

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕДЕЛ КЛАПАНОВ

канд. техн. наук, доц. Г.А. ВЕРЕМЕЙ

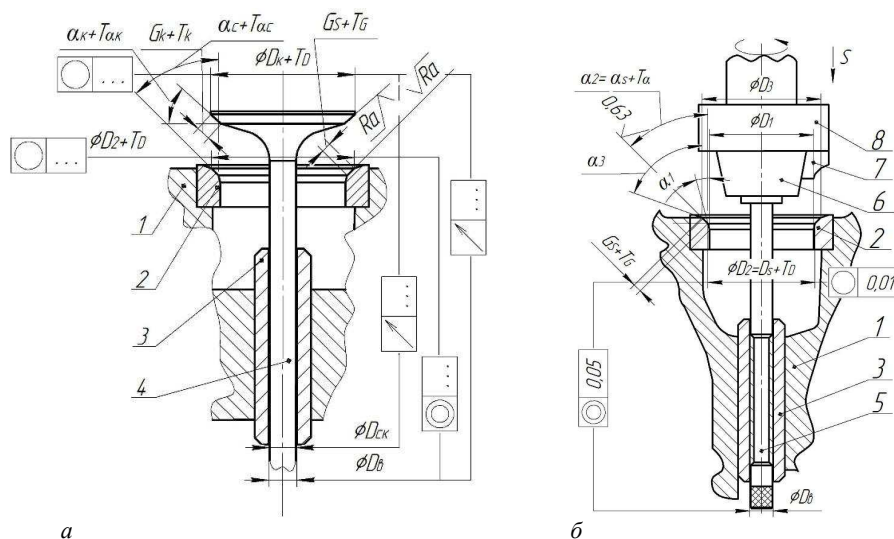
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Изложена методика исследования параметров точности формообразования в процессе обработки седел клапанов газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания в авторемонтном производстве. Практическая реализация данной методики проведена с помощью лазерных триангуляционных датчиков на базе разработанного приспособления для растачивания седел клапанов. Получены экспериментальные зависимости смещения режущего инструмента от различных режимов обработки. Даны практические рекомендации по выбору диапазонов режимов резания для обеспечения требуемых параметров точности при восстановлении седел клапанов.

Ключевые слова: седла клапанов, точность обработки, отклонение от круглости, восстановительный ремонт, лазерные триангуляционные датчики, параметры точности, изношенные поверхности седел клапанов, авторемонтное производство.

Введение. В современном авторемонтном производстве имеет место проблематика обеспечения точности формообразования седел клапанов в процессах восстановления газораспределительного механизма (ГРМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС)^{1,2} [1–4].

От точности формообразования, характеризуемой отклонением от круглости рабочей фаски седла клапана (диаметр D_2), зависят эксплуатационные характеристики ДВС (рисунок 1)^{1,2} [4].



а – сопряжения клапан-седло в ГРМ; **б** – восстанавливаемой рабочей поверхности седла клапана;
1 – блок ДВС; 2 – седло клапана; 3 – втулка клапана; 4 – клапан; 5 – направляющий пилот;
6 – шпindel; 7 – режущий инструмент; 8 – контрольный элемент

Рисунок 1. – Параметры точности

Как показывают исследования, при наличии погрешности формы, превышающей допустимое отклонение от круглости (Δr), имеют место утечки топливовоздушной смеси в результате негерметичности сопряжения клапан-седло в ГРМ, которые приводят к потере мощности двигателя до 10%².

Анализ исследований и публикаций. Накопленный опыт в процессах обработки седел клапанов ГРМ, проработка научных публикаций, официальных источников информации, патентных баз и архивов, а также результаты исследований показали, что обеспечение конструкторски заданного отклонения от круглости Δr технологически в основном производстве достигается за счет обеспечения точности элементов системы СПИД (станок-

¹ Кальченко В.И., Кальченко В.В., Веремей Г.А. Технологические методы достижения точности сопряжения «клапан-седло» в двигателе внутреннего сгорания // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы XIV междунар. науч.-техн. конф. / Севастополь (12–17 сент. 2011 г.). – 2011. – № 121. – С. 18–21.

² Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. – Чернигов, ЧНТУ, 2015. – 183 л.

приспособление-инструмент-деталь) на станках с ЧПУ (числовым программным управлением)^{3,4}[1; 2]. Эксплуатация подобного оборудования в авторемонтном производстве экономически нецелесообразна, т.к. требует применения специальных приспособлений и исследования процесса формообразования рабочей фаски седла клапана практическими методами. Дополнительно был сделан вывод, что в существующих современных восстановительных технологиях седел клапанов отсутствуют практические рекомендации по обеспечению требуемого параметра точности в зависимости от режимов обработки.

Цель работы: разработать методику исследования влияния режимов обработки при восстановлении рабочей поверхности седла клапана на специальном приспособлении для растачивания.

