

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология автоматизированного машиностроения

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Методика расчета параметров микрорельефа для финишной  
обработки блока цилиндров мотора 11186

Студент	<u>Г.В. Кожевников</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.А. Гуляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., доцент Н.М. Бобровский \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов. \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. Литературный обзор .....	7
1.1 Технологическая операция хонингование .....	7
1.1.1 Суть хонингования .....	7
1.1.2 Виды хонингования .....	10
1.1.3 Технические требования ПАО «АВТОВАЗ» на обработанные поверхности блока цилиндров .....	12
1.2 Параметры шероховатости поверхности .....	14
1.3 Стандарты параметров шероховатости в России.....	16
1.4 Стандарты параметров шероховатости в мире .....	17
1.5 Методы измерения шероховатости.....	18
1.5.1 Уровень подготовки и проведения измерений.....	18
1.5.2 Отсечка шага.....	19
1.5.3 Применение фильтров.....	21
1.5.4 Измерительный датчик .....	22
1.5.5 Преобразователь .....	23
1.5.6 Опора.....	25
1.5.7 Калибровка.....	28
1.6 Приборы для измерения шероховатости .....	31
1.6.1 Классификация.....	31

1.6.2 Измерительные приборы.....	33
ГЛАВА 2. Объект исследования и его характеристики .....	37
2.1 Производственные испытания двигателя .....	37
2.2 Влияние сил трения на работу двигателя .....	43
2.2.1 Поршневая группа.....	43
2.2.2 Элементы поршневой группы .....	43
2.2.3 Поршень.....	44
2.2.4 Поршневые кольца.....	45
2.2.5 Снижение потерь приходящихся на трение.....	50
ГЛАВА 3. Проведение испытаний .....	51
3.1 Параметры микрогеометрии зеркала цилиндров.....	51
3.1.1 Мировой опыт.....	51
3.1.2 Кривая Аббота-Файрстоуна.....	51
3.2 Методика получения поверхности с требуемым значением параметра шероховатости.....	56
3.2.1 Проблематика.....	56
3.2.2 Доработка режимов обработки рабочих поверхностей БЦ.....	57
3.2.3 Изменение материала маслосъемных колец .....	58
3.2.4 Параллельная финишная обработка рабочих поверхностей БЦ и маслосъемных колец .....	58
3.2.5 Преимущества и недостатки .....	59
ГЛАВА 4. Экономическая часть.....	62

4.1 Экономическое обоснование исследования.....	62
4.2 Количество обращений потребителей в период гарантии .....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	71

## ВВЕДЕНИЕ

Двигатель это главный элемент автомобиля, от него зависит работоспособность остальных элементов, обеспечивающих комфорт и безопасность водителя.

От надежности и долговечности данного узла зависит экономическая эффективность автомобильного предприятия. Следовательно, повышение надежности, работоспособности и экономичности является стратегической задачей предприятия. Это требуется для того чтобы снизить затраты компании на ремонт и послепродажное обслуживание автомобиля в период гарантии.

Одним из наиболее нагруженных элементов является система поршень + маслосъемные кольца и поверхность блока цилиндров. Неудивительно, что от правильно подобранной технологии изготовления и назначения параметров поверхностей зависит эффективная работа узла.

В данной работе объектом исследования является блок цилиндров двигателя 11186. Объем двигателя 1,6 литра, количество клапанов – 8. Данная деталь изготавливается на предприятии ПАО «АВТОВАЗ» из чугуна марки Gh 190B.

Целью данной работы является:

- Проведение анализа влияния параметра шероховатости на показатель износостойкости пары «цилиндр – маслосъемные кольца»;

Задачи данной работы:

- Определение эффективного метода получения расчётного параметра микрорельефа поверхности после финишной обработки;
- Проведение анализа методов измерения параметров микрогеометрии поверхности;
- Проведение экспериментального сравнения способов измерения;

- Проведение анализа параметров микрогеометрии рабочей поверхности «зеркала цилиндров» двигателя 11186 и его зарубежных аналогов;
- Проведение анализа способов получения микрорельефа поверхности, их плюсы и минусы, а также перспективы применения технологии.

# ГЛАВА 1. Литературный обзор

## 1.1 Технологическая операция - хонингование

### 1.1.1 Суть хонингования

В современном машиностроении существует потребность в получении поверхностей с высокими требованиями к значениям параметров шероховатости и точности их геометрических размеров.

В автомобильной промышленности наиболее ответственным этапом изготовления является производство двигателя внутреннего сгорания. При этом требования, предъявляемые к наиболее ответственным поверхностям (отверстия блока цилиндров, гильз цилиндров), предполагают применении высокопроизводительного и точного метода обработки.

Для обработки внутренних цилиндрических поверхностей блока цилиндров в качестве финишной операции применяют такой вид абразивной обработки, как хонингование, а именно плато-хонингование.

Данный вид высокоточной абразивной обработки позволяет получить внутренние цилиндрические и конические отверстия с отклонением от цилиндричности до 5 мкм и значением параметров шероховатости поверхности в диапазоне  $(0,63 \div 0,04)$ .

Формообразование поверхности происходит за счет возвратно-поступательного движения хона (рабочая часть), при постоянном давлении брусков абразива на обрабатываемую поверхность. В результате обработки на поверхности остается так называемая «хонинговочная сетка», это сеть расположенных под определённым углом друг к другу бороздок, полученных при движении абразивных блоков (Рисунок 1.1).

Так как процесс хонингования можно рассматривать как сумму процессов микрорезания детали абразивными зёрнами, то полученная поверхность зеркала цилиндра будет иметь высокую степень неоднородности. Данная степень зависит от формы, размеров и

концентрации абразивных зерен в абразивном блоке. Кроме того, в следствии микроразрушения абразивного блока часть зерен внедряется в структуру обрабатываемой поверхности, что является недопустимым. Следовательно, после финишной операции требуется проведение операции по удалению оставшихся зерен.

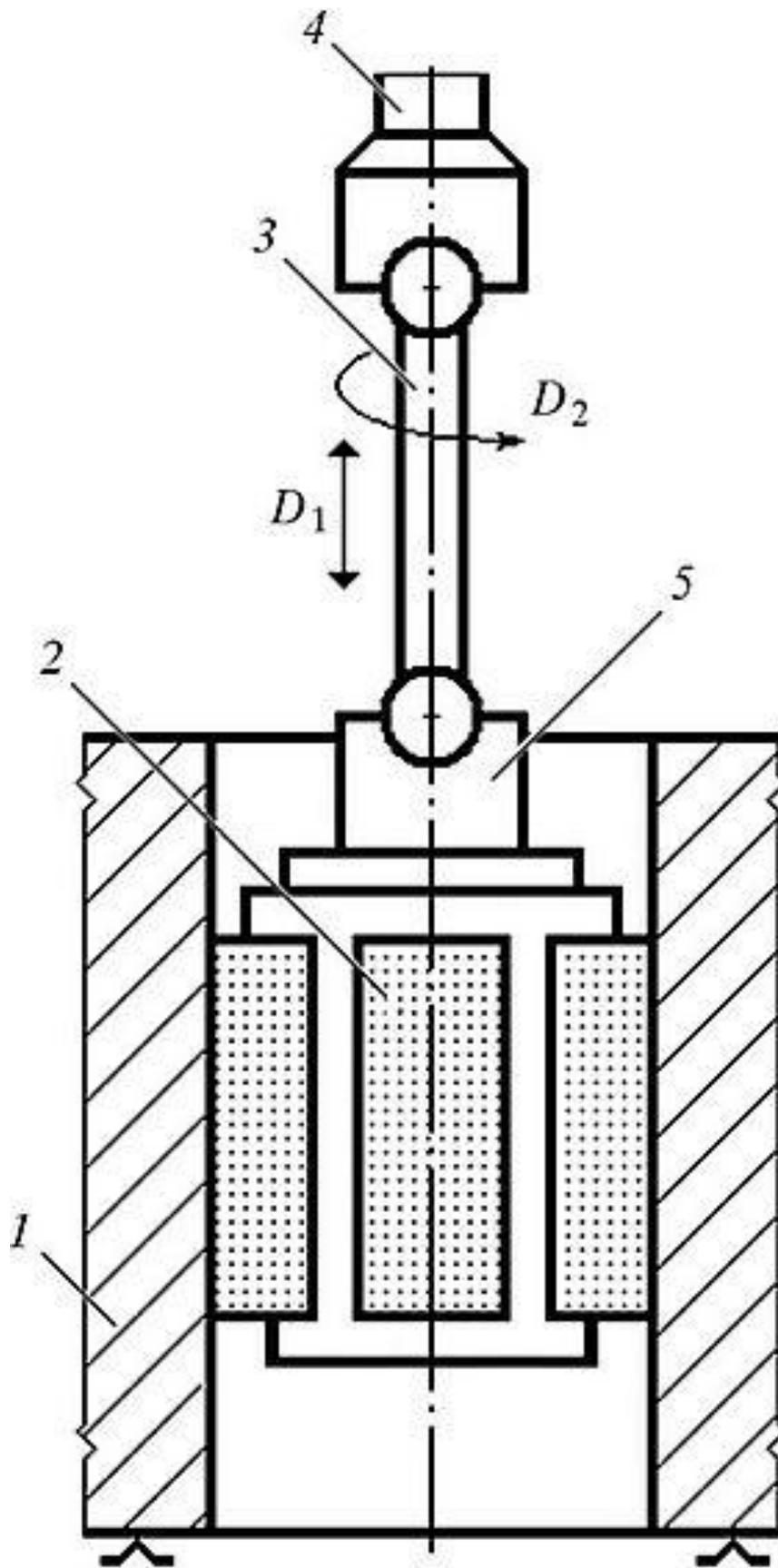


Рисунок 1.1 - Процесс хонингования.

### 1.1.2 Виды хонингования

Проанализировав различные виды технологической операций хонингование, была составлена условная схема классификации (Рисунок 1.2).

В данной работе будет рассмотрена технология финишной обработки сквозных цилиндрических отверстий блока цилиндров.

На предприятии ПАО «АВТОВАЗ» в качестве финишной операции для данных поверхностей применяется платовершинное хонингование с применением охлаждающей жидкости без дополнительного воздействия.

