

УДК 621.9.022.1

DOI 10.52928/2070-1616-2023-47-1-71-76

ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИЗНОСА СЕДЕЛ КЛАПАНОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕФЕКТАЦИИ

канд. техн. наук Г.А. ВЕРЕМЕЙ

(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Рассмотрена актуальная проблематика получения объективных результатов при оценке состояния изношенных поверхностей седел клапанов газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания, а также несовершенства существующих методов оценки локального и интегрального износа в задачах дефектации при проведении восстановительных ремонтов в авторемонтном производстве. Обоснована необходимость математического подхода к решению поставленных задач путем оценки состояния изношенных поверхностей со сложнопеременной топографией за счет разработанной геометрической интерполяционной 3D-модели, дающей описание восстанавливаемому профилю в процессе дефектации седел клапанов. Предложены практические методы оценки степени износа седел клапанов на базе математической 3D-модели за счет внедрения методики применения кругло- и профилограмм с использованием точного контрольно-мерительного оборудования.

Ключевые слова: *восстановительный ремонт, точность обработки, отклонение от круглости, волнистость поверхности, процесс восстановления, параметры точности, седла клапанов, изношенные поверхности седел клапанов, оценка состояния поверхностей, методы и процесс дефектации, газораспределительный механизм, авторемонтное производство, контрольно-мерительное оборудование.*

Введение. В восстановительных технологиях современного авторемонтного производства, в частности отечественного, присутствует проблематика объективной оценки степени износа седел клапанов при постановке диагноза в процессе дефектации деталей газораспределительных механизмов (ГРМ) в двигателях внутреннего сгорания (ДВС).

Актуальность рассматриваемой тематики состоит в причинно-следственных аспектах данной проблемы и кроется непосредственно в несовершенстве существующих технологий при оценке степени износа, а также негативных последствиях в случае ошибочности поставленного диагноза в процессе дефектации седел клапанов ГРМ.

В первом случае (когда имеет место невозстанавливаемый износ поверхностей, седла подлежат замене, однако подвергаются последующей механической обработке) необъективность вердикта при оценке состояния изношенных седел клапанов приводит к бесполезным затратам труда, времени и производственных ресурсов в результате ошибочно принятого решения о целесообразности проведения восстановительного ремонта. Во втором (когда седла ремонтнопригодны, т.к. износ восстанавливаемый, но они по ошибочным результатам дефектации выбраковываются и удаляются) – необъективность диагноза приводит к излишним трудоемким операциям извлечения старых седел и запрессовыванию новых заготовок.

Анализ исследований и публикаций. Накопленный опыт в процессах дефектации деталей ГРМ, проработка официальных источников информации, научных публикаций, архивов и патентных баз, а также результаты исследований, показали следующее.

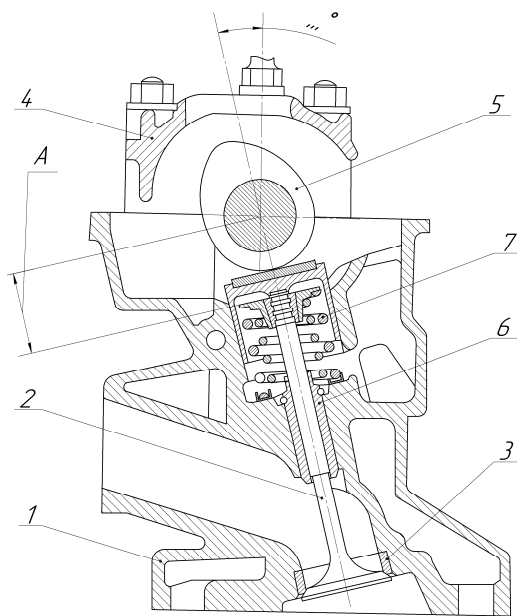
Для выявления и измерения поверхностных макродефектов в виде естественного физического износа, деформаций, раковин, коррозионных пятен, разрывов и прогаров используются, как правило, визуально-оптические и органолептические методы, позволяющие определить величину раскрытия локальных поражений не менее, чем на 0,3 мм [1–4]. При этом подчеркивается, что данные методы малоэффективны по причине субъективности оценки чувствительности и достоверности и не в состоянии дать интегральную оценку степени износа. Следовательно, на практике вероятность постановки объективного диагноза в процессах дефектации седел клапанов, как правило, очень мала.