Основная часть. Исследование параметров точности формообразования в процессе обработки седел клапанов осуществлялось с целью проверки адекватности полученных расчетным путем ожидаемых результатов методики планирования эксперимента³. Поскольку в данной работе в задачах не ставился вопрос исследования динамических явлений в процессе восстановления по причине низких скоростей резания малых объемов срезаемого материала, возникла необходимость в проведении эксперимента по выявлению величины смещений шпинделя в зависимости от переменных режимов обработки.

В работе предлагается методика экспериментального исследования влияния различных режимов резания на точность формообразования рабочей фаски седла клапана. Суть методики заключается в контроле величины радиальных перемещений шпинделя в ортогональной плоскости к оси его вращения с помощью лазерных триангуляционных датчиков. Проведение данного эксперимента осуществлялось в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.

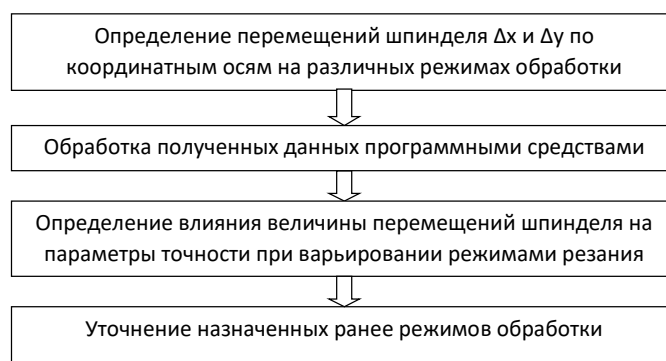


Рисунок 2. – Логическая схема экспериментального исследования

Объектом исследования были выбраны экспериментальные седла клапанов головок блоков 4-цилиндрового 8-клапанного ДВС модели ВАЗ-2108 (рисунок 3), имеющие явные признаки износа в процессе эксплуатации. Седла подвергались процессу дефектации, по результатам которой были сделаны выводы о целесообразности проведения восстановительного ремонта [5].

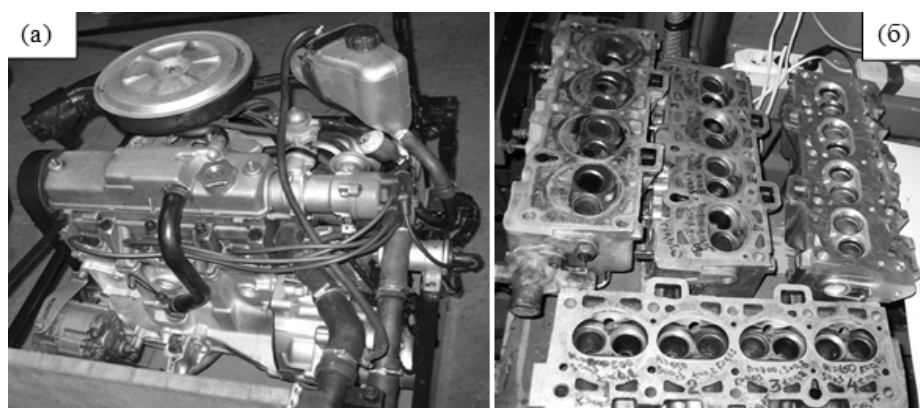
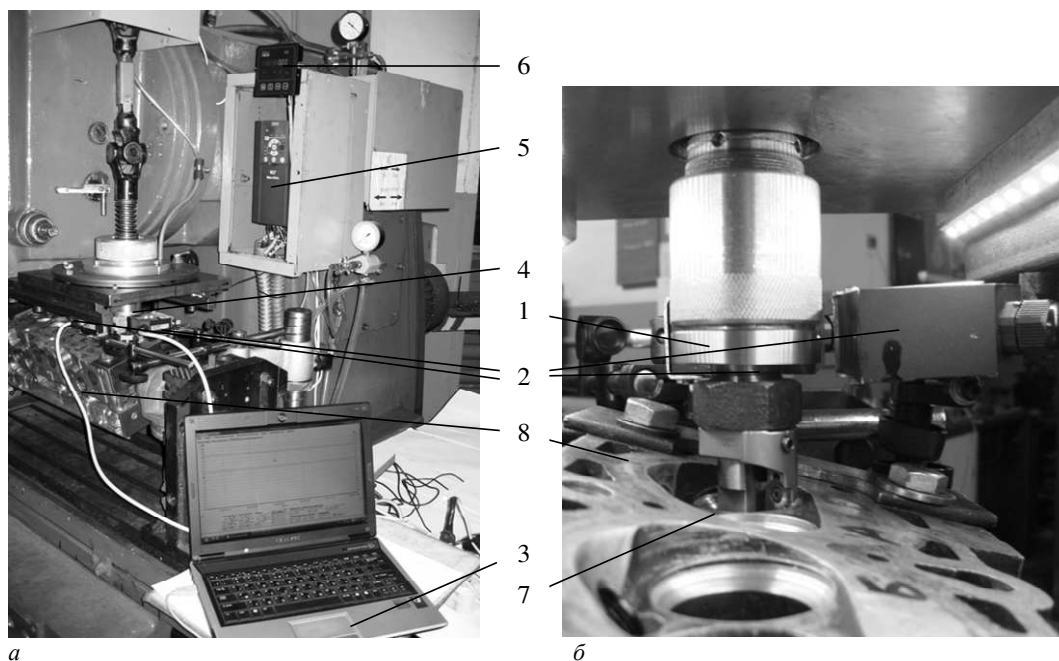


Рисунок 3. – Экспериментальный двигатель (а) и головки блока ВАЗ-2108 (б)

³ Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. – Чернигов, ЧНТУ, 2015. – 183 л.