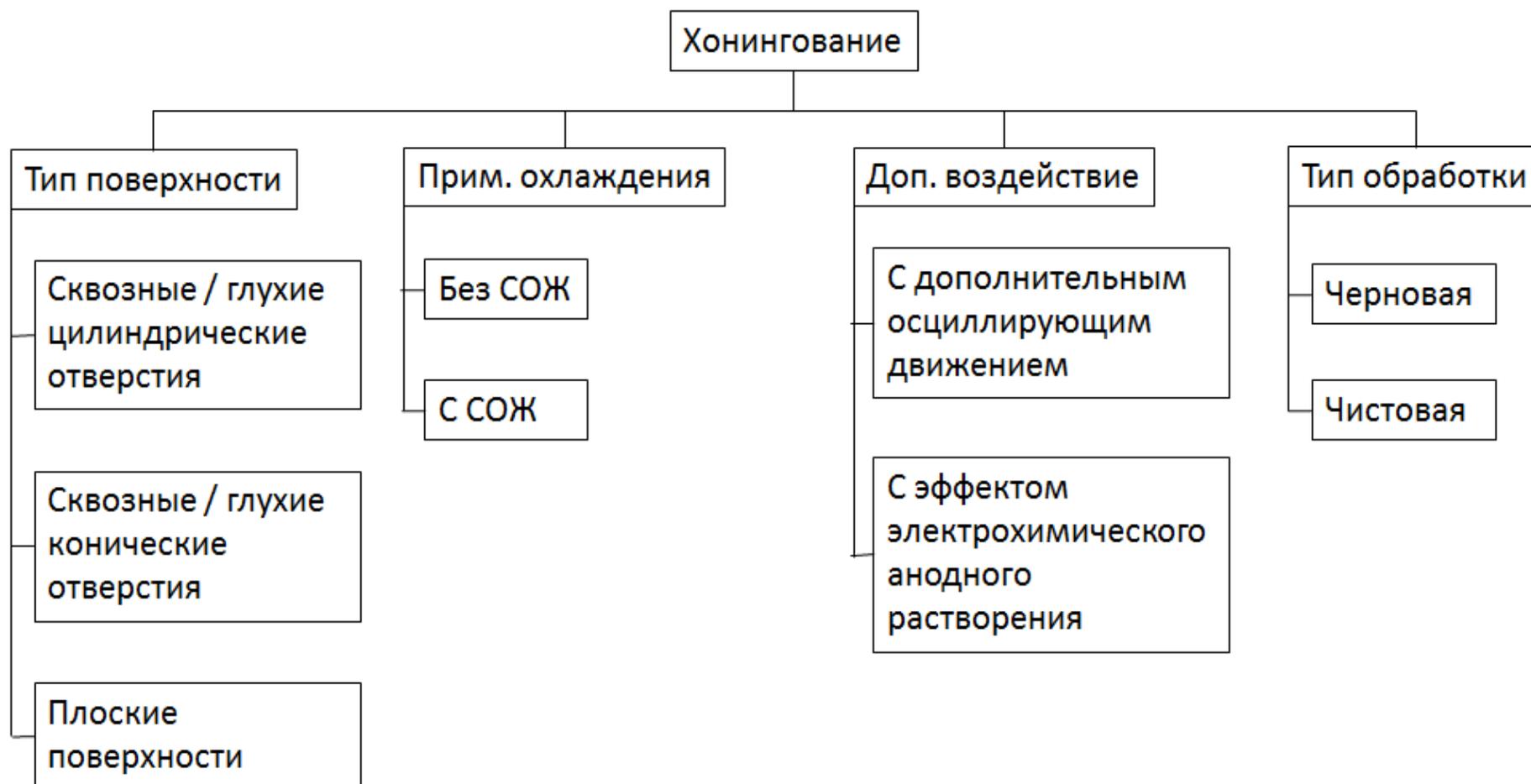


Рисунок 1.2 - Виды хонингования

### 1.1.3 Технические требования ПАО «АВТОВАЗ» на обработанные поверхности блока цилиндров

Блок цилиндров 8 клапанного двигателя 11186 объемом 1,6 литра изготавливается из чугуна марки Gh 190B. Механические свойства материала:  $HB=225\pm 10$ ;  $\sigma_b \pm \Delta\sigma_b = 315 \pm 90$ . Химический анализ материала представлен на Рисунке 1.3, а особенности микроструктуры на Рисунке 1.4.

Чугун (марка или условный номер)	Содержание элементов, %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Sn	Mo	V	Al	Ti	Fe
Gh190	3,15	1,99	0,55	0,028	0,022	0,16	0,09	0,57	0,013	0,005	0,005	0,001	0,015	основа

Рисунок 1.3 - Химический анализ чугуна марки Gh 190B.

Чугун (марка или условный номер)	Структура (по ГОСТ 3443-87)**	MnS, % <sub>об</sub> *
Gh190	ПГф1 – (ПГр1 – ПГд90...180; ПГр7, 8) – Пт1 – П – ПД0,3...1,0	0,060

\*) Рассчитано по стехиометрическому соотношению.  
 \*\*) ПГф1 – пластинчатая прямолинейная форма графита;  
 ПГр1 – равномерное распределение графита;  
 ПГр7 – розеточное распределение графита;  
 ПГр8 – междендритное распределение графита (без преимущественного распределения);  
 ПГр9 – междендритное распределение графита (с преимущественным распределением);  
 ПГд – длина графитных включений, мкм;  
 Пт1 – перлит пластинчатый;  
 П – площадь, занятая перлитом в металлической основе, %; (например, П92: 92±2% перлита + 8±2% феррита);  
 ПД – расстояние между пластинами цементита (дисперсность пластинчатого перлита), мкм.

Рисунок 1.4 - Особенности микроструктуры чугуна марки Gh 190B.

Технические требования на основные поверхности блока цилиндров представлены на Рисунке 1.5.

1. Твердость  $\geq 200$  HB.
2. \* Размеры для справок.
3. \*<sup>1</sup> Размеры до резьбовых отверстий.
4. \*<sup>2</sup> Размеры до осей установочных отверстий.
5. \*<sup>3</sup> Размеры от оси  $M_2$ .
6. \*<sup>4</sup> Размеры от оси отверстий коренных опор  $Z_2$  (лист 4).
7. Размер от общей плоскости поверхностей  $\Phi_2$  и  $\Psi_2$  (лист 2) до плоскости  $H_2$  (лист 1) 33 мм, до поверхности  $P_2$  (лист 2) 66 мм.
8. Неуказанные литейные радиусы 4 мм.
9. Неуказанные литейные уклоны  $1^\circ$ .
10. Неуказанная толщина стенок и рёбер  $4_{-0,5}^{+1,0}$  мм.
11. Неуказанные предельные отклонения по СТП 37.101.9677-88.
12. Обработку по размерам в квадратных скобках (лист 4) производить совместно с деталями 2108-1005140, 2108-1005145, 2108-1005146, 2108-1005147, 2108-1005148.

### Рисунок 1.5 - Технические требования на основные поверхности блока цилиндров

Требуемые значения параметров шероховатости «зеркала блока цилиндров» (Рисунок 1.6)

14. Микрорельеф рабочей поверхности цилиндров должен соответствовать кривой "Аббота" на диаграмме со следующими показателями шероховатости:  $Rpk < 0,4$  мкм,  $Rk = 0,2 \dots 1,3$  мкм,  $Rvk = 0,8 \dots 2,4$  мкм.
15. Ширина рисок от хонингования должна быть равномерной и не более 0,1 мм. Угол между рисками  $45^\circ \pm 5^\circ$ .
16. Процент вскрытия графитовых зёрен на поверхности цилиндров должен быть не менее 25 % (уточняется по результатам пусконаладочных работ).

Рисунок 1.6 - Технические требования на поверхности зеркала цилиндра.

И вышеперечисленного следует, что блок цилиндров – это технологически сложная деталь, полученная в ходе трудоемкого процесса.

При этом совокупность всех условий (технологических требований) позволяет получить высокоточную деталь, способную выполнять заложенные требования.

## 1.2 Параметры шероховатости поверхности

При производстве деталей с высокоточными рабочими поверхностями наибольшее значение имеет параметр получаемой шероховатости поверхности [1].

И не случайно именно этому параметру уделяется столько внимания. Так как в зависимости от значения шероховатости определяются функциональные свойства будущей детали [2]. Например, качество сопряжения поверхностей или посадки деталей. Кроме того, при помощи данного параметра можно получить требуемые значения износостойчивости поверхности и ее контактной прочности. Также, от шероховатости будет зависеть светоотражательная способность поверхностей и их теплопередача. Немаловажным свойством является фрикционная способность или обработанной поверхности удерживать смазочный состав.

Для получения требуемых функциональных свойств поверхности требуется подобрать оптимальные значения технических требований. А затем, при помощи этой информации назначить соответствующее оборудование и инструмент [3].

В настоящее время для корректного нормирования поверхностей используют специальные стандарты (ГОСТ - для России; ИСО - для Евросоюза, ASME – для Соединенных Штатов Америки). Кроме того, на отдельных предприятиях существует собственная, уникальная, система стандартов (стандарты предприятия), разработанная под технологию и специфику производства [4].

В России стандартом нормирования шероховатости поверхностей является ГОСТ 2789-73 (с правкой от 2017 года).

В данном стандарте установлено шесть основных параметров шероховатости:

- 1)  $R_a$  – Среднее арифметическое отклонение профиля, получаемое как среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины;
- 2)  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам, получаемое как сумма средних значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин в пределах базовой длины;
- 3)  $R_{max}$  – наибольшая высота профиля, получаемое как расстояние между линией выступов профиля и линией впадин в пределах базовой длины;
- 4)  $S_m$  – средний шаг неровностей профиля, получается как среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины;
- 5)  $S$  – средний шаг местных выступов профиля, как среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины;
- 6)  $T_r$  – Относительная опорная длина профиля, как отношение опорной длины профиля к базовой длине.

### 1.3 Стандарты параметров шероховатости в России.

В нашей стране работы по созданию документа устанавливающего стандарт качества поверхности детали начались в первой половине 20-го века и непрерывно улучшались и корректировались (Таблица 1).

При этом данный государственный стандарт является, в настоящий момент, основным документом, устанавливающим определения и пути расчета параметров микрорельефа поверхности [5].

Таблица 1 - Изменение стандартов шероховатости в России.

№ Док-та	Год создания	Кол-во параметров	Классификация	Изменения
ОСТ ВКС 7540	1928	1 (визуальная оценка поверхности)	4 группы чистоты поверхности	-
ГОСТ 2789-45	1945	2 ( $H_{ck}, H_{max}$ )	4 группы чистоты поверхности, 14 классов чистоты	Добавлены оценочные параметры, переработана классификация групп чистоты, добавлены 14 классов чистоты
ГОСТ 2789-51	1952	2 ( $H_{ck}, H_{cp}$ )	4 группы чистоты поверхности, 14 классов чистоты	Откорректированы оценочные параметры
ГОСТ 2789-59	1959	2 ( $R_a, R_z$ )	4 группы чистоты поверхности, 14 классов чистоты	Введены дополнительные параметры шероховатости
ГОСТ 2789-73	1973	6 ( $R_a, R_z, R_{max}, S, S_m, t_p$ )	4 группы чистоты поверхности, 14 классов чистоты	Откорректированы требования для параметров высот неровностей, добавлены параметры описывающие шаг неровностей и площадь контакта опорной длины к базовой длине.
ГОСТ 2789-17	2017	6 ( $R_a, R_z, R_{max}, S, S_m, t_p$ )	4 группы чистоты поверхности, 14 классов чистоты	Откорректирована терминология и определения и определения некоторых терминов

## 1.4 Стандарты параметров шероховатости в мире

При рассмотрении мировых достижений в области нормирования и измерения параметров микрогеометрии следует обратиться к стандарту ИСО 4287-2014.

Аналогом данного стандарта в российской базе метрологических документов является ГОСТ 2789-2017.

Данный стандарт устанавливает основные определения и способы расчета параметров шероховатости поверхности [6].

Проанализировав и обобщив историю изменения данного стандарта, были получены следующие данные (Таблица 2).

Таблица 2 - Изменение стандартов шероховатости в мире (ИСО 4287-2014)

№ Док-та	Год создания	Кол-во параметров	Изменения
ИСО 4287-84	1984	6 ( $R_v$ ; $R_z$ ; $R_c$ ; $R_a$ ; $R_q$ ; $R_{sk}$ )	-
ИСО 4287-97	1997	8 ( $R_v$ ; $R_z$ ; $R_c$ ; $R_a$ ; $R_q$ ; $R_{sk}$ ; $R_t$ ; $R_{ku}$ )	Корректировка стандартов. Добавление новых параметров шероховатости (Общая высота профиля и Эксцесс оцениваемого профиля)
ИСО 4287-2014	2014	9 ( $R_v$ ; $R_z$ ; $R_c$ ; $R_a$ ; $R_q$ ; $R_{sk}$ ; $R_t$ ; $R_{ku}$ ; $R_p$ )	Корректировка стандартов. Добавление нового параметра (Максимальная высота пика профиля)

Только 3 параметра ГОСТ 2789-2017 идентичны параметрам, описанным в ИСО 4287-2014 ( $R_a$ ;  $R_z$ ;  $R_v$ ). При этом в российском стандарте не учтены показатели описывающие форму распределения амплитуды и

асимметрии, а в международном документе не учитывается значение частоты вершин профилограммы.

В заключении можно сделать вывод, что каждый из выше представленных стандартов описывает определенную часть параметров микрогеометрии поверхности. следовательно совокупность данных способов нормирования параметров позволит более эффективно производить анализ шероховатости поверхности.

### 1.5 Методы измерения шероховатости

Измерение шероховатости это сложный и трудозатратный процесс. Измерение происходит при использовании специального высокоточного оборудования и соблюдении определенных требований, как в лаборатории, так и непосредственно на производстве высококвалифицированным персоналом [7].

На погрешность измерений оказывает влияние множество факторов:

- 1) Уровень подготовки и проведения измерений;
- 2) Корректный выбор базовой длины;
- 3) Выбор длины оценки;
- 4) Тип фильтра;
- 5) Радиус и степень износа измерительной иглы;
- 6) Усилие, подаваемое на измерительный элемент;
- 7) Тип измерительного прибора;
- 8) Корректная калибровка прибора.

Далее рассмотрим каждый фактор более подробно.

#### 1.5.1 Уровень подготовки и проведения измерений

Процесс измерения параметра шероховатости в лабораторных условиях должен проводиться в термоконстантном помещении, защищенном от внешних вибраций и прямого ультрафиолетового излучения.