Соответствующие официальные литературные источники при оценке технического состояния объекта исследования для выявления скрытых микро- и макродефектов в процессах дефектации рекомендуют использовать современные методы неразрушающей дефектоскопии: магнитно-порошковые, ультразвуковые, звуковые и электромагнитные, которые в состоянии выявить место расположения дефекта и его геометрические параметры с точностью до сотой доли миллиметра [1–5].

Таким образом, описанные способы дефектации носят чисто аналитический характер в теоретическом курсе авторемонтного производства, а практического применения в виде прикладных методов в задаче оценки состояния изношенных поверхностей седел клапанов как таковые не имеют.

Анализ конструкций современных головок ДВС с верхнеклапанным расположением ГРМ свидетельствует, что проведение восстановительного ремонта седел клапанов целесообразно в зависимости от установленного лимита на размер A от оси распределительного вала до торца стержня клапана (рисунок 1), допуск на кото-

рый зависит от допуска звеньев кинематической цепи привода ГРМ и колеблется в пределах 0,05–0,1 мм (в зависимости от точности изготовления деталей конструкции у различных производителей)¹ [1–5]. Поэтому современные ремонтные технологии, имеющие в большинстве случаев визуальный и органолептический подходы при отсутствии надлежащего точного инструментария, не в состоянии объективно обеспечить результаты дефектации изношенных седел клапанов с точностью в пределах указанного выше допуска. Решение поставленной задачи возможно лишь за счет внедрения численных методов оценки состояния изношенных поверхностей (с применением математического аппарата) и путем применения точных практических методик для оценки степени износа с использованием точного контрольно-мерительного оборудования.



1 – головка блока ДВС; 2 – клапан; 3 – седло клапана; 4 – корпус подшипников распредвала; 5 – распределительный вал; 6 – направляющая втулка клапана; 7 – пружина

Рисунок 1. – Схема верхнеклапанного газораспределительного механизма

Цель работы: разработка практических методов оценки степени локального и интегрального износа седел клапанов в задачах дефектации с использованием точного контрольно-мерительного оборудования на базе созданной математической интерполяционной 3D-модели, предлагающей геометрическое описание восстанавливаемому профилю со сложнопеременной топографией при проведении восстановительных ремонтов в авторемонтном производстве.

Основная часть. Поставленные задачи аналитического характера детально рассмотрены в теоретической части ранее проведенных разработок, в результате которых была представлена геометрическая интерполяционная 3D-модель с использованием функций-мультикватриков для оценки состояния изношенных поверхностей седла клапана со сложнопеременной топографией² [1–8].

