30 мм, максимальный – 0,47 мм. Следовательно, при минимальном суммарном зазоре контролируемой величиной пе-

рекоса поршня в продольной плоскости XOZ могут быть зазоры 0,20 и 0,40 мм, как предельно компенсируемые.

Некомпенсируемый перекося поршня в продольной плоскости вызывает деформацию деталей КШМ и ЦПГ, что приводит к повышению контактных напряжений в местах прилегания поршня к зеркалу цилиндра и интенсивному изнашиванию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причиной аномального износа цилиндров двигателей ЯМЗ-238НБ является перекося поршней в цилиндрах. Перекося поршня следует считать предельным, когда суммарный минимальный зазор для двигателей ЯМЗ-238НБ составляет 0,20 – 0,40 мм. Перекося поршней становится явным только после сборки КШМ и ЦПГ. Так как, в процессе завинчивания резьбовых соединений детали подвергаются упругому деформированию [6]. Следовательно, определять наличие перекося поршней и измерять его значение необходимо в процессе сборки двигателя после укладки коленчатого вала, установки цилиндров в блок-картер и монтажа поршней с шатунами до крепления поддона картера и головки цилиндров. Цилиндры должны быть прижаты к посадочному месту в блок-картере с усилием равным усилию затяжки головки цилиндров [6].

Суммарный зазор между поршнем и цилиндром необходимо измерять в продольной

плоскости ряда цилиндров в трех положениях поршня у ВМТ, в середине цилиндра и у НМТ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугаев В.Н. Эксплуатация и ремонт форсированных тракторных двигателей / В.Н. Бугаев – М.: Колос, 1981. – 208 с.
2. Надежность и ремонт машин: учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тедьнов, К.А. Ачкасов и др.; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
3. Триботехника: учебник / В.В. Шаповалов, В.А. Кохановский, А.Ч. Эфкенов; под ред. В.В. Шаповалова. – Ростов н/Д: Феникс, 2017. – 348 с.
4. Корнилович С.А. Результаты исследования возможности применения ремонтно-восстановительных составов при эксплуатации автотракторных двигателей / Вестник СибАДИ. – 2017. – № 6(40) – С. 20-26.
5. Погорелый И.П. Обкатка и испытание тракторных и автомобильных двигателей. / И.П. Погорелый – М.: Колос, 1973. – 208 с.
6. Соловьев В.Л. Обеспечение точности и равномерности затяжки групповых резьбовых соединений при сборке узлов машин сельскохозяйственного назначения в условиях ремонта и технического обслуживания / Соловьев В.Л., Корнилович С.А. // Сельский механизатор. – 2013. – №3. – С. 44-45.

## THE REASONS OF INTENSIVE WEAR OF CYLINDERS OF YAMZ ENGINES – 238NB

S. A. Kornilovich

**Abstract.** It is stated results of control in the course of repair of technical condition of cylinders of engines. Need of diagnosing of cylinders in structural parameters by direct measurements with partial or full dismantling of engines is proved. The description of an order of performance of direct measurements of cylinders, the formed wear forms, possible errors of a relative positioning of surfaces and axes of details of tsilindroporshnevy group, a crank – the conrod mechanism and their influence on process of wear of cylinders is made.

**Keywords:** Cylinder, wear, intensity, engine, control, gap, distortion, piston.

## REFERENCES

1. Bugaev V.N. EHkspluatatsiya i remont forsirovannyh traktornyh dvigatelej / V.N. Bugaev – М.: Kolos, 1981. – 208 s.
2. Nadezhnost' i remont mashin: uchebniki i ucheb. posobiya dlya vysshih uchebnyh zavedenij / V.V. Kurchatkin, N.F. Ted'nov, K.A. Ach-

kasov i dr.; pod red. V.V. Kurchatkina. – М.: Kolos, 2000. – 776 s.

3. Tribotekhnika: uchebnik / V.V. SHapovalov, V.A. Kohanovskij, A.CH. EHfkenov; pod red. V.V. SHapovalova. – Rostov n/D: Feniks, 2017. – 348 s.

4. Kornilovich S.A. Rezul'taty issledovaniya vozmozhnosti primeneniya remontno-vosstanovi-

tel'nyh sostavov pri ehkspluatacii avtotraktornyh dvigatelej / Vestnik SibADI. – 2017. – № 6(40) – S. 20-26.

5. Pogorelyj I.P. Obkatka i ispytanie traktornyh i avtomobil'nyh dvigatelej. / I.P. Pogorelyj – M.: Kolos, 1973. – 208 s.

6. Solov'ev V.L. Obespechenie tochnosti i ravnomernosti zatyazhki gruppovyh rez'bovyh soedinenij pri sborke uzlov mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v usloviyah remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya / Solov'ev V.L. ,Kornilovich S.A. // Sel'skij mekhanizator. – 2013. – №3 . – C. 44-45.

*Корнилович Станислав Антонович (Омск, Россия) доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина» (Россия, 644008, Омск, Институтская площадь, 1, e-mail: st.omsk55@mail.ru)*

*Kornilovich Stanislav Antonovich (Omsk, Russia) Doctor of Engineering, Federal state budgetary educational institution of higher education «Omsk state agrarian University named after P. A. Stolypin» (Russia, 644008, Omsk, Institutskaya ploshad', 1, e-mail: st.omsk55@mail.ru)*

УДК 629.11

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*В.Е. Овсянников, В.И. Васильев  
ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Россия г. Курган*

**Аннотация.** *В данной статье рассмотрены вопросы моделирования деятельности операторов диагностического оборудования предприятий автотранспортного комплекса. Проведен анализ основных аспектов, которые обуславливают специфику выбора типа модели. Установлено, что наиболее рационально применение имитационных моделей. Разработана имитационная модель, позволяющая реализовывать алгоритмы деятельности операторов с любыми значениями психологической напряженности на стадии проектирования оборудования.*

**Ключевые слова:** *оборудование, проектирование, имитационная модель.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современные тенденции развития технических средств ремонта и диагностирования автотранспортных средств обуславливают рост информационной и эмоциональной нагрузки на персонал [1,2]. Для объяснения этого есть ряд причин:

1. По мере развития техники растет число объектов и факторов управления. Это приводит к увеличению сложности операций, связанных с планированием, организацией труда, а также контролем и управлением основными вспомогательными процессами.

2. Развитие дистанционных систем управления привело к тому, что оператор зачастую не находится в непосредственном контакте с объектом управления, и о его состоянии судит не по данным непосредственных наблюдений, а по сигналам от устройств вывода

информации. Отсюда следует, что информационная нагрузка на оператора существенно возрастает.

3. Увеличение степени сложности и быстроты протекания процессов в системах приводит к росту требований по точности принимаемых операторами решений. Данное обстоятельство в свою очередь влечет рост ответственности оператора, за те решения, которые он принимает. При этом несущественные ошибки могут вызвать нарушение работы всей человеко-машинной системы. Это приводит к росту нервно-психологической нагрузки на оператора. Таким образом, в человеко-машинных системах основным фактором становится не физические нагрузки на оператора, а психологическая напряженность труда.

4. Человеко-машинные системы являются автоматизированными, что требует от оператора быть постоянно готовым к экстренным