Помещение должно быть стерильно с системой фильтрации воздуха от мельчайших частиц пыли.

Проведение измерений должно проходить согласно установленной методике.

В зависимости от устройства измерительного прибора (стационарный или портативный) объект помещается в зону измерений. Независимо от массы изделия необходимо применять элементы закрепления. Кроме того, для деталей разной массы способ закрепления может быть различен, как механический, так и контактно-клеевой. Однако, при применении клеящего или удерживающего состава не допускаются составы, обладающие упругостью (из-за возможного сдвига детали во время проведения измерения) [8].

После установки объект необходимо выставить относительно щупа по высоте и по направлению трассирования. При отсутствии в технических требованиях детали рекомендаций по направлению измерения шероховатости, то вектор направления трассирования должен быть перпендикулярен направлению неровностей. Выставление по высоте производится согласно паспорту измерительного прибора.

В среднем производится десять измерений. Не допускается попадание различных дефектов поверхности в зону измерений.

Процесс измерения параметра шероховатости в цеховых условиях должен проводиться на установленном удалении от источников излучения и вибрации. Измерение производится специальным переносным прибором. Остальные рекомендации соответствуют процессу измерения в лаборатории.

### 1.5.2 Отсечка шага

Отсечка шага является эквивалентом метрологической базовой длины. Базовая длина является физической длиной поверхности. Отсечка шага же является номинальным параметром, который характеризует длину волны

электрического или цифрового фильтров, которая ослабляется для выделения профиля шероховатости.

По ГОСТ 27964-88 данное определение обозначено как длина волны равная базовой длине и условно принимаемая как верхняя граница пропускания профилометра.

Выборка отсечки шага для случайного профиля шероховатости должна учитывать состав поверхности (однородная либо пористая), а так же метод получения поверхности детали (финишные операции технологического процесса).

Кроме того, необходимо соблюдать следующие правила:

- 1) Во-первых, производится оценка параметра шероховатости ( $R_a/R_z$ ) по образцам или при помощи графического анализа полученного профиля;
- 2) По результатам оценки шероховатости поверхности назначаем базовую длину;
- 3) Затем проводим измерение выбранного параметра ( $R_a/R_z$ );
- 4) Сравниваем полученный параметр шероховатости с интервалом значений для выбранной базовой длины;
- 5) При непопадании значения в интервал производим корректировку значения базовой длины и повторяем пункты 3 и 4;
- 6) Если значение попадает в заданный интервал, то производим новое измерение на следующей (меньшей) базовой длине;
- 7) Проверяем полученное значение на соответствие;
- 8) Если измерение обеспечивает соответствующее сочетание параметра шероховатости и значения базовой длины, то значение признается корректным.

Поверхности с таким видом профиля характерны для операций, производимых с постоянной частотой (точение, шлифование). Проявляются вследствие износа инструмента, вибраций и дефектов оборудования.

### 1.5.3 Применение фильтров

Для облегчения расчетов и разделения определенных частотных показателей получаемого профиля поверхности применяют фильтры. При этом принцип работы фильтра может быть различным. Существует несколько типов используемых фильтров «простые» механические, более сложные – электрические и оптические. Два последних типа требуют применение дополнительных конструктивных элементов прибора и дополнительного математического (программного) обеспечения. При этом все три типа выполняют одну и ту же функцию – ограничение рассматриваемых частотных показателей профиля поверхности [9].

Современные приборы способны распознавать и разделять три типа волн: профиль шероховатости и волнистости и полный профиль. При этом они имеют одинаковые передаточные отношения, и различные отсечки шага.

Параметр профиля шероховатости определяется для поверхностей, работающих на контактный износ, поверхностей пар трения. Следовательно, данный параметр помогает спрогнозировать свойства полученной поверхности, такие как сопротивление рабочих поверхностей, разрушению либо смазочными свойствами поверхности.

Параметр профиля волнистости важен для определения степени износа инструмента и узлов оборудования (наложение вибрации от обработки на профиль готовой поверхности).

При откалиброванном фильтре и при условии правильного выбора базовой длины, измерение должно происходить так чтобы неровности с шагом меньше базовой длины пропускались фильтром без искажений, а неровности с шагом больше подавлялись.

Тем не менее, каким точным бы ни был фильтр в результате измерений и наложений фильтров происходит модификации исходного профиля.

#### 1.5.4 Измерительный датчик

Датчик состоит из щупа (рычаг с закрепленной на нем иглой), преобразователя и опоры (если измерительный прибор опорного типа).

При измерении щупом профиль шероховатости получают при помощи контактного взаимодействия контактной поверхности щупа и измеряемой поверхности при перемещении щупа. При этом возникают механические колебания, которые попадают в преобразователь. Преобразователь переводит механические колебания в пропорциональные и усиленные электрические колебания, направляемые в электронный блок.

Игла щупа состоит из конусной части, как правило, угол конуса составляет  $90^{\circ}$ , и радиусом при вершине (от 2,5 до 10 мкм).

Согласно ГОСТу 18961-80 геометрия измерительной иглы является одним из источников погрешности измерений. Согласно геометрической форме иглы узкие и небольшие элементы поверхности будут невидимы. Это справедливо для элементов, размер которых меньше радиуса иглы. Из-за данных ограничений данный измерительный прибор относят к высокочастотным фильтрам. Виды измерительных щупов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Виды измерительных щупов

	Коническая игла с радиусом при вершине		Игла - топорик
	Угол конической части меньше $90^{\circ}$ и маленький радиус при вершине ( $r < 2,5$ мкм)	Угол $90^{\circ}$ и радиус при вершине 2,5 – 10 мкм	
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Позволяет измерять полную глубину впадин.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая стойкость к износу и повреждениям.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможность измерения узких поверхностей</li> <li>• Либо деталей с маленьким диаметром</li> <li>• Измерение пористых материалов</li> </ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уменьшенная стойкость к износу и повреждениям;</li> <li>• Необходимость регулярных проверок геометрии иглы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Невозможно измерение элементов размером меньше радиуса иглы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сложность обеспечения параллельности кромки иглы и направления перемещения датчика</li> </ul>

### 1.5.5 Преобразователь

Преобразователи, используемые в измерительных приборах подразделяются на [10]:

- Индуктивный;
- Пьезоэлектрический;
- Лазерный.

Принцип действия индуктивного преобразователя. Система состоит из двух катушек образующих электрический мост расположенных вблизи двух ферритовых пластин закрепленных на рычаге щупа. На катушки подается синусоидальное напряжение. При отклонении щупа от нулевого положения происходит изменение индуктивности катушек а, следовательно, к изменению напряжения в системе.

Принцип действия пьезоэлектрического преобразователя основан, на способности кристаллов изменять свои электрические свойства при сжатии. Измеряемое изменение электрических параметров пропорционально силе сжатия.

Рычаг щупа поддерживается пьезоэлектрическим кристаллом. Так как щуп следует за неровностями профиля поверхности, то кристалл изгибается. Изгиб кристалла вызывает его сжатие, которое преобразуется в заряд, который усиливается и интегрируется, чтобы получить сигнал, пропорциональный ординате профиля поверхности.

Принцип действия лазерно-интерферометрического преобразователя основан на измерении смещения зеркала установленного на щупе при помощи лазерного интерферометра.

Виды преобразователей, а также их достоинства и недостатки представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Виды преобразователей

Наименование преобразователя	Достоинства	Недостатки
Индуктивный преобразователь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Линейность;</li> <li>• Низкая чувствительность к окружающим условиям;</li> <li>• Компактность;</li> <li>• Высокая разрешающая способность.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкая чувствительность;</li> <li>• Зависимость индуктивности измерительных катушек от частоты тока.</li> </ul>
Пьезоэлектрический преобразователь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Линейность;</li> <li>• Простота производства;</li> <li>• Компактны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкая точность;</li> <li>• Требуется регулярная калибровка;</li> <li>• Высокая чувствительность к окружающим условиям;</li> <li>• Большой радиус измерительной иглы.</li> </ul>
Лазерно-интерферометрический преобразователь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Линейность;</li> <li>• Большой диапазон измерений;</li> <li>• Возможность измерения шероховатости на поверхностях сложной формы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая стоимость изготовления;</li> <li>• Большие габариты системы.</li> </ul>

### 1.5.6 Опора

Измерительные приборы подразделяются на два больших класса: опорные и безопорные [11].

К первым относятся приборы, которые имеют опорную поверхность, которая при проведении измерений следует за датчиком. Так как щуп измеряет поверхность относительно опоры, то она выполняет функцию механического фильтра для системы. Схематическая структура данного прибора показана на рисунке 1.7.

Ко вторым относятся приборы, конструктивно жёстко связанные с прямолинейной направляющей, которая выполняет функцию независимой опорной поверхности. Структура данного прибора показана на Рисунок 1.8.

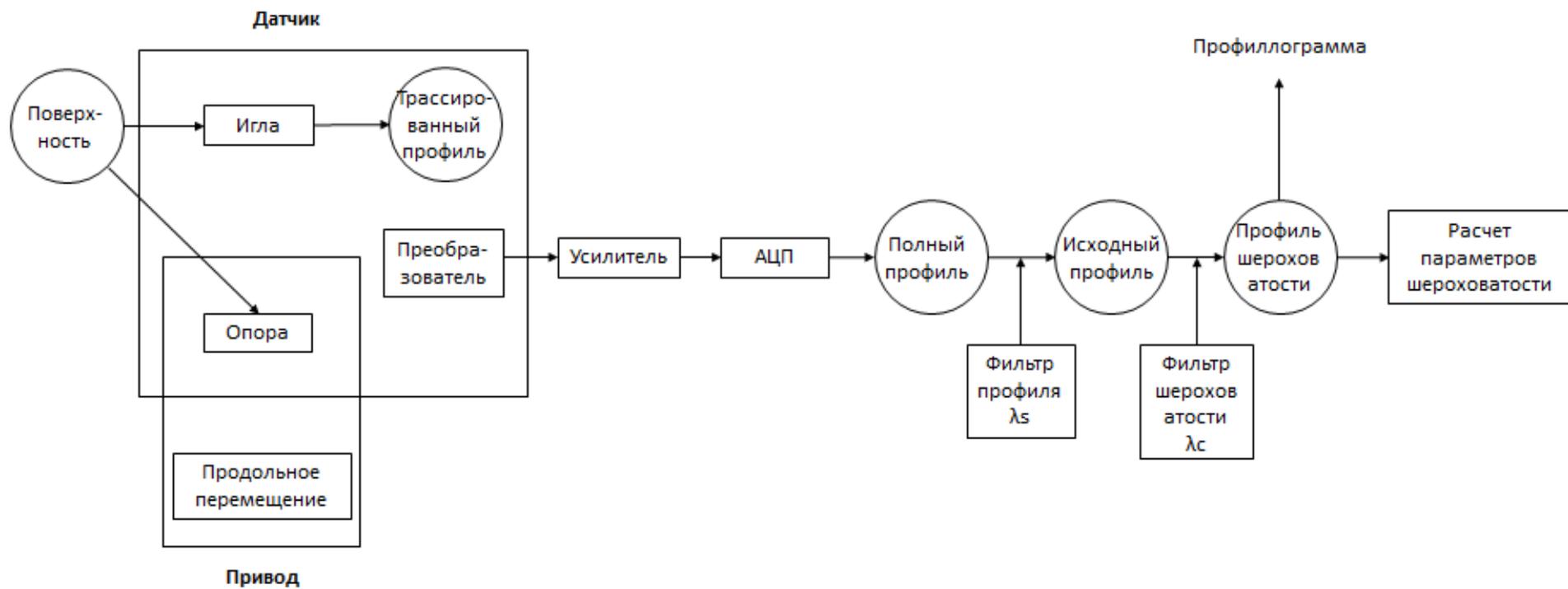


Рисунок 1.7 - Схема опорного прибора.