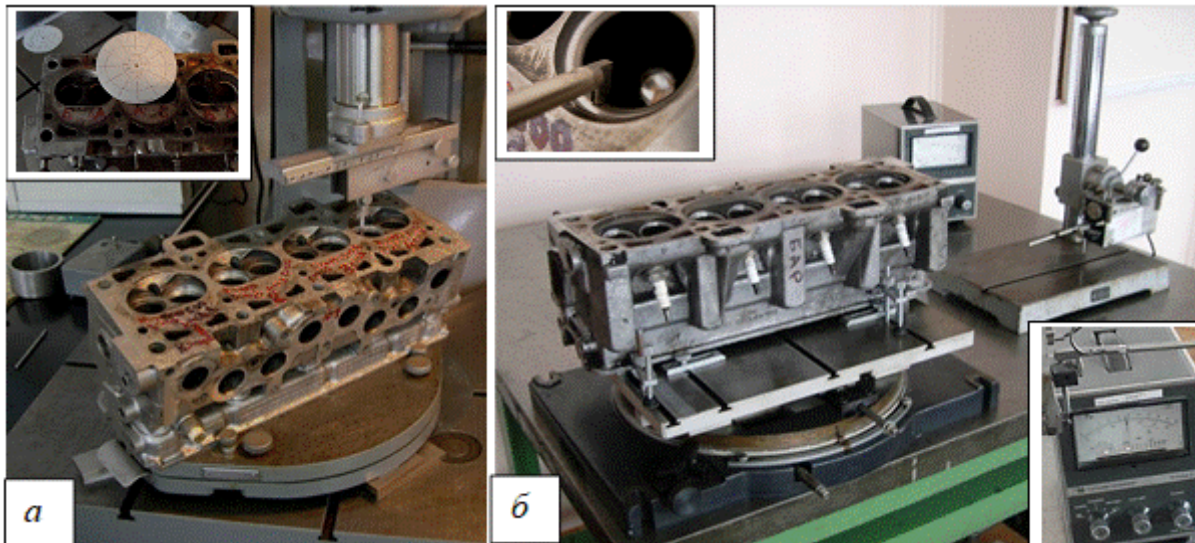
Для практической реализации разработанной аналитической модели предлагается методика применения кругло- и профилограмм с использованием точного контрольно-мерительного оборудования: кругломера «Talyrond» и профилометра «Taylor Hobson, Surtronic2» (рисунок 2).

В качестве объекта исследования были выбраны 32 экспериментальных седла клапана нескольких головок блоков 4-цилиндрового 8-клапанного действующего ДВС модели ВАЗ-21083, прошедших длительную эксплуатацию и имеющих явно выраженные признаки физического износа (рисунок 3). Для его оценки предлагается следующая методика.

Для определения величины износа в продольном сечении седла контролировались на отклонения от округлости. Измерения осуществлялось в трех поперечных сечениях перпендикулярных оси вращения конусной поверхности седла (рисунок 4). Абсолютная величина погрешности измерения составляла 0,5 мкм. Полученные результаты измерений в виде круглограмм (рисунок 5) приведены в таблице 1.

¹ Архив библиотеки Вернадского [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nbu.gov.ua>.

² Zharii Y., Veremei H. The Geometry Mathematical Modeling of the Overhauled Valve-seat Surfaces in the Valve Timing Gear // The Sixth World Congress “Aviation in the XXI Century” / Safety in Aviation and Space Technologies. – Kyiv: NAU, 2014. – P. 17–21.



a – определение отклонения от круглости на кругломере;
б – определение волнистости поверхности на профилометре