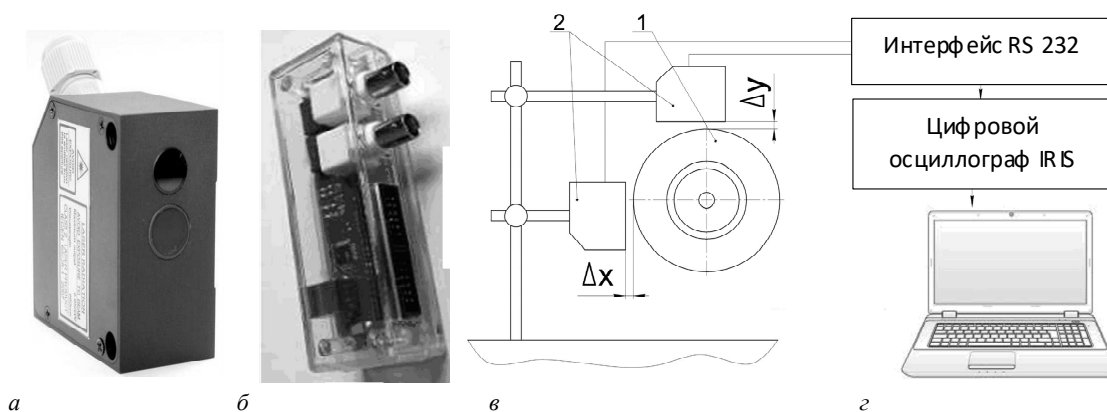
⁴ Кальченко В.И., Кальченко В.В., Веремей Г.А. Технологические методы достижения точности сопряжения «клапан-седло» в двигателе внутреннего сгорания // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: материалы XIV междунар. науч.-техн. конф. / Севастополь (12–17 сент. 2011 г.). – 2011. – № 121. – С. 18–21.

Эксперимент проводился на базе специального технологического оборудования для обработки седел клапанов, разработанного и изготовленного ранее (рисунок 4) [6]. При этом использовался комплекс контрольной аппаратуры (рисунки 5, а, б, в): два бесконтактных триангуляционных лазерных датчика, цифровой осциллограф, ноутбук с программным обеспечением. Схема определения перемещений шпинделя (Δx , Δy) представлена на рисунке 5, в.



1 – контрольный элемент; 2 – лазерные датчики;
3 – компьютер; 4 – шпиндель обрабатывающего приспособления; 5 – электрический вариатор частот;
6 – электронный тахометр; 7 – седло клапана; 8 – блок ДВС

Рисунок 4. – Общий вид комплекса для обработки седел клапанов (а)
и аппаратуры для контроля радиальных перемещений шпинделя (б)



а – лазерные триангуляционные датчики; б – цифровой осциллограф; з – компьютер

Рисунок 5. – Структурная схема подключения датчиков (в) и общий вид измерительного комплекса

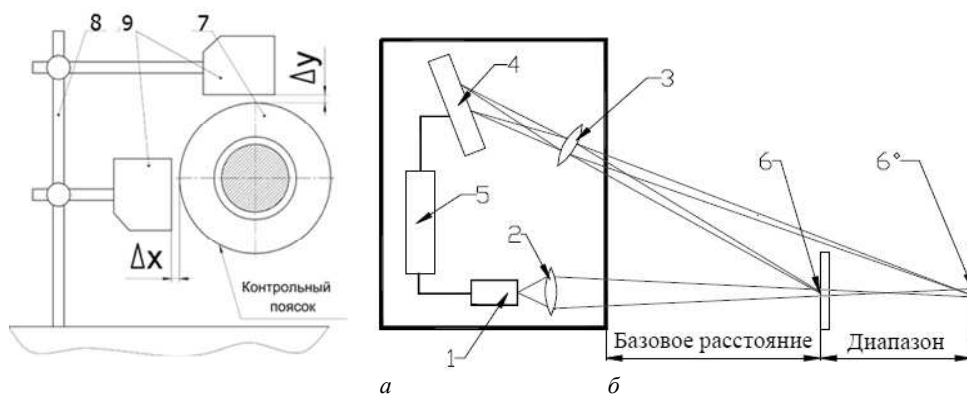
При проведении измерений устанавливалась жесткая изолированная отдельная стойка 8 с двумя бесконтактными триангуляционными лазерными датчиками 1 типа РФ603.2-10 / 2-485-U-IN-AL-CG (рисунок 6, а), расположенными под углом 90° , что соответствует декартовой системе координат. Датчики не требуют усилительных устройств и имеют возможность вывода выходного сигнала как в аналоговой, так и цифровой форме⁵.