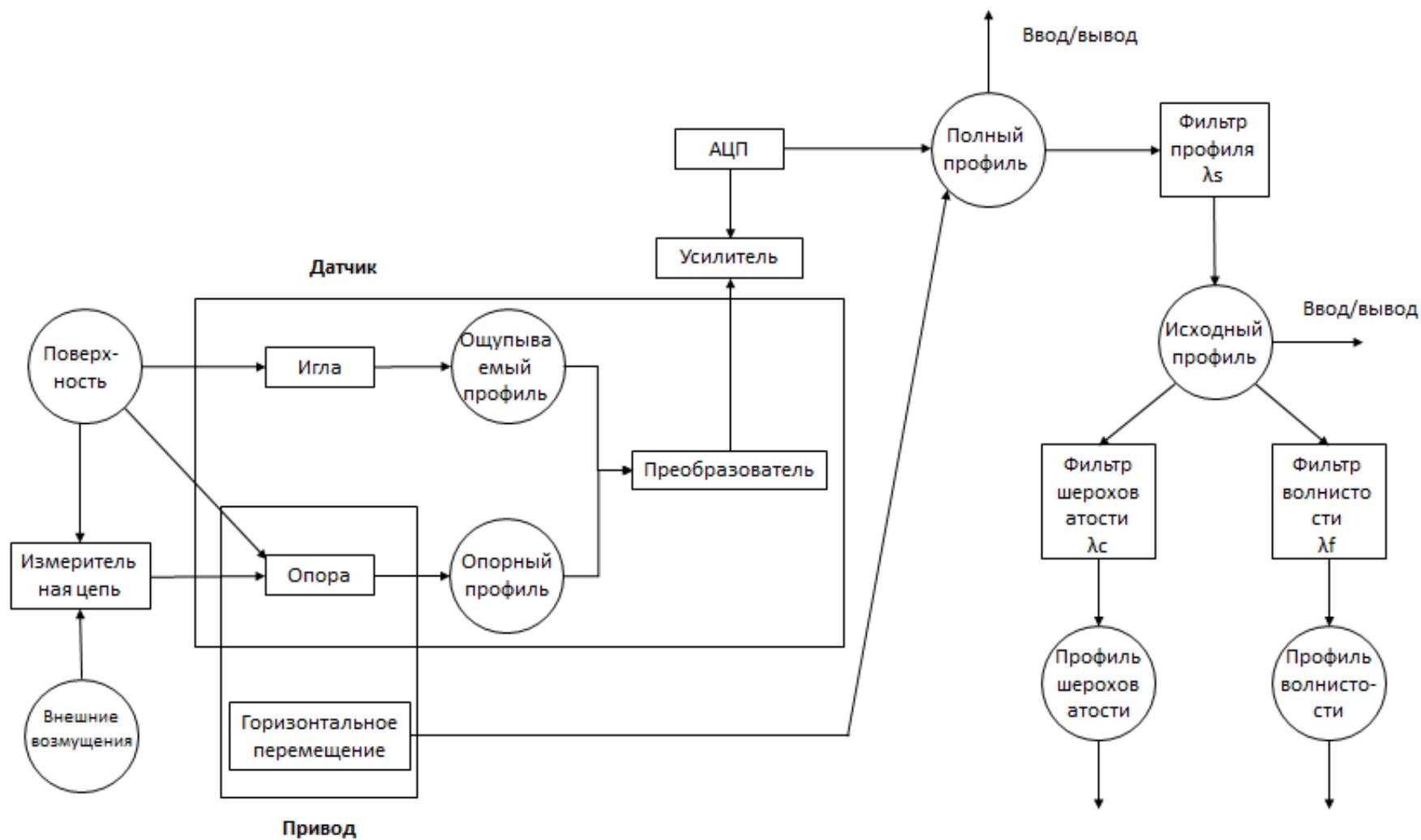


Рисунок 1.8 - Схема измерения безопорным прибором.

Проанализировав преимущества и недостатки двух типов приборов, была составлена сводная таблица (Таблица 5).

В результате можно сделать вывод, что применение опорного измерительного прибора рационально в условиях производства, когда не требуется получение измеряемых значений высокой частоты, а требуется надежная конструкция прибора и устойчивость к внешнему воздействию [12].

Применение же безопорного прибора рационально в условиях метрологического зала, когда требуется получение данных без искажений.

Таблица 5 - Виды приборов

Тип прибора	Измеряемые условия	Преимущества	Недостатки
Опорный	Плоские и криволинейные поверхности (дорожки качения колец подшипников, боковая поверхность зуба зубчатых колес, сферические поверхности)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Простая установка прибора на измерительную поверхность;</li> <li>• Более прочные;</li> <li>• Устойчивость к внешнему воздействию.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Искажает профиль поверхности.</li> </ul>
Безопорный	Измерение шероховатости, волнистости, профиля Измерения криволинейных поверхностей небольшого размера	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Показывает профиль поверхности без искажения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Чувствительность к вибрациям;</li> <li>• Ограничения по размеру измеряемой поверхности.</li> </ul>

### 1.5.7 Калибровка

Приборы, производящие измерения параметра шероховатости поверхности калибруются при помощи эталонов. Для увеличения точности

измерении и охвата всех типов приборов было установлено пять основных типов эталонов, каждый из которых имеет несколько вариантов (Таблица 6).

Сделано это для более качественной калибровки измерительных приборов с учетом их характеристик.

Таблица 6 - Основные типы эталонов

Тип эталона	Название	Назначение
А	Эталонные меры высоты неровностей	Проверка системы прибора на корректное определение высоты неровностей. Геометрия калибровочного профиля должна быть подобрана таким образом, чтобы быть нечувствительной к состоянию иглы
В	Эталонные меры для определения состояния вершины иглы	При помощи эталонных калибров, с различной геометрией профиля поверхности, определяется состояние вершины иглы
С	Эталонные меры шага неровностей	Проверка передаточных характеристик прибора для разных шагов и амплитуд. Калибровочный профиль это система повторяющихся канавок простой формы.
Д	Эталонные меры шероховатости	Проведение полной калибровки прибора. Используется неоднородный калибровочный профиль.
Е	Эталон для калибровки координатной системы прибора	Корректная настройка координатной системы прибора при трассировке по эталонным поверхностям.

## 1.6 Приборы для измерения шероховатости

### 1.6.1 Классификация

Рассмотрим классификацию измерительных приборов. Основные типы приборов с их наименованием и назначением представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Классификация приборов для измерения шероховатости

№ типа	Название	Назначение
Тип 1	Профильные, контактные безопорные приборы	Измерение поверхностей (как при финишной, так и при черновой обработке); Измерение шероховатости, волнистости, погрешности формы.
Тип 2	Профильные бесконтактные приборы	Как для Типа №1.
Тип 3	Сканирующие микроскопы	Измерение чистовых поверхностей.
Тип 4	Профильные контактные опорные приборы	Измерение только шероховатости поверхности.
Тип 5	Опорные профилометры	Измерение шероховатости на поверхностях различной геометрии.
Тип 6	Приборы усредняющей пространственной оценки	Получение усредненных параметров на локальных участках поверхности.

Классификация измерительных приборов по стандартам ASME [13] представлена на рисунке 1.9.

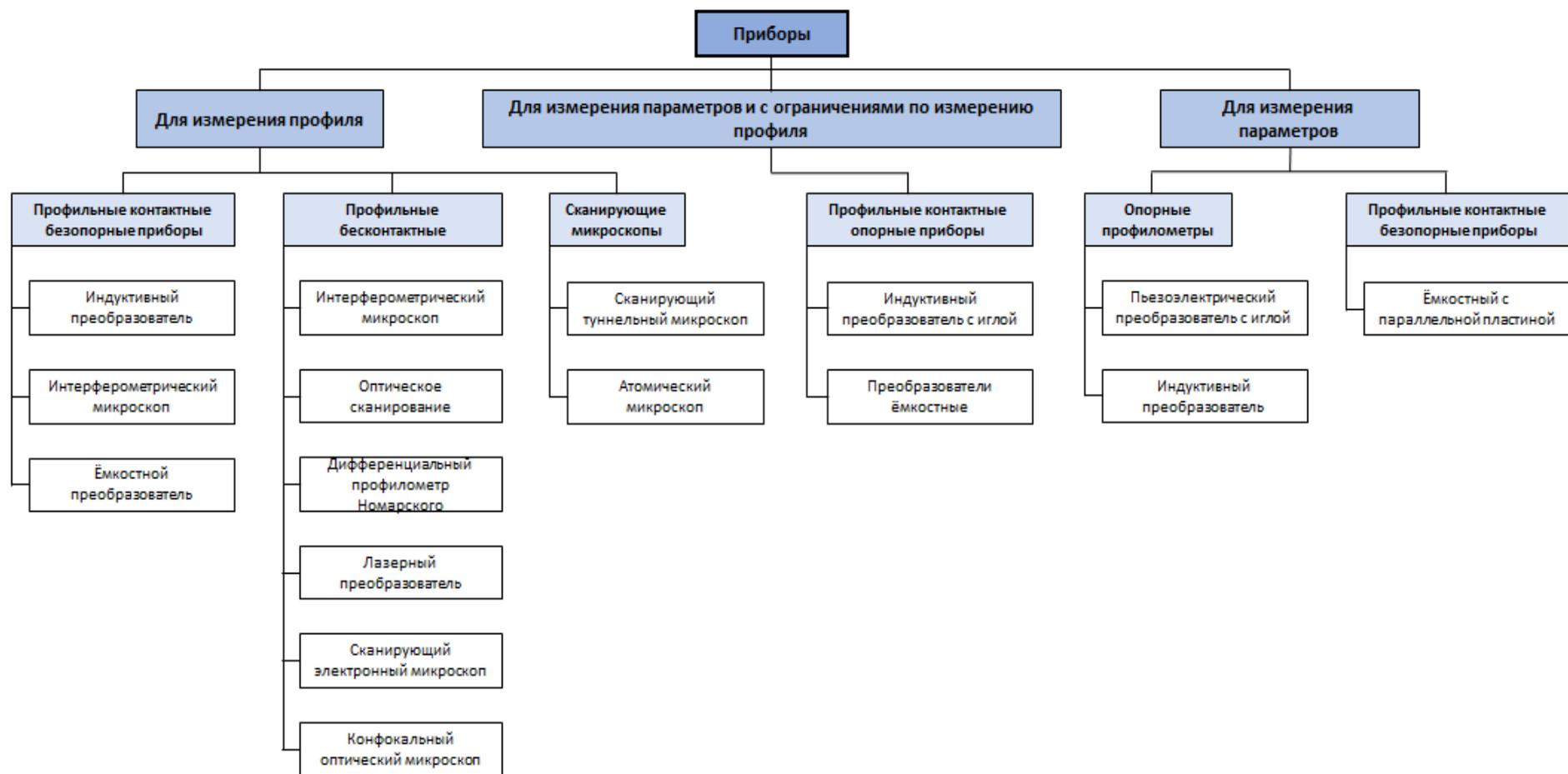


Рисунок 1.9 - Классификация измерительных приборов по стандартам ASME.

## 1.6.2 Измерительные приборы

На предприятии ПАО «АВТОВАЗ» для измерения микрогеометрии поверхностей полученных после финишной обработки используют несколько видов приборов [14],[15]:

1. Стационарные (применяются в условиях метрозала). На производстве представлены продукцией фирмы «JENOPTIK». Вид прибора представлен на рисунке 1.10, его основные технические характеристики представлены на рисунке 1.11;

2. Переносные (применяются для контроля качества полученной поверхности в условиях цеха). На производстве представлены продукцией фирмы «MahrSurf». Вид прибора представлен на рисунке 1.12, его основные технические характеристики представлены на рисунке 1.13.



Рисунок 1.10 - JENOPTIK Hommel-Etamic T8000

<b>Тип прибора</b>	контактный, с применением опорных и безопорных щупов
<b>Единица измерений</b>	Метрическая/дюймы
<b>Принцип измерения</b>	Метод ощупывания
<b>Тип датчика</b>	Индуктивный
<b>Радиус измерительной иглы</b>	2 мкм
<b>Измерительное усилие</b>	0,7 мН
<b>Нормативы</b>	DIN/ISO/JIS/ASME
<b>Измерительные параметры</b>	$R_a$ , $R_q$ , $R_z$ , $R_y$ (JIS), $R_z$ (JIS), $R_{max}$ , $R_p$ , $R_p$ (ASME), $R_{pm}$ (ASME), $R_{pk}$ , $R_k$ , $R_{sk}$ , $R_{vk}$ , $M_r1$ , $M_r2$ , $A1$ , $A2$ , $V_o$ , $R_t$ , $R_{3z}$ , $R_{Pc}$ , $R_{mr}$ (JIS, ASME), $R_{Sm}$ , $R$ , $A_r$ , $R_x$
<b>Функция динамической калибровки</b>	Есть
<b>Язык интерфейса</b>	Мультиязычный
<b>Диапазон измерений</b>	8000; 800; 80; 8 мкм
<b>Разрешение профиля</b>	1000; 100; 10; 1 нм
<b>Фильтры</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Фильтр Гаусса DIN EN ISO 11562;</li> <li>• Спец. фильтр DIN EN ISO 13565-1;</li> <li>• RC дискретно вычисляемый DIN 4768;</li> <li>• Фильтр по DIN EN ISO 3274.</li> </ul>
<b>Шаг отсечки</b>	0,025; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 (мм),
<b>Возможности памяти</b>	от 1 до 999 измерений, диапазон, макс., мин., отклонение
<b>Рабочая температура</b>	+5 °C От до +40 °C, относительная влажность воздуха макс. 85% без конденсата, ( $\Delta T=2^\circ C/ч$ )
<b>Температура хранения</b>	-20 °C От до +50 °C
<b>Размеры</b>	253x193x80 мм
<b>Вес</b>	1.600 г.

