

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБКАТКИ ДИЗЕЛЕЙ ЯМЗ

**Д. О. Леонов, Ю. Г. Вергазова**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация*

*Аннотация.* Исследованы вопросы метрологического обеспечения процесса обкатки дизелей ЯМЗ, рассмотрены различные виды обкатки дизелей при проведении стендовых испытаний, выделены основные контролируемые параметры, определены допускаяемые погрешности их измерений.

*Ключевые слова:* дизель; испытания; обкатка; качество; погрешность; метрологическое обеспечение.

## METROLOGICAL SUPPORT FOR RUNNING-IN OF YAMZ DIESEL ENGINES

**D. O. Leonov, Yu. G. Vergazova**

*Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation*

*Abstract.* The issues of metrological support of the YAMZ diesel run-in process are investigated, various types of diesel run-in during bench tests are considered, the main controlled parameters are highlighted, and the permissible errors of their measurements are determined.

*Keywords:* diesel; testing; running-in; quality; error; metrological support.

### **Введение**

Современные подходы к качеству ремонта отечественных машин предполагают применение различных инструментов и методов контроля и управления качеством на предприятии, с целью реализации методологии постоянного улучшения [1]. Для повышения конкурентоспособности и грамотного управления на ремонтных предприятиях совершенствуются элементы системы менеджмента качества [2, 3] и формируется система контроля качества, предполагающая обоснованный выбор оптимального метрологического обеспечения [4, 5].

Метрологическое обеспечение представляет собой

совокупность мер и действий, направленных на достижение требуемой точности измерений контролируемых параметров, для установления соответствия заданным критериям при выполнении работ, с целью обеспечения определенного уровня качества.

В настоящее время, на ремонтных предприятиях большое внимание уделяется менеджменту измерений, в части обеспечению качества контроля [6-8], назначения средств измерений для повышения точности контроля и уменьшения потерь от брака и несоответствий [9]. Управление измерительными процессами и качество контроля во многом зависят от постановки и решения задач по обработке большого объема статистической информации [10, 11].

Качество проведенного ремонта двигателя определяют по результатам проведенных испытаний. Любой мотор после капитального ремонта нуждается в обкатке, что предполагает эксплуатацию двигателя в течение определенного времени в деликатном режиме. Большинство машин аграрно-промышленного комплекса имеют дизельные энергетические установки. На ресурс отремонтированных дизелей влияет и качество их обкатки после ремонта перед началом эксплуатации. На ремонтных предприятиях выполняется технологическая обкатка, которая включает этапы холодной обкатки, горячей обкатки на холостом ходу и под нагрузкой, а также испытания.

Цель проведения обкатки заключается в приработке сопряжений и элементов, выявлении отказов из-за неудовлетворительного качества запасных частей или нарушений технологии ремонта и сборки сопряжений и узлов, влияющих на последующую работу дизеля. Для реализации качественного процесса обкатки следует соблюдать рекомендуемые режимы и использовать метрологическое оборудование обеспечивающие достаточную точность.

Для проведения обкатки дизелей на ремонтных предприятиях наиболее широко используются универсальные обкаточно-тормозные стенды. Стенды предназначенные для проведения обкатки и испытаний дизельных двигателей, должны быть оснащены устройствами и оборудованием для определения основных показателей работы дизеля, и измерительными приборами, позволяющими измерять контролируемые параметры с точностью,

указанной в таблице 1.

**Таблица 1 – Допускаемые погрешности измерений величин при испытании ЯМЗ**

Контролируемая величина	Единица измерения	Обозначение параметра	Погрешность средства измерения, не более
Крутящий момент	Н · м	$M_K$	$\pm 0,005 M_{K \max}$
Частота вращения	мин <sup>-1</sup>	n	$\pm 0,005 n_{\text{НОМ}}$
Расход топлива	кг / ч	$G_T$	$\pm 0,005 G_{T \text{НОМ}}$
Атмосферное давление	кПа	$V_{\text{окр}}$	$\pm 0,1$
Давление наддува	МПа	$P_K$	$\pm 0,0005$
Давление масла в главной магистрали	МПа	$P_M$	$\pm 0,02$
Температура охлаждающей жидкости на выходе из дизеля	°С	$t_{\text{ж}}$	$\pm 3$
Температура масла в поддоне или на выходе из дизеля	°С	$t_M$	$\pm 3$
Давление картерных газов	кПа	$P_{\text{к.г.}}$	$\pm 0,1$
Температура окружающего воздуха	°С	$t_{\text{окр.}}$	$\pm 1$
Температура отработавших газов в выпускном коллекторе	°С	$t_T$	$\pm 10$
Температура топлива на входе в фильтр грубой очистки топлива	°С	$t_T$	$\pm 1$
Расход масла на угар (за 10 час.)	кг	$G_M$	$\pm 0,005$
Относительная влажность воздуха	%	$\varphi_{\text{окр}}$	$\pm 0,3$
Продолжительность работы дизеля	с, мин, час	$\tau$	$\pm 0,01 \tau$

Стендовой обкатке подвергают каждый дизель, выходящий из капитального ремонта.