⁵ Триангуляционные лазерные датчики. Серия РФ603. Руководство по эксплуатации. – Минск: РИФТЭК, 2011. – 46 с.

Рабочий диапазон датчиков составляет 2 мм, линейность $\pm 0,002$ мм, разрешающая способность 0,2 мкм, максимальная частота дискретизации 9,4 кГц. Регистрация и отображение сигналов с лазерных датчиков реализовывалась с помощью цифрового осциллографа IRIS и ноутбука с программным обеспечением для цифровой обработки сигналов (см. рисунки 5, а, б, з).

Цифровые осциллографы IRIS могут работать в режимах двухканального осциллографа, самописца, 16-канального логического анализатора, 8-канального логического генератора. Максимальная частота дискретизации сигнала регистрируется осциллографом – 100 кГц⁶.

Излучение полупроводникового лазера 1 фокусируется объективом 2 на объекте 6. Рассеянное на объекте излучение объективом 3 собирается на линейке 4. Процессор сигналов 5 рассчитывает расстояние до объекта (контрольного пояса прецизионной оправки) по положению изображения светового пятна на линейке 4 (рисунок 6, б).



1 – лазер; 2, 3 – объективы; 4 – CMOS-линейка; 5 – процессор сигналов; 6 – контролируемый объект; 7 – прецизионная оправка; 8 – установочная стойка; 9 – датчики

Рисунок 6. – Схема установки (а)
и принцип функционирования лазерных триангуляционных датчиков (б)

С целью минимизации влияния отклонений формы контрольного пояса прецизионной оправки 7 на показания измерения датчиков (см. рисунок 6, а) и повышения точности относительного расположения ее основной базы относительно исполнительных поверхностей окончательная обработка оправки проводилась в сборе с валом шпинделя приспособления для растачивания седел клапанов. При этом финишная операция шлифования оправки осуществлялась за один установ с цилиндрической поверхностью вала под подшипники на прецизионном оборудовании, что позволило добиться максимального радиального биения контрольного пояса 1,0 мкм.

Точность взаимного расположения датчиков под углом 90° обеспечивалась совмещением лазерных лучей с рисками на торце контрольного пояса прецизионной оправки 7 (см. рисунок 6, а). Риски наносились с использованием делительной головки с точностью $\pm 0,05^\circ$.

Перед началом каждой серии экспериментов определялись исходные положения x_0 , y_0 , точки отражения лазерного луча каждого из датчиков относительно начала рабочего диапазона S (рисунок 7):

$$x_0 = \frac{U_{0x}}{U_{\max}} S, y_0 = \frac{U_{0y}}{U_{\max}} S, \quad (1)$$

где U_{0x} , U_{0y} – среднеарифметические значения сигнала лазерного датчика при неподвижном шпинделе;
 U_{\max} – максимальное значение выходного сигнала лазерного датчика, $U_{\max} = 10$ В;
 S – рабочий диапазон лазерных датчиков, $S = 2$ мм.

В соответствии со схемой (см. рисунок 1) настраивалось оборудование для обработки и осуществлялся ряд экспериментов по обработке седел клапанов при различных режимах резания n (мин⁻¹) и S (мм/об) с фиксированием лазерными датчиками за определенный промежуток времени дискретного набора значений смещений шпинделя в плоскости, ортогональной оси его вращения. Все эксперименты проводились при одинаковых внешних условиях помех и климата.

⁶ Цифровой осциллограф IRIS. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Киев: Видео Интернет Технологии, 2007. – 12 с.

Результаты измерений записывались в базу данных программного обеспечения осциллографа IRIS в файл формата «.xls», после чего в программе Microsoft Office Excel определялось смещение оси шпинделя в линейных величинах по следующим зависимостям:

$$\Delta x_i = \frac{U_{x_i}}{U_{\max}} S - x_0, \quad \Delta y_i = \frac{U_{y_i}}{U_{\max}} S - y_0, \quad (2)$$

где U_{x_i} , U_{y_i} – сигнал датчика в соответствующий момент времени.

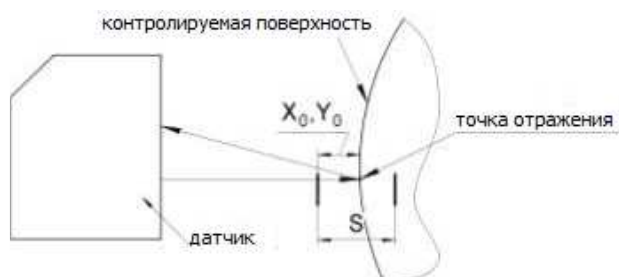


Рисунок 7. – Схема определения начального положения точки отражения лазерного луча

На рисунке 8 приведен результат записи смещений оси шпинделя в неподвижном положении при включенных органах элементов управления станком, построенных с помощью средств Microsoft Office Excel.



Рисунок 8. – Диаграмма смещений неподвижного шпинделя по результатам измерений двух датчиков

При анализе диаграммы (см. рисунок 8) видно, что в силу высокой чувствительности датчиков и присутствия немалого количества шумов и помех из внешней среды при проведении эксперимента полученная погрешность измерений должна быть учтена без учета максимальных выбросов с целью повышения степени объективности получения результатов.