Рисунок 1.11 - Основные характеристики прибора JENOPTIK  
Hommel-Etamic T8000



Рисунок 1.12 - MahrSurf PS1

<b>Тип прибора</b>	<i>Опорный прибор</i>
<b>Единица измерений</b>	<i>Метрическая/дюймы</i>
<b>Принцип измерения</b>	<i>Метод ощупывания</i>
<b>Тип датчика</b>	<i>Индуктивный</i>
<b>Радиус измерительной иглы</b>	<i>2 мкм</i>
<b>Измерительное усилие</b>	<i>0,7 мН</i>
<b>Нормативы</b>	<i>DIN/ISO/JIS/ASME</i>
<b>Измерительные параметры</b>	<i>Ra, Rq, Rz, Ry (JIS), Rz (JIS), Rmax, Rp, Rp (ASME), Rpm (ASME), Rpk, Rk, Rsk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rt, R3z, RPs, Rmr (JIS, ASME), RSm, R, Ar, Rx</i>
<b>Функция динамической калибровки</b>	<i>Есть</i>
<b>Язык интерфейса</b>	<i>Мультиязычный</i>
<b>Диапазон измерений</b>	<i>350, 180, 90 мкм</i>
<b>Разрешение профиля</b>	<i>32, 16, 8 нм</i>
<b>Фильтры</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Фильтр Гаусса DIN EN ISO 11562;</i></li> <li>• <i>Спец. фильтр DIN EN ISO 13565-1;</i></li> <li>• <i>Фильтр по DIN EN ISO 3274.</i></li> </ul>
<b>Шаг отсечки</b>	<i>0,25/0,8/2,5 мм (0,010/0,030/0,100 дюймы)</i>
<b>Возможности памяти</b>	<i>max. 15 профилей, max. 20000 результатов</i>
<b>Размеры</b>	<i>140x50x70 мм</i>
<b>Вес</b>	<i>400 г</i>

Рисунок 1.13 - Основные характеристики прибора MahrSurf PS1

## ГЛАВА 2. Объект исследования и его характеристики

### 2.1 Производственные испытания двигателя

На предприятии ПАО «АВТОВАЗ» сборка и испытания силовых агрегатов происходит в «Управлении производства и доводки двигателя».

Сборка осуществляется на специальном конвейере вручную.

Не зависимо от количества произведенных двигателей все они проходят серию испытаний на специализированном стенде.

Схематическая структура стенда представлена на рисунке. 2.1.

Основные элементы стенда:

- «ДВС» - испытываемый двигатель;
- «БУ ДВС» - блок управления двигателем;
- «СУ СТЕНДА» - система управления стендом;
- «1» - система подачи топлива;
- «2» - система подачи масла;
- «3» - система подачи тока;
- «4» - система подачи нагрузки на двигатель.

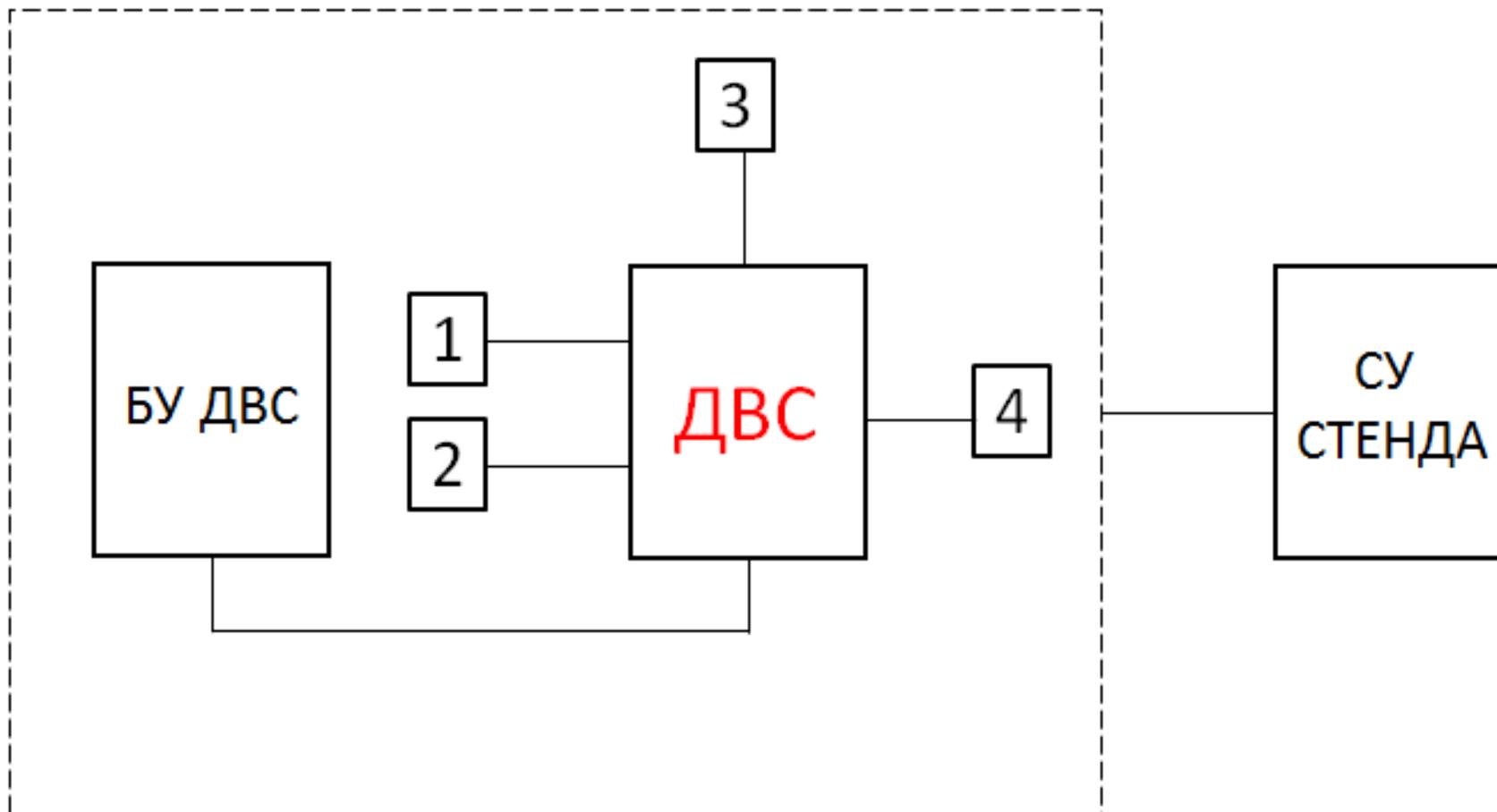


Рисунок 2.1 - Структура стенда

Методика испытания двигателя:

- 1) Серия динамических испытаний при стандартных режимах работы;
- 2) Серия динамических испытаний при экстремальных режимах работы;
- 3) Проведение анализа расхода масла на «угар»;
- 4) Измерение микрогеометрии поверхности «зеркала цилиндра» после проведенных испытаний.

Комплекс данных мероприятий позволяет спрогнозировать поведение различных узлов двигателя при рабочих режимах.

Основные этапы стендовых испытаний:

- 1) Проворот коленчатого вала двигателя для определения начального момента (определяется риск заклинивания двигателя);
- 2) Проверка масляного контура на герметичность (давление масла должно находиться в установленном диапазоне);
- 3) Проверка контура охлаждения на герметичность (попадание охлаждающей жидкости в камеру сгорания не допускается);
- 4) Запуск двигателя, 3-4 раза, для проверки настройки датчика холостого хода;
- 5) Запуск двигателя, работа на холостом ходу;
- 6) Повышение оборотов двигателя до 1500 - 2000 об/мин;
- 7) Повышение оборотов двигателя до 2500 - 3000 об/мин;
- 8) Замер акустических характеристик двигателя;
- 9) Замер показателя крутящего момента;
- 10) Проверка смазывающего и охлаждающего контуров на герметичность. Проверка проводится при полной нагрузке (обороты двигателя примерно 3000 об/мин);
- 11) Приработка двигателя в течении установленного периода (примерно 150 - 200 часов);

12) В процессе испытаний производится визуальный осмотр двигателя.

Применение данной методики позволяет проанализировать качество сборки агрегата, надежность отдельных узлов и состояние рабочих поверхностей блока цилиндра.

В качестве испытываемого образца был выбран блок цилиндров четырех цилиндрового двигателя с рабочим объемом 1,6 литра. Для испытания был выбран блок цилиндров рядного четырехцилиндрового типа, обработанный методом плато вершинного хонингования (Рисунок 2.2).

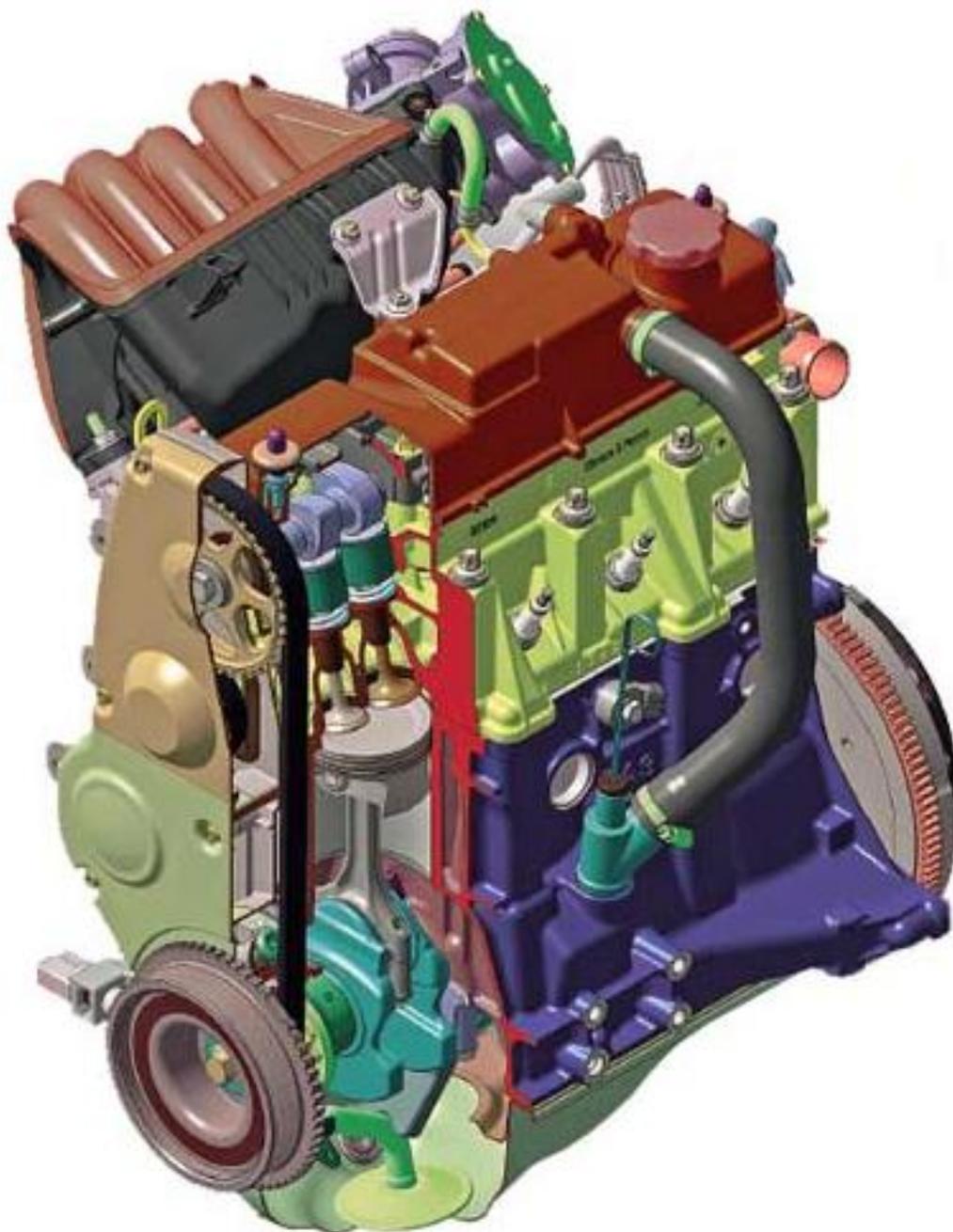


Рисунок. 2.2 - Трехмерная модель двигателя 11186 автомобиля семейства «Granta»

Произведем испытания поверхностей полученных после финишной обработки. В качестве финишной операции выступает платовершинное хонингование. Главной особенностью данного метода обработки является наличие дополнительного этапа, на котором происходит дополнительная доработка профиля поверхности. доработка заключается в уменьшении

высоты пиков шероховатости поверхности при сохранении маслоудерживающих пустот.