Рисунок 2. – Мерительные операции в процессе дефектации седел клапанов

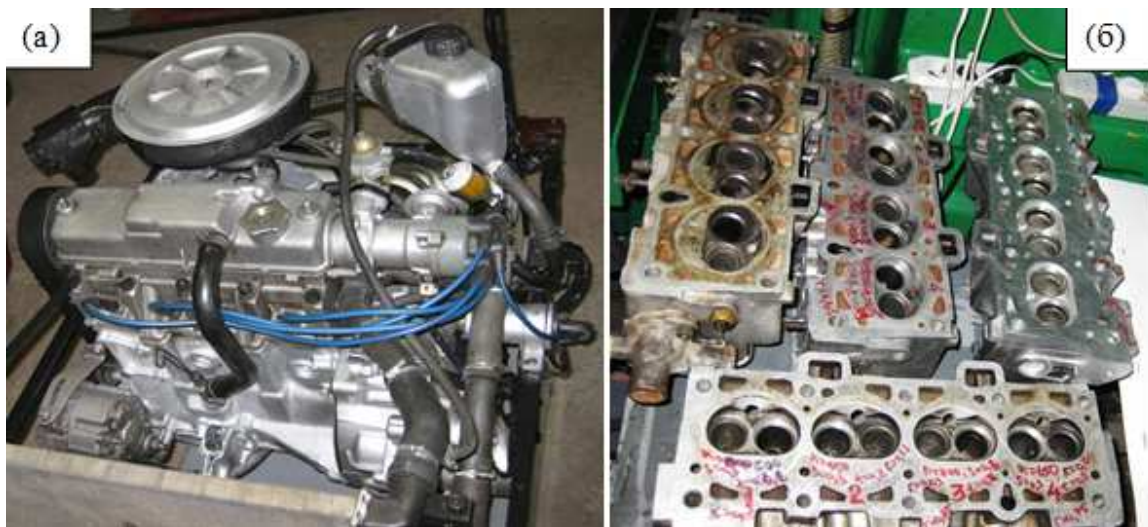
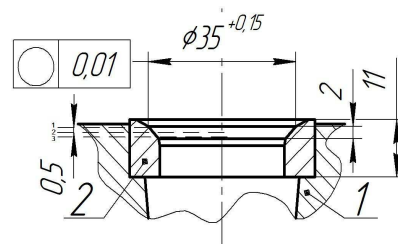
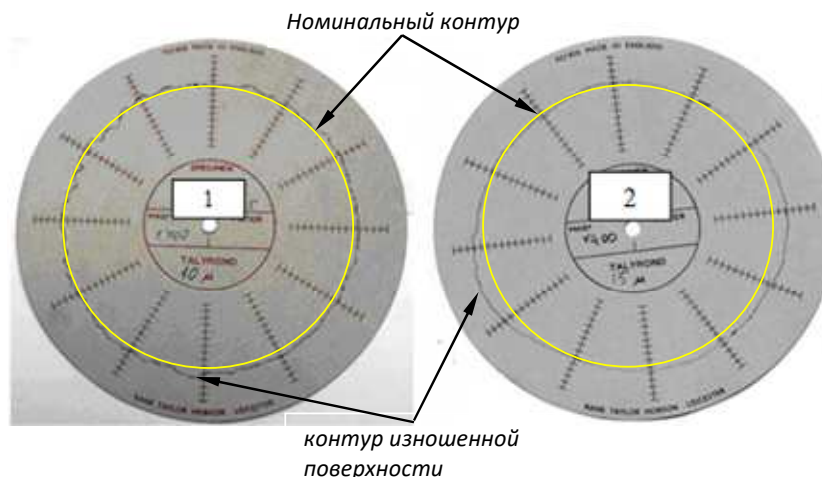


Рисунок 3. – Экспериментальный двигатель (а) и головки блока ВАЗ-21083 (б)



1 – головка блока двигателя; 2 – седло клапана

Рисунок 4. – Схема расположения сечений при определении отклонения от круглости рабочей фаски седла клапана



1 – седло клапана, подлежащего восстановлению; 2 – неремонтопригодное седло клапана

Рисунок 5. – Круглограммы состояния изношенных поверхностей

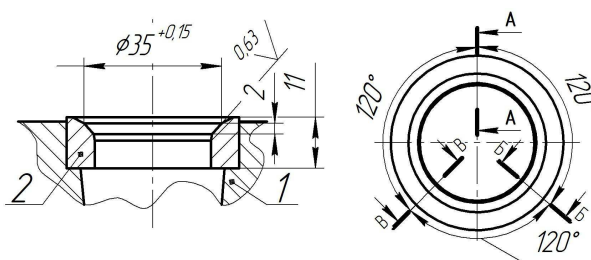
Таблица 1. – Результаты измерений отклонений от круглости для 32 седел клапанов

Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм	Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм	Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм	Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм	Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм	Шифр детали	$\Delta_{\text{окр}}$, мкм
1-1	17	6-2	11	11-3	14	17-1	14	22-2	10	27-3	12
1-2	10	6-3	10	12-1	10	17-2	10	22-3	9	28-1	9
1-3	10	7-1	14	12-2	11	17-3	9	23-1	10	28-2	9
2-1	11	7-2	10	12-3	13	18-1	10	23-2	10	28-3	10
2-2	14	7-3	9	13-1	11	18-2	10	23-3	9,5	29-1	10
2-3	10	8-1	12	13-2	9	18-3	10	24-1	15	29-2	8
3-1	9	8-2	9	13-3	9	19-1	8	24-2	15	29-3	10
3-2	10	8-3	9	14-1	12	19-2	10	24-3	10	30-1	9
3-3	10	9-1	10	14-2	10	19-3	9	25-1	14	30-2	11
4-1	9,5	9-2	10	14-3	9	20-1	13	25-2	11	30-3	12
4-2	15	9-3	8	15-1	8	20-2	17	25-3	9	31-1	9
4-3	15	10-1	10	15-2	8	20-3	14	26-1	10	31-2	13
5-1	25	10-2	9	15-3	10	21-1	13	26-2	10	31-3	11
5-2	10	10-3	11	16-1	11	21-2	10	26-3	8	32-1	11
5-3	12	11-1	11	16-2	10	21-3	9	27-1	11	32-2	12
6-1	11	11-2	9	16-3	9	22-1	7	27-2	1	32-3	10

Примечание. Первая цифра маркировки шифра означает номер седла, вторая – номер его измеряемого сечения.

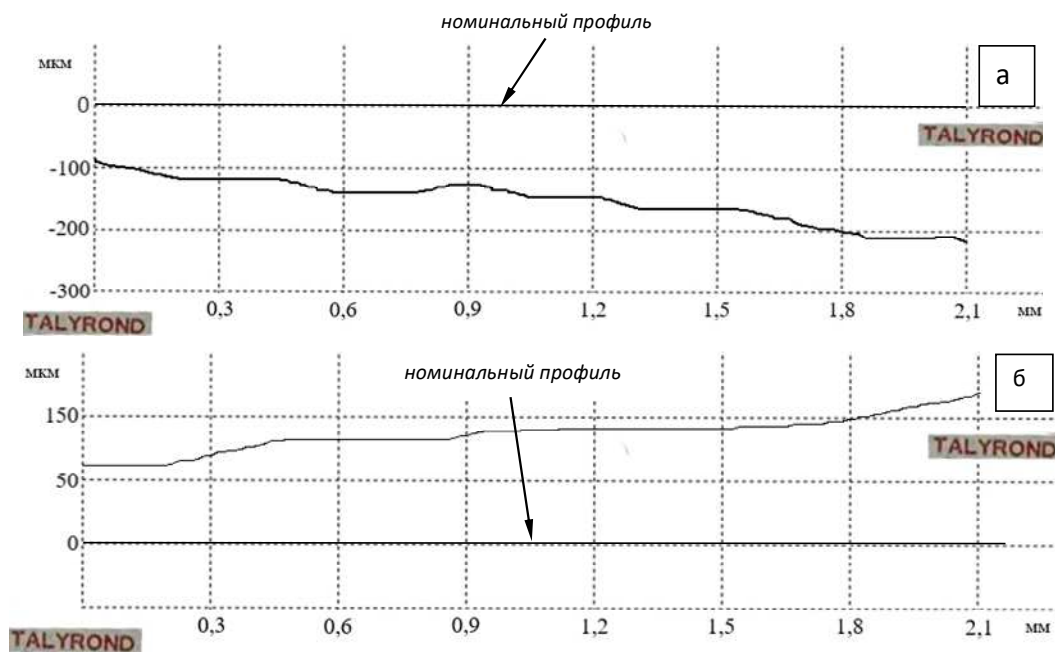
$\Delta_{\text{окр}}$ – величина отклонения от круглости, мкм.