Для получения аппроксимированной оценки погрешности измерений данного высокочувствительного оборудования был проведен дополнительный эксперимент, дающий индикацию реального биения шпинделя Δ в подшипниках (с учетом погрешности формы контрольной оправки вала шпинделя 1 мкм).

В диапазоне частот вращения шпинделя $n = 200 \div 600$ мин⁻¹ при установленном на пояске контрольной оправки индикатора часового типа с ценой деления 0,002 мм, шагом 100 мин⁻¹ наблюдалась тенденция изменения биения шпинделя (рисунок 9). Результаты измерений составили $\Delta_{\min} = 0,002$ мм и $\Delta_{\max} = 0,003$ мм при частотах вращения $n = 200$ мин⁻¹ и $n = 600$ мин⁻¹, соответственно.

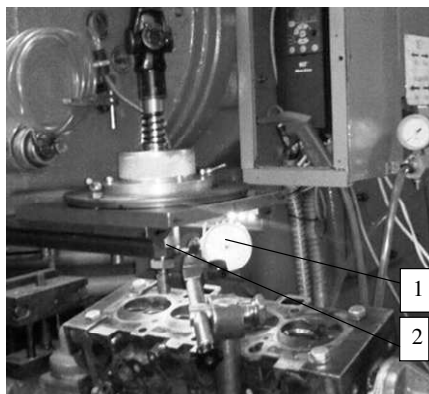
Сделан вывод, что тенденция увеличения биения связана с увеличением центробежной силы, приводящей к изменениям контактной жесткости в соединении вала и подшипников в пределах 1 мкм.

В результате проверки величины биения контрольного пояска при отсутствии вращения вала показание индикатора составило $\Delta_0 < 0,002$ мм. На основании этого для получения корректных данных при исследовании биения шпинделя в процессе резания был принят поправочный коэффициент $f_n = 0,1$, учитывающий погрешность измерений лазерными датчиками.

Дальнейшее проведение исследования смещений шпинделя осуществлялось во время обработки седел клапанов при варьировании показателями режимов резания в пределах, установленных в соответствии с результатами процесса дефектации изношенных седел на основании интерполяционной математической модели в работе⁷ и оптимизационной модели (в зависимости от объемов срезаемого материала)⁸.

⁷ Zharii Y., Veremei N. The geometry mathematical modeling of the overhauled valve-seat surfaces in the valve timing gear // Aviation in the XXI-st century: Materials of the sixth world congress / Kyiv, Ukraine (23–25 сент. 2014 г.). – Киев, 2014. – Р. 17–21

⁸ Веремей Г.А. Задача оптимизации в процессах дефектации и восстановления седел клапанов газораспределительных механизмов // Автомобиле- и тракторостроение: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / Минск (24–27 мая 2019 г.). – Минск: БНТУ, 2019. – Т. 2. – С. 112–117.



1 – индикатор часового типа; 2 – контрольная оправка

Рисунок 9. – Контроль биения шпинделя индикатором с ценой деления 0,002 мм

В соответствии с вшесказанным были установлены следующие диапазоны: $200 \leq n \leq 600$; $0,02 \leq S \leq 0,15$; $0,05 \leq t \leq 1$ (t – глубина резания, мм), а также построена теоретическая зависимость погрешности формы седла клапана от частоты вращения шпинделя и подачи после обработки в среде Math Cad (рисунок 10) по результатам математического моделирования планирования эксперимента⁹.

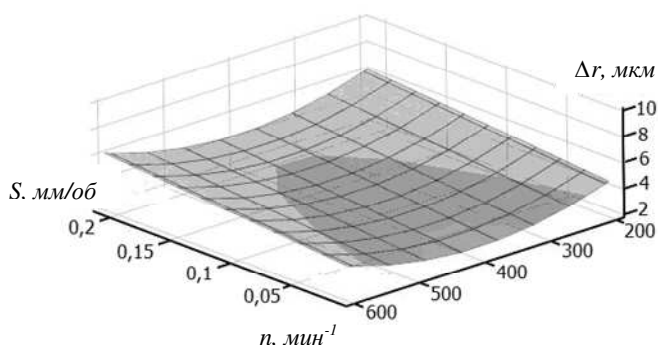


Рисунок 10. – Теоретическая зависимость отклонения формы Δr обработанной поверхности от округлости от режимов резания n и S

Полученные результаты в виде сигналов датчиков U_1, U_2 (таблица 1) были обработаны в среде Microsoft Office Excel по формулам (1) и (2) с учетом коэффициента f_n и выведены в виде графиков зависимостей $\Delta x, \Delta y$ – максимального биения шпинделя от режимов резания n и S (таблица 2).