После окончания стендовых испытаний двигателя производится его визуальный осмотр. Особое внимание уделяют проверке качества уплотнительных элементов соединенных поверхностей. Проводится тщательный осмотр прокладок головки блока цилиндров и масляного картера. Наличие маслянистых подтеков на внешних стенках блока цилиндров, головки блока цилиндров, либо масляном картере не допускается.

Затем, производится слив смазочно-охлаждающих жидкостей. Проверяется состав масла на предмет концентрации металлических включений.

После этого осуществляется полная разборка двигателя. Затем производится метрологическая проверка состояния поверхности зеркала цилиндра. Проверка может производиться как на месте, в условиях цеха, так и подготовленной лаборатории.

Качество поверхности оценивается при помощи специального прибора – профилометра, а полученный график «профиль» поверхности – профилограммой. На основе полученных значений оцениваются параметры шероховатости поверхности.

Затем на основании профилограммы производится построение «кривой Аббора-Файрстоуна». На основании данных с графика производится оценка параметров  $R_{pk}$ ,  $R_k$ ,  $R_{vk}$ .

Для оценки качества обработки и настройки оборудования применяют специальную «факс пленку». Сущность метода заключается в нанесении на поверхность химического индикатора (ацетона), затем на поверхность с небольшим усилием прикладывается пленка. через определенное время на открытых участках индикатор испаряется, а сопряженных участках остается заметный след.

Оценка параметров обработки (угол хонингования и правильность настройки оборудования) производится при помощи оптического микроскопа.

## 2.2 Влияние сил трения на работу двигателя

### 2.2.1 Поршневая группа

При работе двигателя неизбежно возникают потери. В основном это потери энергии, приходящиеся на преодоление сил трения. Учитывая, что при работе двигателя более 80% всех механических потерь составляют потери на трение, а потери на паре трения поршневой группы (зеркало цилиндра – поршневые кольца) составляют 40 - 60% можно сделать вывод, что обеспечение правильно заложенной геометрии данных поверхностей обеспечит снижение значения механических потерь в двигателе [16].

Рассмотрим несколько факторов способствующих увеличению механических потерь:

1. Значение сил инерции, действующие на подвижные узлы двигателя;
2. Силы упругости поршневых колец, возникающие в процессе работы двигателя;
3. Температурные показатели при работе двигателя;
4. Режим эксплуатации двигателя.

Так как в данной работе двигатель рассматривается как единый узел, без детального разбора отдельных элементов, целесообразно учитывать общее влияние суммы всех вышеперечисленных факторов [17].

### 2.2.2 Элементы поршневой группы

Поршневая группа относится к кривошипно-шатунному механизму. В процессе работы элементы механизма подвергаются воздействию переменных сил давления, а также температурных перепадов, которые вызывают значительные напряжения в прилегающих деталях двигателя [18].

Технологический процесс, показывающий процесс установки элементов поршневой группы в процессе сборки двигателя показан ниже (см. Приложение В).

Поршневая группа состоит из:

- Поршня;
- Поршневых колец;
- Поршневого пальца;
- Фиксирующих элементов поршневого пальца.

### 2.2.3 Поршень

Деталь, относящаяся к группе тел вращения, служит для преобразования энергии от расширения газа (при сгорании топлива) в поступательное перемещение, а затем через шатун во вращение коленчатого вала.

Независимо от типа двигателя тело поршня состоит из одинакового количества основных элементов. Основные элементы показаны на рисунке 2.3. Позиция «1» - отверстие под установку поршневого пальца; «2» - пазы под маслосъемные кольца; «3» - днище поршня; «4» - юбка поршня.

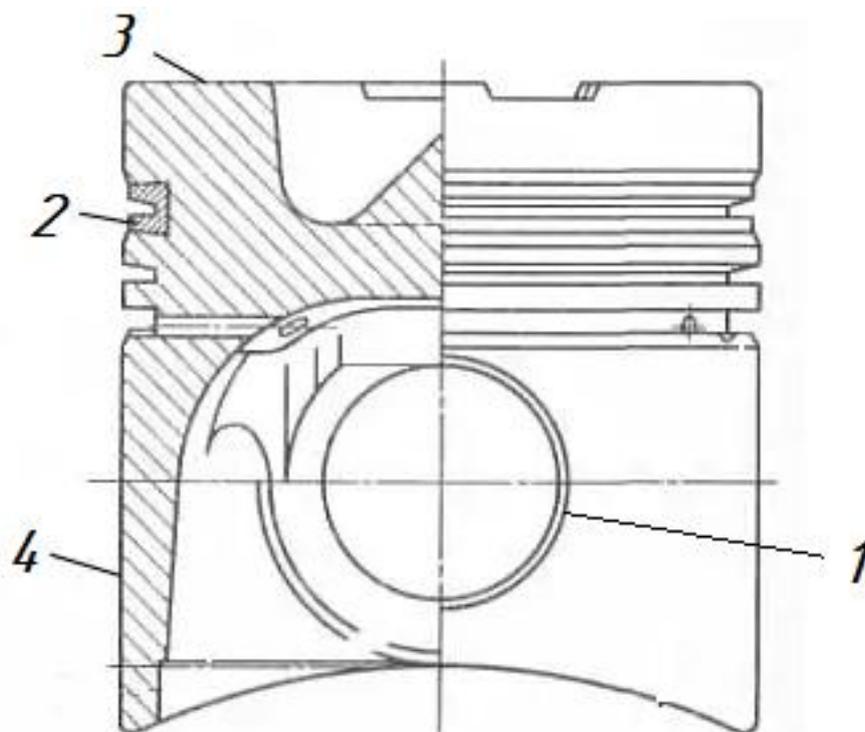


Рисунок 2.3 - Конструкция поршня двигателя.

В процессе работы происходит непрерывный процесс передачи теплоты от поршня к окружающим его элементам.

Основной объем тепла передаётся стенкам цилиндра через компрессионные кольца (55 – 65% теплоты) и через юбку поршня (25 – 35% теплоты). Кроме того через внутреннюю поверхность поршня происходит теплоотдача в систему смазывания (5 – 10% теплоты).

#### 2.2.4 Поршневые кольца

В двигателе внутреннего сгорания система из нескольких компрессионных поршневых колец служит для создания лабиринтного уплотнения для создания требуемого давления в камере сгорания.

В свою очередь система из маслосъемных колец предотвращает попадание избыточного количества смазывающей жидкости в камеру сгорания.

Классификация поршневых колец представлена на рисунке 2.4.

На ПАО «АВТОВАЗ» в конструкции 8 клапанных двигателей 11186, объемом 1,6 литра, применяют 3 поршневых кольца, два компрессионных кольца и одно маслоъемное.

Типы применяемых колец:

- Компрессионное кольцо с конической рабочей поверхностью;
- Компрессионное кольцо с бочкообразной рабочей поверхностью;
- Маслоъемное кольцо с витым пружинным расширителем.

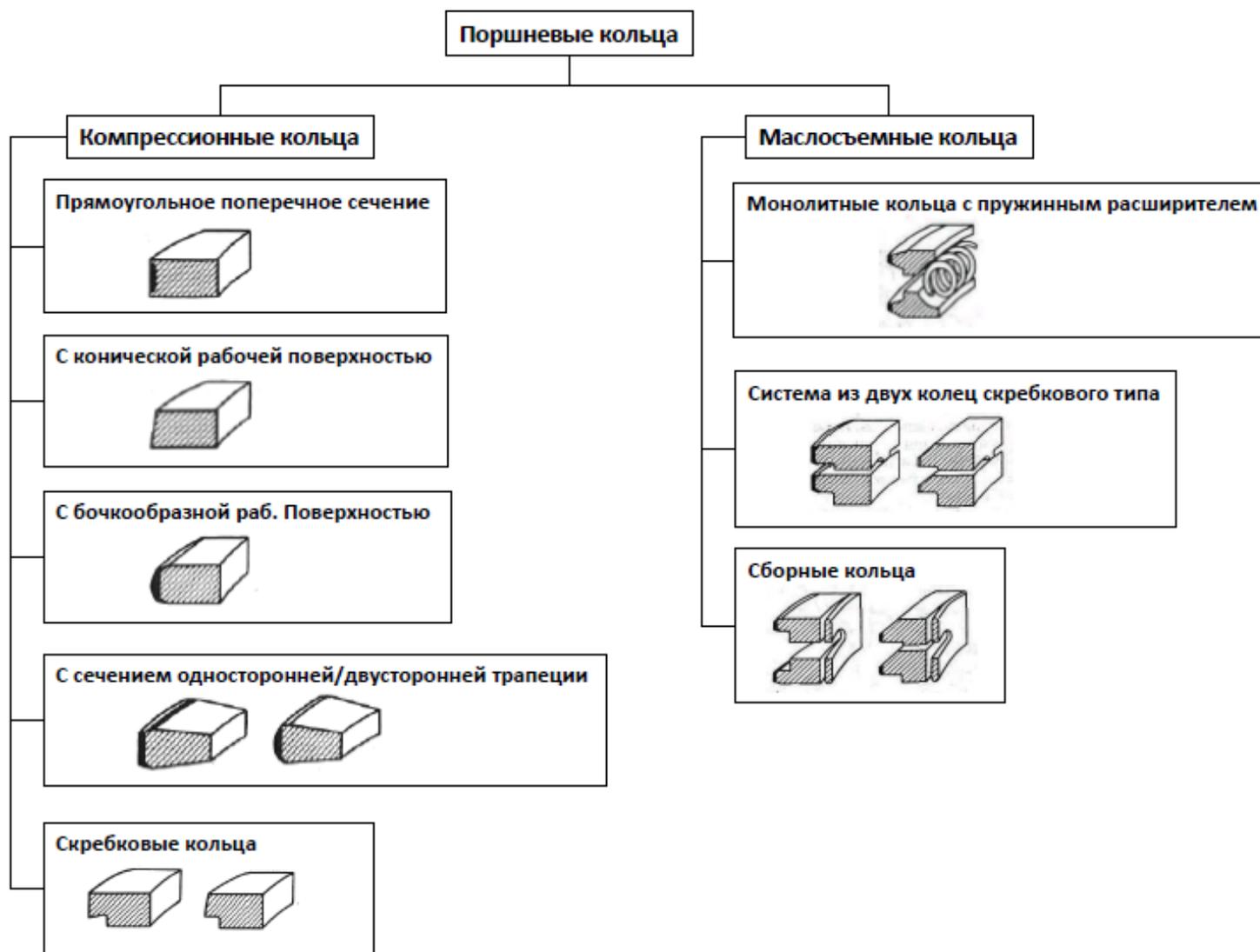


Рисунок 2.4 - Классификация поршневых колец.

В процессе работы под воздействием температур и давления поршневые кольца теряют свою упругость неравномерно. Происходит это в основном из-за локального отжига области замка поршневого кольца.

Формы замка поршневого кольца представлены на рисунке 2.5.