Стендовая обкатка включает в себя холодную обкатку, обкатку на холостом ходу и горячую обкатку (обкатку под нагрузкой).

Обкатку проводят на летнем дизельном топливе (ГОСТ 305-82) и на моторном М-10 В или М-10 Г<sub>2</sub>. Физико-механические параметры топлива и масла должны быть удостоверены документом.

На обкатку и испытание дизели поставляют без вентилятора, гидронасоса, водяного и масляного радиаторов, выпускной трубы и искрогасителя. Допускается обкатка без генератора с применением натяжного ролика. Технологический воздухоочиститель должен иметь устройство для прекращения (в случае аварийной ситуации) поступления воздуха в цилиндры дизеля.

Холодную обкатку дизелей выполняют на следующих режимах, представленных в таблице 2.

**Таблица 2 – Режимы холодной обкатки**

Модель дизеля	Показатели на ступенях обкатки						Продолжительность этапа, мин
	первая		вторая		третья		
	частота вращения, мин <sup>-1</sup>	продолжительность, мин.	частота вращения, мин <sup>-1</sup>	продолжительность, мин.	частота вращения, мин <sup>-1</sup>	продолжительность, мин.	
ЯМЗ-240 Б	1000	10	1200	10	1400	10	30
ЯМЗ-238 НБ	800	5	1200	10	1400	5	20

В процессе обкатки поддерживают следующие условия: давление масла в магистрали не менее 0,15 МПа (1,5 кгс/см<sup>2</sup>), температура воды на выходе из дизеля 60...75 °С.

Подтекание и каплеобразование топлива, масла и воды в местах соединения трубопроводов и плоскостей стыков соединяемых деталей не допускается. В случае появления посторонних стуков и шумов в дизелях обкатку прекращают и устраняют неисправность.

После завершения холодной обкатки проверяют неисправность установки угла начала подачи топлива до в.м.т., стержней клапанов, подтягивают гайки крепления головок цилиндров, регулируют зазоры в клапанном механизме.

Горячую обкатку на холостом ходу проводят по трем или более ступеням (в зависимости от модели дизеля),

продолжительность каждой 5...10 мин. Первая ступень обкатки начинается при частоте вращения коленчатого вала, равной 65...70 % от номинальной, а затем через определенные интервалы последовательным переводом на следующие ступени доводят частоту вращения до номинальной. Придерживаются установленных режимов обкатки дизелей на холостом ходу (таблица 4).

**Таблица 3 – Зазор между бойком коромысла и торцом стержня клапана в холодном и горячем состоянии дизеля**

Модель дизеля	Зазор впускного клапана, мм		Зазор выпускного клапана, мм	
	холодного	горячего	холодного	горячего
ЯМЗ – 240 Б	0,25...0,30	–	0,25...0,30	–
ЯМЗ – 238 НБ	0,30	0,25	0,30	0,25

**Таблица 4 – Режимы обкатки дизелей на холостом ходу**

Модель дизеля	Показатели на ступенях обкатки		Продолжительность этапа, мин.	Давление масла, МПа
	частота вращения, мин <sup>-1</sup>	продолжительность, мин.		
ЯМЗ-240 Б	1500	10	10	0,45...0,7
ЯМЗ-238 НБ	1500	15	30	0,4...0,7
	1700	15		

После окончания обкатки проверяют затяжку гаек, шпилек крепления головки цилиндров дизеля.

Горячую обкатку под нагрузкой выполняют последовательной плавной загрузкой дизеля от холостого хода до номинальной частоты вращения коленчатого вала (рычаг управления подачей топлива при этом закрепляют в положении, соответствующем максимальной подаче). Этот этап обкатки состоит из четырех-шести ступеней, продолжительность каждой 10...15 мин.

В процессе обкатки значительно возрастают удельные давления, необходимо следить, чтобы тепловой режим дизеля

(температура масла и воды) не превышал допустимых значений.

Давление масла в системе под нагрузкой дизеля должно быть в пределах 0,45...0,7 МПа. Температуру охлаждающей воды и масла в смазочной системе следует поддерживать в пределах 80...95 °С.

Загрузку дизеля контролируют по показаниям стрелки циферблата весомого механизма стенда. После обкатки проверяют частоту вращения коленчатого вала при минимально устойчивой и максимальной частоте вращения холостого хода.