Таблица 1. – Результаты измерений смещений шпинделя U_1, U_2 лазерными датчиками при различных режимах обработки n и S

$n, \text{мин}^{-1}$ \ $S, \text{мм/об}$	0,02	0,06	0,1	0,14	$f_n, \text{Гц}$
200	$U_1 = 5,62$ $U_2 = 6,96$	$U_1 = 5,12$ $U_2 = 7,16$	$U_1 = 5,37$ $U_2 = 8,77$	$U_1 = 4,68$ $U_2 = 8,50$	50
300	$U_1 = 5,63$ $U_2 = 6,95$	$U_1 = 5,89$ $U_2 = 8,59$	$U_1 = 4,89$ $U_2 = 8,66$	$U_1 = 4,66$ $U_2 = 8,43$	100
400	$U_1 = 5,64$ $U_2 = 6,96$	$U_1 = 5,85$ $U_2 = 8,59$	$U_1 = 4,87$ $U_2 = 8,45$	$U_1 = 4,61$ $U_2 = 8,54$	125
500	$U_1 = 5,51$ $U_2 = 7,00$	$U_1 = 5,82$ $U_2 = 8,62$	$U_1 = 4,63$ $U_2 = 8,47$	$U_1 = 4,63$ $U_2 = 8,57$	167
600	$U_1 = 5,82$ $U_2 = 8,60$	$U_1 = 5,45$ $U_2 = 6,95$	$U_1 = 3,53$ $U_2 = 6,21$	$U_1 = 3,54$ $U_2 = 6,21$	200

⁹ Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. – Чернигов, ЧНТУ, 2015. – 183 л.

Варьирование частоты вращения шпинделя в соответствии с планом эксперимента обеспечивало различную продолжительность обработки деталей. Поэтому для обеспечения одинакового количества измерений за один оборот шпинделя в процессе проведения экспериментов частоту дискретизации сигнала на осциллографе устанавливали пропорционально частоте вращения шпинделя в пределах $f_d = 50\text{--}200$ Гц из расчета обеспечения каждым датчиком 50 измерений за один оборот шпинделя.

Таблица 2. – Графики зависимостей биения $\Delta x, \Delta y$ шпинделя от режимов резания n и S

№ эксперимента	Диаграмма зависимости	№ эксперимента	Диаграмма зависимости
1	<p>$n=200$ об/мин, $S=0,02$ мм/об</p> <p>100 тчк; $f_d = 50$ Гц; t, с</p>	6	<p>$n=300$ об/мин, $S=0,06$ мм/об</p> <p>200 тчк; $f_d = 100$ Гц; t, с</p>
2	<p>$n=200$ об/мин, $S=0,06$ мм/об</p> <p>100 тчк; $f_d = 50$ Гц; t, с</p>	7	<p>$n=300$ об/мин, $S=0,1$ мм/об</p> <p>200 тчк; $f_d = 100$ Гц; t, с</p>
3	<p>$n=200$ об/мин, $S=0,1$ мм/об</p> <p>100 тчк; $f_d = 50$ Гц; t, с</p>	8	<p>$n=300$ об/мин, $S=0,14$ мм/об</p> <p>200 тчк; $f_d = 100$ Гц; t, с</p>
4	<p>$n=200$ об/мин, $S=0,14$ мм/об</p> <p>100 тчк; $f_d = 50$ Гц; t, с</p>	9	<p>$n=400$ об/мин, $S=0,02$ мм/об</p> <p>250 тчк; $f_d = 125$ Гц; t, с</p>
5	<p>$n=300$ об/мин, $S=0,02$ мм/об</p> <p>200 тчк; $f_d = 100$ Гц; t, с</p>	10	<p>$n=400$ об/мин, $S=0,06$ мм/об</p> <p>250 тчк; $f_d = 125$ Гц; t, с</p>

Окончание таблицы 2

№ эксперимента	Диаграмма зависимости	№ эксперимента	Диаграмма зависимости
11	<p>$n=400$ об/мин, $S=0,1$ мм/об</p> <p>250 тчк; $f_d = 125$ Гц; t, с</p>	16	<p>$n=500$ об/мин, $S=0,14$ мм/об</p> <p>330 тчк; $f_d = 167$ Гц; t, с</p>
12	<p>$n=400$ об/мин, $S=0,14$ мм/об</p> <p>250 тчк; $f_d = 125$ Гц; t, с</p>	17	<p>$n=600$ об/мин, $S=0,02$ мм/об</p> <p>400 тчк; $f_d = 200$ Гц; t, с</p>
13	<p>$n=500$ об/мин, $S=0,02$ мм/об</p> <p>330 тчк; $f_d = 167$ Гц; t, с</p>	18	<p>$n=600$ об/мин, $S=0,06$ мм/об</p> <p>500 тчк; $f_d = 200$ Гц; t, с</p>
14	<p>$n=500$ об/мин, $S=0,06$ мм/об</p> <p>330 тчк; $f_d = 167$ Гц; t, с</p>	19	<p>$n=600$ об/мин, $S=0,1$ мм/об</p> <p>500 тчк; $f_d = 200$ Гц; t, с</p>
15	<p>$n=500$ об/мин, $S=0,1$ мм/об</p> <p>330 тчк; $f_d = 167$ Гц; t, с</p>	20	<p>$n=600$ об/мин, $S=0,14$ мм/об</p> <p>500 тчк; $f_d = 200$ Гц; t, с</p>

По результатам измерений (см. таблицу 2) были построены графики зависимостей, соответствующие значениям отклонения от круглости Δr в пределах заданного допуска 0,01 мм (рисунок 11).