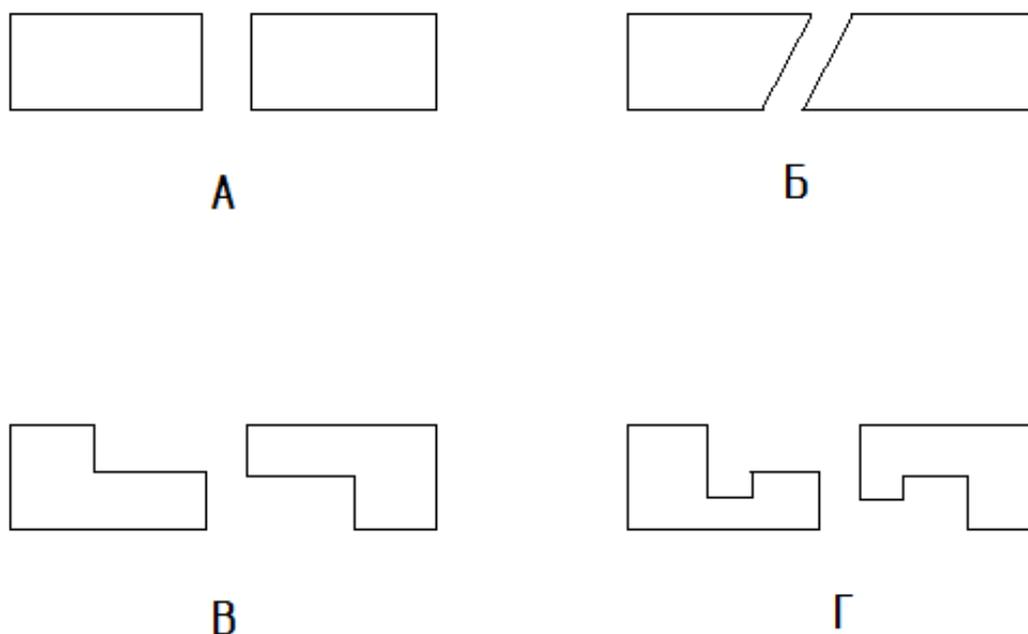


Рисунок 2.5 - Виды замков поршневых колец.

Расположим типы замков в порядке уменьшения их эффективности:

1. «Г» - крючковый замок, обеспечивает плотное и надежное соединение;
2. «В» - лабиринтный замок, обеспечивает плотное прилегание за счет сил трения действующих на сопряженные поверхности;
3. «Б» - разрезанные под углом  $45^\circ$ , увеличенная площадь контакта двух половин в сравнении с прямыми;
4. «А» - прямые, наименее эффективные из всех представленных, но просты в изготовлении.

На предприятии ПАО «АВТОВАЗ» поршневые кольца имеют прямой тип замка (Рисунок 2.6).

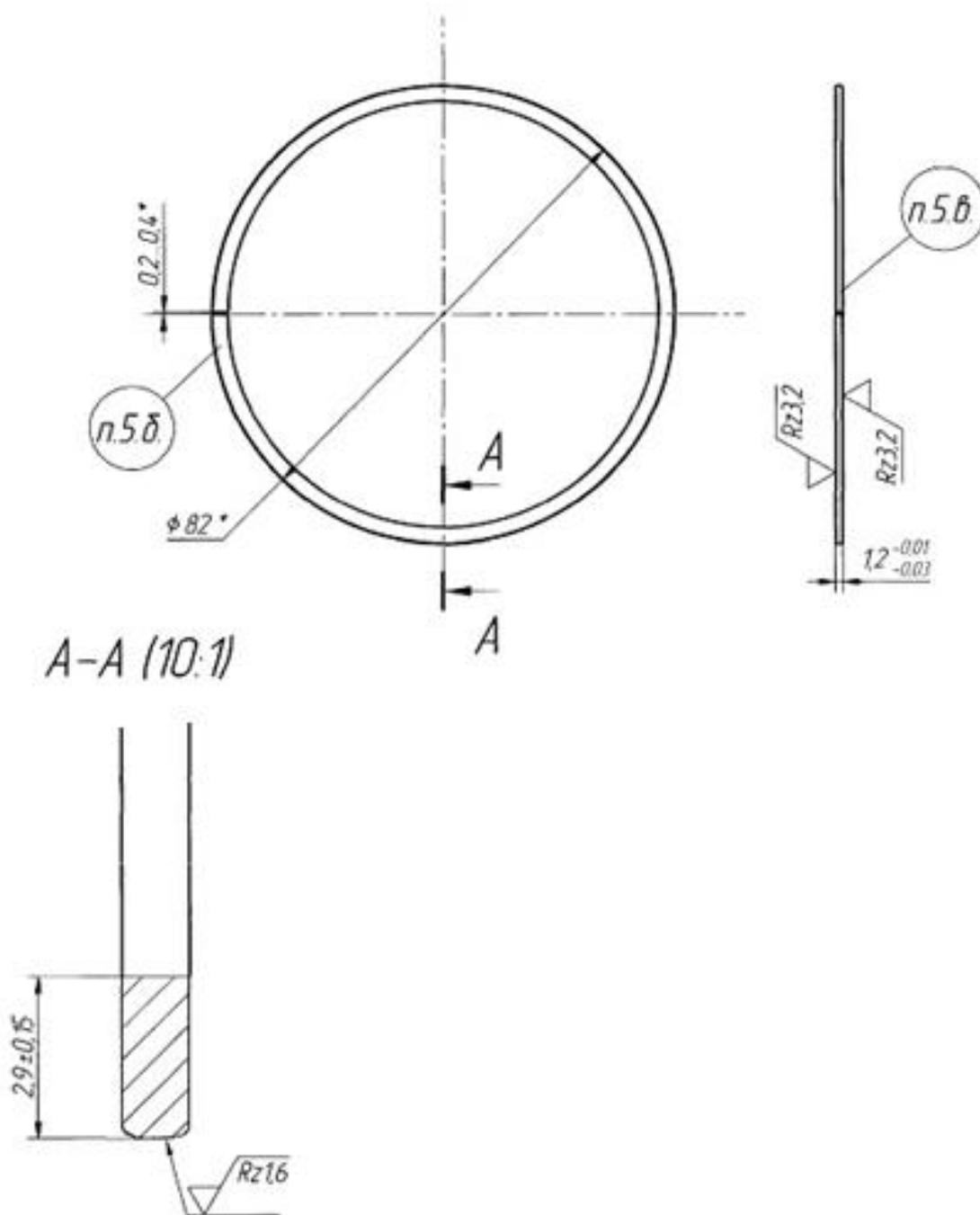


Рисунок 2.6 - Эскиз маслосъемного кольца применяемого на автозаводе.

### 2.2.5 Снижение потерь приходящихся на трение

Рассмотрим основные источники потери приходящиеся на силы трения в системе двигателя.

Для удобства рассмотрения была построена диаграмма процентного отношения источников потерь (Рисунок 2.7.).

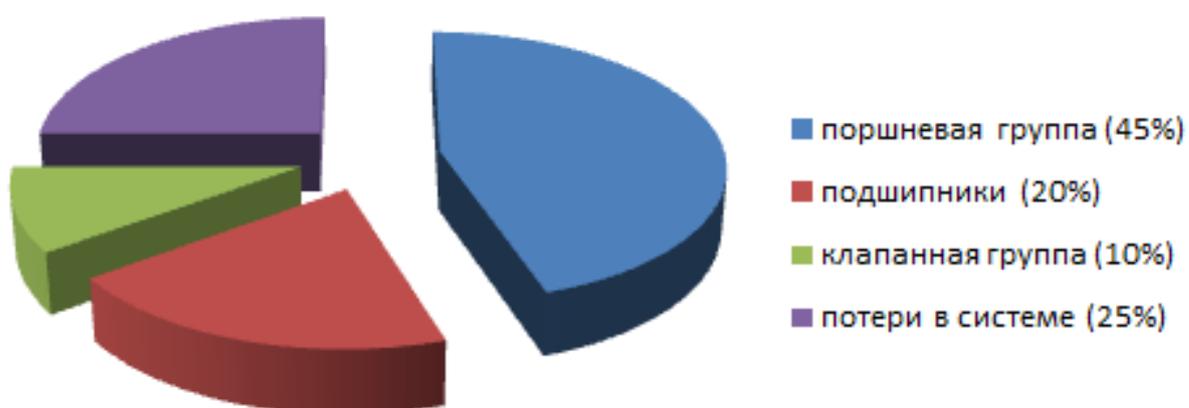


Рисунок 2.7 - Диаграмма процентного отношения источников потерь

При анализе диаграммы следует, что основные потери из-за сил трения приходятся на поршневую группу, затем следуют общие потери в системе, потери приходящиеся на подшипники качения и потери, приходящиеся на клапанную группу.

## ГЛАВА 3. Проведение испытаний

### 3.1 Параметры микрогеометрии зеркала цилиндров.

#### 3.1.1 Мировой опыт.

Как уже было сказано технология производства двигателя относится к категории коммерчески закрытой информации. Что не удивительно ведь совокупность различных этапов производства обеспечивает долговечность и стабильность работы автомобиля. За полученными в итоге результатами (а именно полученными параметрами микрогеометрии поверхности) скрывается продолжительный период разработки и отладки производства. Это не только работа по подбору подходящего по составу материала, который будет отвечать многочисленным требованиям (теплоемкость, твердость, коэффициент линейного расширения материала), по подбору требуемой технологии обработки заготовки, а именно параметров финишной обработки [19].

Эффективность всех этих этапов проверяется циклом испытаний собранного силового агрегата. Двигатель испытывается определенный промежуток времени при повышенных нагрузках и критическом температурном режиме. Только после этого на основе косвенных данных (расход масла, шум и вибрация при работе), а также прямых данных (значения параметров микрорельефа поверхности, степень нагара поршня) возможно, оценить эффективность технологии производства блока [20].

#### 3.1.2 Кривая Аббота-Файрстоуна

Основными параметрами микрогеометрии зеркала цилиндров являются значения параметров  $R_{pk}$ ,  $R_k$ ,  $R_{vk}$ . Для удобства работы и анализа данных параметров на основе их значений строится кривая Аббота-Файрстоуна.

Данная кривая (Рисунок 3.1) показывает реальный профиль поверхности зеркала цилиндра [21].

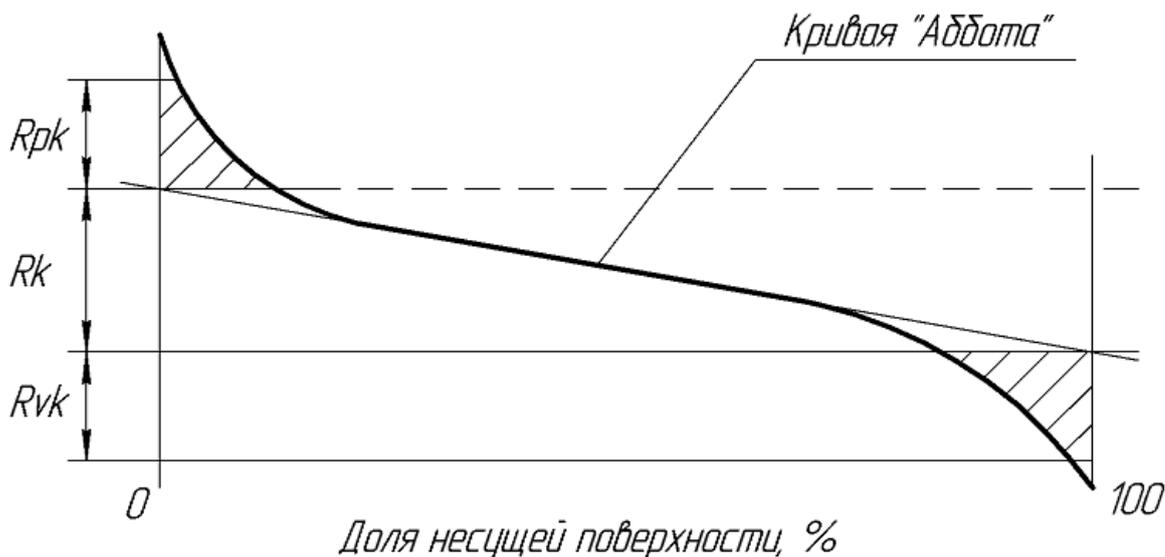


Рисунок 3.1 - Кривая Аббота-Файрстоуна

Основными параметрами данной кривой являются:

- $R_{pk}$  – верхние значения параметров шероховатости, области с данными значениями подвергаются интенсивному износу в период приработки двигателя;
- $R_k$  – средние значения параметров шероховатости, характерны для областей поверхности обеспечивающей основной срок эксплуатации двигателя;
- $R_{vk}$  – нижние значения параметров шероховатости, области с данными значениями обеспечивают основной объем маслоудерживающих канавок. Как правило остаются с черновых операций.