**Таблица 5 – Режимы обкатки дизелей под нагрузкой**

Мо- дель дизеля	Показатели на ступенях обкатки														$t_{\Sigma}$	$P_M$		
	первой		второй		третьей		четвертой		пятой		шестой		седьмой				восьмой	
	$M_K$	t	$M_K$	t	$M_K$	t	$M_K$	t	$M_K$	t	$M_K$	t	$M_K$	t			$M_K$	t
ЯМЗ-240 Б	190	20	300	30	380	30	550	30	730	20	910	20	365	15	0	15	180	0,45...0,7
ЯМЗ-238 НБ	51,5	20	74	20	107	20	125	20	–	–	–	–	–	–	–	–	80	0,4...0,7

Примечание:  $M_K$  – крутящий момент, Н·м; t – продолжительность, мин;  $t_{\Sigma}$  – общая продолжительность обкатки, мин;  $P_M$  – давление масла, МПа.

Таким образом, из данных таблицы 5 видно, что при обкатке дизелей под нагрузкой необходимо проводить контроль крутящего момента, частоты вращения дизеля, давления масла, продолжительности обкатки.

Пример метрологического обеспечения для проведения обкатки дизелей представлен в таблице 6.

**Таблица 6 – Контролируемые величины и средства измерений**

Наименование величины	Единица измерения	Средство измерения	Погрешность измерения
Крутящий момент	Н · м	Динамометрические устройства	± 0,5 %
Частота вращения коленчатого вала	мин <sup>-1</sup>	Тахометры ГОСТ 21339-82	± 0,5 %

Наименование величины	Единица измерения	Средство измерения	Погрешность измерения
Расход топлива	кг/ч (г/с)	Расходомеры электронные КИ-13967, АИР-50	$\pm 0,5-1,5 \%$
Атмосферное давление	кПа	Барометр-анероид метеорологический	$\pm 1,0 \%$
Давление наддува	МПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	$\pm 0,5 \%$
Давление масла в главной магистрали	МПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	$\pm 0,2 \%$
Температура охлаждающей жидкости на выходе из дизеля	$^{\circ}\text{C}$	Термопары с электронными потенциометрами ГОСТ 6617-74	$\pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура масла в поддоне или на выходе из дизеля	$^{\circ}\text{C}$	Термопары с электронными потенциометрами	$\pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Давление картерных газов	кПа	Манометры ГОСТ 8.302-78	$\pm 0,1$
Температура окружающего воздуха	$^{\circ}\text{C}$	Термометры ртутные	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура отработавших газов в выпускном коллекторе	$^{\circ}\text{C}$	Термопары с электронными потенциометрами	$\pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха	$\%$	Психрометры аспирационные	$\pm 3,0 \%$
Продолжительность работы дизеля	с	Секундомер 2Б-3 ГОСТ 5072	$\pm 1,0 \%$

Контроль данных параметров должен проводиться с заданной точностью, что обеспечивается нормированием допускаемой погрешности средств измерений, представленной в таблице 1. Реальные средства измерений должны иметь погрешность меньше допускаемой.

### **Выводы**

В работе рассмотрены основные параметры дизельных двигателей, контролируемые при обкатке дизелей после ремонта, проведен анализ контролируемых величин, измеряемых в ходе процесса обкатки, определены допустимые погрешности средств

измерений и показателей, для подбора оптимального метрологического обеспечения обкатки дизелей ЯМЗ.

Рассмотрены режимы обкатки дизелей после ремонта, по видам и этапам проведения процесса обкатки.

По результатам анализа контролируемых величин были приведены погрешности измерения для таких параметров, как крутящий момент двигателя, частота вращения коленчатого вала, расход топлива, температура атмосферного воздуха во впускном тракте, температура охлаждающей жидкости, температура масла, температура топлива и др. Исходя из определенных контролируемых параметров и погрешности их измерения были предложены средства измерений, рекомендуемые к применению при обкатке дизелей.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.
2. Оценка экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Научный результат. Серия: Технология бизнеса и сервиса. – 2016. – Т. 2, № 1(7). – С. 51-56. – DOI 10.18413/2408-9346-2016-2-1-51-56.
3. Леонов, О. А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2009. – № 7(38). – С. 35-40.
4. Леонов, О. А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 8-1(39). – С. 56-59.
5. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
6. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов. – М.: Изд-во ФГОУ ВПО «МГАУ им. В. П. Горячкина», 2002. – 168 с. – ISBN 5-86785-109-5.



7. Леонов, О. А. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Сборник научных докладов ВИМ. – 2012. – Т. 2. – С. 412-420.
8. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
9. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.
10. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «ОнтоПринт», 2020. 95 с. DOI 10.37738/VNPIGIM.2021.77.78.001.
11. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «ОнтоПринт», 2020. 89 с. DOI 10.37738/VNPIGIM.2020.43.25.001.

***Об авторах:***

**Леонов Дмитрий Олегович**, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

**Вергазова Юлия Геннадьевна**, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, [vergazova@rgau-msha.ru](mailto:vergazova@rgau-msha.ru).

***About the authors:***

**Dmitriy O. Leonov**, master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

**Yulia G. Vergazova**, associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, [vergazova@rgau-msha.ru](mailto:vergazova@rgau-msha.ru).