При анализе диаграмм (см. таблицу 2) и графиков (см. рисунок 11) видно, что из 20-ти проведенных опытов максимальные смещения шпинделя при обработке поверхностей с подачей $0,02 \div 0,10$ мм/об и в диапазоне частот вращения шпинделя 300–500 мин⁻¹ остаются в пределах допуска на отклонение от круглости, в области частот 500–600 мин⁻¹ и подач $0,10 \div 0,15$ мм/об стремительно приближаются к предельному значению, а при $n > 600$ мин⁻¹ и $S > 0,15$ мм/об экстремально увеличиваются. Данное поведение поясняется, соответственно,

увеличением скорости резания V , сил резания, влиянием растущей центробежной силы и присутствием статического дисбаланса вала шпинделя¹⁰.

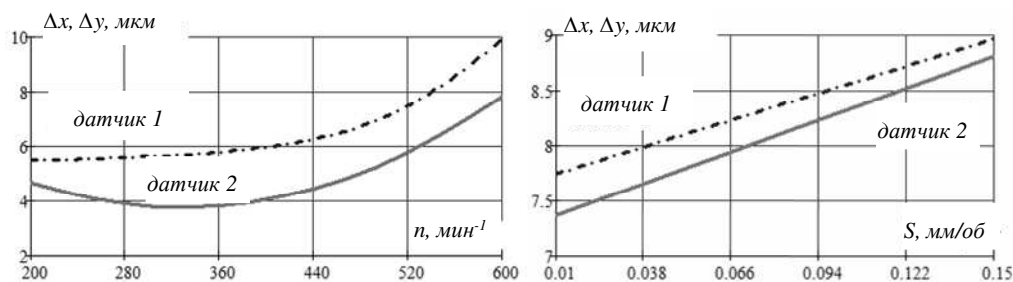


Рисунок 11. – Графики зависимостей биения Δx , Δy шпинделя от режимов резания n и S

Для седел клапанов, обработанных в указанных диапазонах, было определены отклонения от круглости¹⁰, которые подверглись обработке с помощью программного обеспечения MathCad и Компас, и представлены в виде графиков зависимости Δr от режимов резания n и S (рисунок 12).

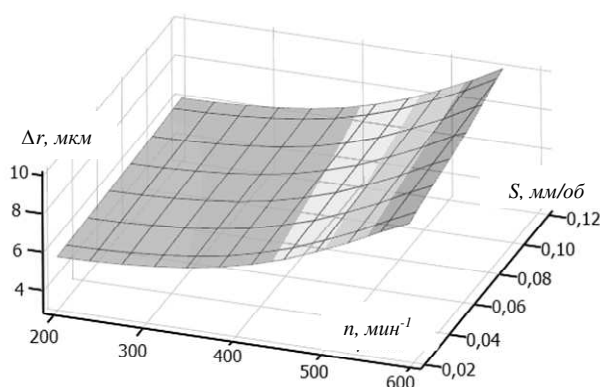


Рисунок 12. – Экспериментальная зависимость отклонения формы Δr обработанной поверхности от округлости от режимов резания n и S

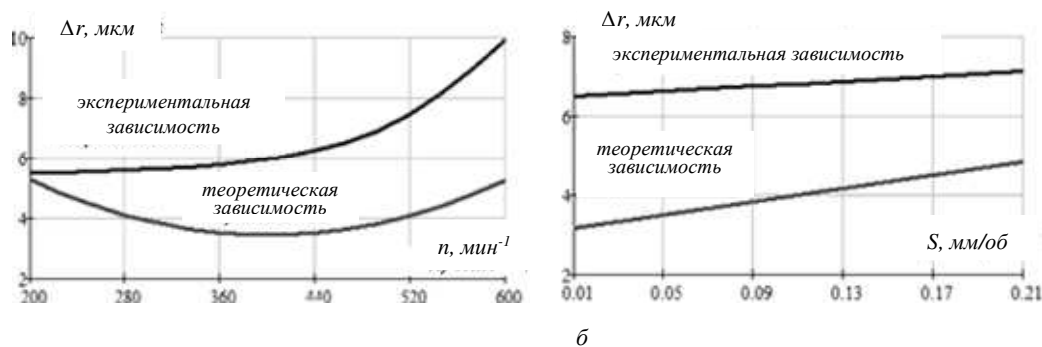


Рисунок 13. – Сравнение теоретических и экспериментальных зависимостей отклонения формы Δr обработанной поверхности от округлости от частоты вращения шпинделя n (а), подачи шпинделя S (б)

С целью обеспечения требуемых результатов в пределах установленного допуска при контроле обработанных поверхностей седел диапазоны режимов обработки были скорректированы: $n = 300\text{--}600$ мин⁻¹, $S = 0,02\text{--}0,12$ мм/об.