Определение величины макронеровностей экспериментальных седел проводилось в трех осевых сечениях по образующим конусной поверхности (рисунок 6). Абсолютная величина погрешности измерения иглой профилометра с увеличенным диаметром наконечника составляла 0,5 мкм. Полученные результаты измерений в виде профилограмм волнистости рабочей фаски седел клапанов (рисунок 7) приведены в таблице 2.



1 – головка блока двигателя; 2 – седло клапана

Рисунок 6. – Схема расположения сечений при измерении волнистости рабочей фаски седла клапана



а – неремонтопригодное седло клапана; *б* – седло клапана, подлежащее восстановлению

Рисунок 7. – Профилограммы волнистости рабочей фаски изношенных поверхностей

Таблица 2. – Результаты измерений макронеровностей для 32 седел клапанов

Шифр детали	δ, мкм	Шифр детали	δ, мкм	Шифр детали	δ, мкм	Шифр детали	δ, мкм	Шифр детали	δ, мкм	Шифр детали	δ, мкм
1-1	73	6-2	15	11-3	-7	17-1	119	22-2	-28	27-3	22
1-2	68	6-3	17	12-1	44	17-2	130	22-3	-20	28-1	64
1-3	66	7-1	37	12-2	25	17-3	125	23-1	66	28-2	67
2-1	61	7-2	39	12-3	29	18-1	111	23-2	69	28-3	71
2-2	55	7-3	44	13-1	145	18-2	120	23-3	75	29-1	114
2-3	61	8-1	39	13-2	132	18-3	109	24-1	102	29-2	109
3-1	78	8-2	33	13-3	167	19-1	43	24-2	104	29-3	107
3-2	88	8-3	59	14-1	77	19-2	55	24-3	111	30-1	99
3-3	59	9-1	11	14-2	67	19-3	57	25-1	99	30-2	93
4-1	-134	9-2	19	14-3	88	20-1	91	25-2	91	30-3	96
4-2	-121	9-3	27	15-1	96	20-2	99	25-3	96	31-1	-7
4-3	-176	10-1	2	15-2	91	20-3	101	26-1	34	31-2	-11
5-1	55	10-2	13	15-3	-1	21-1	70	26-2	37	31-3	-6
5-2	29	10-3	1	16-1	66	21-2	75	26-3	44	32-1	44
5-3	22	11-1	-11	16-2	69	21-3	79	27-1	21	32-2	47
6-1	37	11-2	-30	16-3	75	22-1	-31	27-2	24	32-3	47

Примечание. Первая цифра маркировки шифра означает номер седла, вторая – номер его измеряемого сечения. δ – величина макронеровностей, мкм.

Для постановки окончательного диагноза о ремонтпригодности каждого седла круглограммы и профилограммы оцифровывались с помощью системы автоматизированного проектирования «Компас». Полученный массив данных в виде координат точек обрабатывался посредством программного обеспечения «MathCad» разработанным ранее и дающим возможность описать геометрическую 3D-модель изношенного седла методом интерполирования, сравнить ее с номинальной и сделать вывод о целесообразности проведения восстановительного ремонта.

Заключение. Представленные в работе практические методы дефектации позволяют исключить фактор субъективности постановки объективного диагноза с требуемой точностью при оценке состояния изношенных поверхностей седел клапанов в восстановительных ремонтах ГРМ авторемонтного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Теоретический курс. – Ростов на/Д: Феникс, 2004. – 288 с.
2. Коробейник А.В. Ремонт автомобилей. Практический курс. – Ростов на/Д: Феникс, 2004. – 512 с.

3. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. – М.: За рулем, 1999. – 440 с.
4. Ремонт автомобілів. Кн. 1 / В.Я. Чабанний, С.О. Магопєць, О.Й. Мажейка та інш.; за ред. В.Я. Чабанного. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
5. Технология производства и ремонта автомобилей: учеб. пособие / В.К. Ярошевич, А.С. Савич, В.П. Иванов. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2008. – 640 с.
6. Carlson R.E., Foley T.A. The parameter R2 in multiquadric interpolations // *Comp. Math. Applic.* – 1991. – Vol. 21, Iss. 9. – P. 29–42. DOI: 10.1016/0898-1221(91)90123-L
7. Hardy R.L. Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces // *J. Geophys. Res.* – 1971. – 76. – P. 1905–1915. DOI: 10.1029/JB076i008p01905
8. Жарий Я.В., Веремей Г.А. Модель оптимизации процесса дефектации седел клапанов газораспределительного механизма при восстановительном ремонте // *Вісн. Чернігів. держ. технол. ун-ту. Сер. Техн. науки.* – 2014. – № 2 (73). – С. 62–69.

REFERENCES

1. Korobeinik, A.V. (2004). *Remont avtomobilei. Teoreticheskii kurs*. Rostov-on-Don: Feniks. (In Russ.)
2. Korobeinik, A.V. (2004). *Remont avtomobilei. Prakticheskii kurs*. Rostov-on-Don: Feniks. (In Russ.)
3. Khrulev, A.E. (1999). *Remont dvigatelei zarubezhnykh avtomobilei*. Moscow: Za rulem. (In Russ.)
4. Chabannii, V.Ya., Magopets', S.O., Mazheika, O.I., Kropivnii, V.M., Vasilenko, I.F., Shepelenko, I.V. & Pavlyuk-Moroz, V.A. (2007). *Remont avtomobiliv. Kniga 1*. Kirovograd: Kirovograds'ka raionna drukarnya. (In Ukrainian)
5. Yaroshevich, V.K., Savich, A.S. & Ivanov, V.P. (2008). *Tekhnologiya proizvodstva i remonta avtomobilei*. Minsk: Adukat-syya i vykhavanne. (In Russ.)
6. Carlson, R.E. & Foley, T.A. (1991). The parameter R2 in multiquadric interpolations. *Comp. Math. Applic.*, 21 (9), 29–42. DOI: 10.1016/0898-1221(91)90123-L
7. Hardy, R.L. (1971). Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces. *J. Geophys. Res.*, (76), 1905–1915. DOI: 10.1029/JB076i008p01905
8. Zharii, Ya.V. & Veremei, G.A. (2014). Model' optimizatsii protsessu defektatsii sedel klapanov gazoraspre-delitel'nogo mekhanizma pri vosstanovitel'nom remonte. [Model for optimizing the process of fault detection of valve seats of the gas distribution mechanism during refurbishment]. *Visnik Chernigivs'kogo derzhavnogo tekhnologichnogo universitetu. Ser. Tekhnichni nauki* [Bulletin of the Chernigiv State Technological University. Series Technical sciences], 2 (73), 62–69. (In Russ., abstr. in Engl.)

Поступила 03.01.2023

**PRACTICAL METHODS OF THE VALVE SEATS WEAR ASSESSING
IN THE FLOW DEFLECTION PROCESS**

G. VEREMEY

(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

The actual issue of obtaining objective results when assessing the state of the valve seats worn surfaces of the valve timing gear of an internal combustion engine has been considered in this article, as well as the imperfections of existing methods for assessing local and integral wear in the problems of flaw detection during overhauls in vehicle repair industry. The need for a mathematical approach in solving the posed problems has been confirmed by assessing the state of worn surfaces with complex-variable topography due to the developed geometric interpolation 3D model that describes the profile to be restored in the valve seats flaw detection process. Practical methods for assessing the degree of valve seats wear have been offered on the basis of a mathematical 3D model through the introduction of a technique for using circular diagrams and profilograms using precise control and measuring equipment.

Keywords: *overhaul process, machining precision, deviation from roundness, surface roughness, formation process, quality parameters, valve-seats, valve seats worn surfaces, assessing the state of the surfaces, methods and flaw detection process, valve timing gear, vehicle repair industry, control and measuring equipment.*