Адекватность полученных математическим моделированием зависимостей подтверждается сравнением экспериментальных результатов с теоретическими (см. рисунок 13). Расхождение между моделируемыми и практическими значениями находится в пределах от 10 до 20%.

¹⁰ Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. – Чернигов, ЧНТУ, 2015. – 183 л.

Глубина резания в соответствии с выводами, полученными при планировании эксперимента, считается малозначимым переменным фактором, зависящим от степени износа седла и может быть принята максимальной ($t_{\max} = 1$ мм) как постоянная величина в случае обработки новой заготовки (см. матрицу планирования эксперимента)¹¹.

Заключение. Предложенная и экспериментально реализованная методика определения величины смещения шпинделя в плоскости ортогональной его оси вращения с помощью лазерных триангуляционных датчиков позволила исследовать и практически определить влияние режимов резания на погрешность формы при восстановлении седел клапанов.

Анализ найденных зависимостей в результате проведенного исследования позволяет сделать практические рекомендации для обеспечения значений отклонения от округлости седел клапанов в пределах 5,5–10 мкм: значения частоты вращения и подачи шпинделя должны составлять, соответственно, 300–600 мин⁻¹ и 0,02–0,15 мм/об. Глубина резания на отклонение от округлости практически не влияет в указанных выше диапазонах частот и подач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропов Б.С., Артемьев В.А., Бойков Д.В., Комарова Г.А. Оценка герметичности впускного тракта двигателя по результатам анализа моторного масла // Двигателестроение. – 1991. – № 2(146). – С. 23–24.
2. Балюк Б.К., Божко А.Е. Надежность механизмов газораспределения быстроходных дизелей. – М.: Машиностроение, 1979. – 156 с.
3. Виноградов В.М. Технологические процессы ремонта автомобилей: учеб. пособие. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2009. – 384 с.
4. Ярошевич В.К., Савич А.С., Иванов В.П. Технология производства и ремонта автомобилей. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 591 с.
5. Веремей Г.А. Практические методы оценки износа седел клапанов в процессе дефектации // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Пром-сть. Приклад. науки. – 2023. – № 1(47). – С. 71–76.
6. Веремей Г.А. Усовершенствование оборудования для восстановительного ремонта седел клапанов в газораспределительных механизмах // Вестн. инженер. акад. Украины. – 2014. – № 2. – С. 37–41.

REFERENCES

1. Antropov, B.S., Artem'ev, V.A., Boikov, D.V. & Komarova, G.A. (1991). Otsenka germetichnosti vpusknogo trakta dvigatelya po rezul'tatam analiza motornogo masla [Evaluation of the engine inlet port tightness on motor oil analysis results]. *Dvigatelistroenie*, 2(146), 23–24. (In Russ., abstr. in Engl.)
2. Balyuk, B.K. & Bozhko, A.E. (1979). *Nadezhnost' mekhanizmov gazoraspredeleniya bystrokhodnykh dizelei*. Moscow: Mashinostroenie. (In Russ.)
3. Vinogradov, V.M. (2009). *Tekhnologicheskie protsessy remonta avtomobilei: ucheb. posobie*. Moscow: Akademiya, 2009. (In Russ.)
4. Yaroshevich, V.K., Savich, A.S. & Ivanov, V.P. (2011). *Tekhnologiya proizvodstva i remonta avtomobilei*. Minsk: Adukat-syya i vykhavanne. (In Russ.)
5. Veremei, G.A. (2023). Prakticheskie metody otsenki iznosa sedel klapanov v protsesse defektatsii [Practical methods of the valve seats wear assessing in the flow deflection process]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki [Herald of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Science]*, 1(47), 71–76. (In Russ., abstr. in Engl.)
6. Veremei, G.A. (2014). Usovershenstvovanie oborudovaniya dlya vosstanovitel'nogo remonta sedel klapanov v gazoraspre-delitel'nykh mekhanizmax [Improvement of equipment for the restoration of valve seats in gas distribution mechanisms]. *Vestnik inzhenernoi akademii Ukrainy [Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine]*, (2), 37–41. (In Russ., abstr. in Ukrainian, in Engl.)

Поступила 05.01.2024

METHODOLOGY FOR STUDYING ACCURACY PARAMETERS IN THE PROCESS OF RESTORING THE VALVE SEATS

G. VEREMEI

(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

In this article a methodology for researching the parameters of forming in the process of processing valve seats of an internal combustion engine valve timing gear in an automobile repair industry was described.

The practical implementation of this methodology was carried out using laser triangulation sensors based on the developed device for boring valve seats. Experimental dependences of the cutting tool displacement on various processing modes were obtained. Practical recommendations were made on the selection of cutting mode ranges to ensure the required precision parameters when restoring valve seats.

Keywords: valve seats, precision of processing, deviation from roundness, overhaul, laser triangulation sensors, precision parameters, worn valve seat surfaces, auto repair industry.

¹¹ Веремей Г.А. Повышение эффективности процесса восстановления седел клапанов в авторемонтном производстве: дис. ... канд. техн. наук. – Чернигов, ЧНТУ, 2015. – 183 л.