Функциональные значения параметров показаны на рисунке 3.2.

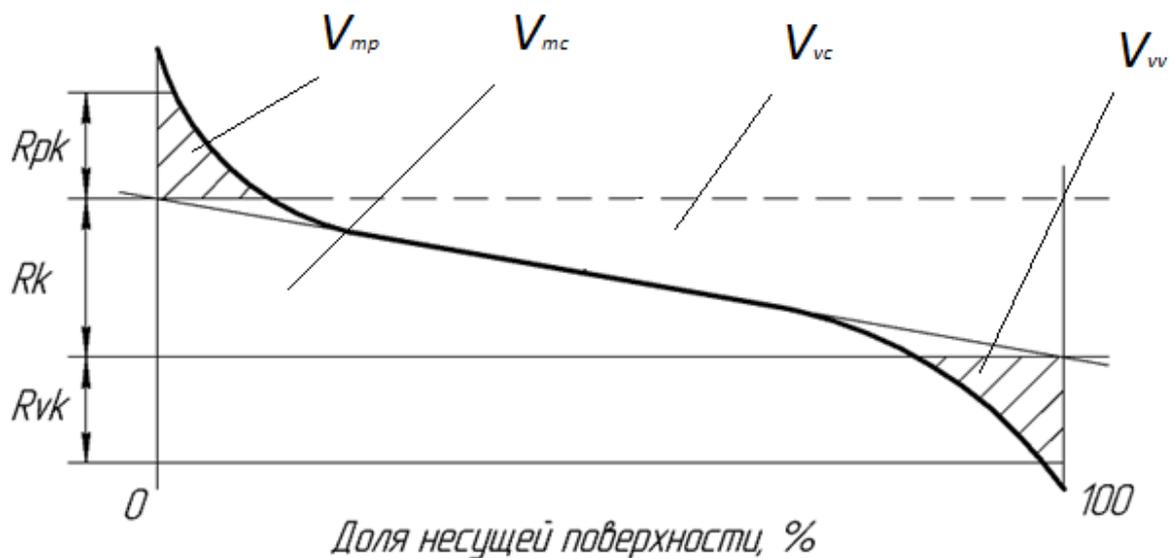


Рисунок 3.2 - Функциональные объемные параметры

Основные параметры, изображенные на графике, определяются при помощи опорной кривой.

Разберем более подробно каждый параметр:

- $V_{mp}$  – объем материала приходящийся на район пиков рельефа;
- $V_{mc}$  – объем материала расположенный в районе ядра рельефа;
- $V_{vc}$  - объем пустот расположенный в районе ядра рельефа;
- $V_{vv}$  - объем пустот расположенный в районе впадин рельефа.

Проведем серию экспериментальных измерений микрогеометрии блоков цилиндров разных производителей. Для чистоты эксперимента были выбраны двигатели схожей конструкции и значением рабочего объема.

Объектом измерений был выбран четырехцилиндровый двигатель с рядным расположением цилиндров, значения рабочего объема от 1,5 до 1,8 литров.

Для корректного анализа значений микрогеометрии поверхности измерения производились на нескольких видах измерительных приборов. Первый цикл измерений производился на опорном измерительном приборе (Таблица 8).

Таблица 8 - Измерение параметров шероховатости 1 цикл.

	$R_{pk}$ (мкм)	$R_k$ (мкм)	$R_{vk}$ (мкм)	$MR_1$	$MR_2$	$V_0$
<b>Способ измерения</b>	Измерение опорным прибором					
<b>Lada (11186)</b>	0,5	0,35...1,5	0,2...1,5	10,4	82,7	0,017...0,129
<b>Renault</b>	0,45	0,2...1,3	0,4...1,2	10	85,2	0,029...0,089
<b>Nissan</b>	0,4	0,15...1,2	0,5...1,3	10,6	84,5	0,038...0,101

Второй цикл измерений производился на безопорном измерительном приборе (Таблица 9).

Таблица 9 - Измерение параметров шероховатости 2 цикл.

	$R_{pk}$ (мкм)	$R_k$ (мкм)	$R_{vk}$ (мкм)	MR <sub>1</sub>	MR <sub>2</sub>	$V_0$
<b>Способ измерения</b>	Измерение безопорным прибором					
<b>Lada (11186)</b>	0,48	0,3...1,4	0,15...1,45	10,5	83,4	0,016...0,118
<b>Renault</b>	0,43	0,25...1,25	0,35...1,1	10,3	86,2	0,024...0,076
<b>Nissan</b>	0,41	0,10...1,15	0,45...1,15	10,8	85,6	0,032...0,083

На основании представленных таблиц была построена диаграмма для параметра  $V_0$  – показатель маслостойкости канавок (Рисунок 3.3).

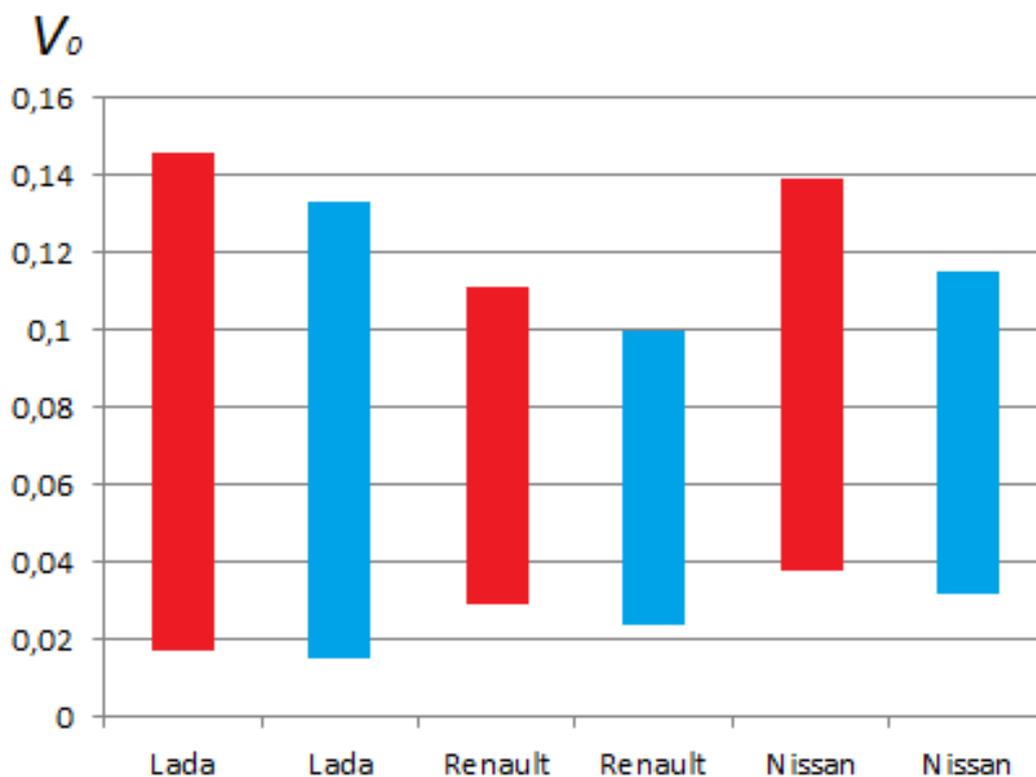


Рисунок 3.3 – Диаграмма полученных значений  $V_0$ .

Проанализировав данную диаграмму, были рассчитаны средние значения параметра « $V_0$ » для каждого цикла измерений (Таблица 10).

Таблица 10 – Усредненное значение параметра  $V_0$  для каждого цикла.

	<b>Lada</b>	<b>Renault</b>	<b>Nissan</b>
1 цикл	0,073	0,059	0,069
2 цикл	0,066	0,05	0,057

Проанализировав полученные значения, было рассчитано усредненное значение коэффициента точности измерения опорным способом относительно безопорного. Полученное значение данного параметра для блока фирмы Lada примерно равно 12,3 %; для Renault 15,3%; для Nissan 16,2%.

3.2. Методика получения поверхности с требуемым значением параметра шероховатости

### 3.2.1 Проблематика

Все повышающиеся требования к микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра привели к тому, что опытно-расчётным путем была выведена кривая Аббота-Файрстоуна. Благодаря этому удалось существенно повысить надежность, долговечность силового агрегата [22]. Кроме того, это позволило внедрить всеобщий стандарт в нормировании рабочих поверхностей данного типа.

Однако существует ряд факторов оказывающих негативное влияние на конечное качество изделия.

К таким факторам следует отнести:

1. Состояние обрабатывающего оборудования (актуальность, износ);
2. Качество обрабатывающего инструмента;
3. Режимы обработки;
4. Качество материала заготовки;
5. Микроструктура заготовки;
6. Качество сборки;
7. Полученное качество сопряжения трущихся поверхностей.

При этом, следует выделять факторы относящиеся к технологии получения детали (пункты 1,2,), факторы относящиеся к структуре материала (пункты 4,5) и факторы относящиеся к сборке узла (пункты 6,7).

Однако в современном автомобилестроении возможно применение нескольких способов по устранению вредных воздействий [23].

Способы устранения вредных факторов:

- Доработка режимов обработки рабочих поверхностей БЦ;
- Изменение материала маслоъемных колец;
- Параллельная финишная обработка рабочих поверхностей БЦ и маслоъемных колец.

Рассмотрим данные способы более подробно.

### 3.2.2 Доработка режимов обработки рабочих поверхностей БЦ

Сущность данного способа заключается в подборе оптимальных параметров поверхности «зеркала цилиндра», это может быть ужесточение или напротив, ослабление технических требований на ответственные поверхности [24]. Кроме того, существенных улучшениях удается добиться при корректировании параметра «угол хонингования».

Примерная последовательность шагов:

- Подбор оптимальных конечных параметров поверхности;
- Корректировка технологического процесса;
- Переналадка оборудования;
- Пробная партия обработанных деталей;
- Проверка полученной поверхности;
- Испытания собранного двигателя (прохождение периода обкатки);
- Проверка показателей потерь масла в период обкатки;
- Проверка параметров шероховатости поверхности после обкатки;
- Выводы.

По прохождении всех испытаний можно сделать вывод о степени улучшения [25].

### 3.2.3 Изменение материала маслоъемных колец

Суть способа заключается в назначении материала с меньшим значением параметра твердости. Для проверки метода требуются динамические испытания двигателя с дальнейшей диагностикой изношенных поверхностей.

### 3.2.4 Параллельная финишная обработка рабочих поверхностей БЦ и маслоъемных колец.

Проведение операции хонингования поверхностей БЦ и операции обработки поршневых колец параллельно, т.е. создание требуемой микрогеометрии пары (внутренняя цилиндрическая поверхность блока цилиндров – поршневые кольца) [26],[27].

Процесс обработки происходит параллельно на оборудовании с объединенным числовым управлением. Датчики со станка, обрабатывающего поверхность цилиндра, передают полученные значения на станок,

обрабатывающий группу поршневых колец для данного цилиндра. При этом удается получить комплект поршневых колец идеально подходящий обработанного цилиндра [28],[29].

При этом существует возможность уменьшения, либо и вовсе отказа от периода приработки двигателя [30]. Следовательно, рабочий период двигателя увеличивается примерно на 20%.

### 3.2.5 Преимущества и недостатки

Проанализировав данные предложения на возможность внедрения в технологическую цепь предприятия были выявлены следующие положительные и отрицательные пункты (Таблица 10).

Таблица 10 - Способы устранения вредных факторов, преимущества и недостатки

Способы	Преимущества	Недостатки
Доработка режимов обработки рабочих поверхностей БЦ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможность быстрого внедрения на производстве;</li> <li>• Не требуется дополнительные испытания остальных узлов ДВС (кольца, поршни);</li> <li>• Минимальные денежные затраты (расчет требуемых параметров, переналадка оборудования);</li> <li>• Уменьшение потребления масла двигателем.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Плавающее качество полученной поверхности;</li> <li>• Требуется переналадка оборудования.</li> </ul>
Изменение материала маслосъемных колец	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не требуется переналадка оборудования;</li> <li>• Изменение технологии производства ложиться на поставщика;</li> <li>• Уменьшение потребления масла двигателем.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствует возможность быстрого внедрения в производство;</li> <li>• Требуются дополнительные испытания остальных узлов двигателя;</li> <li>• Требуются дополнительные затраты (сорсинг, валидация, сертификация новых элементов).</li> </ul>
Параллельная финишная обработка рабочих поверхностей БЦ и маслосъемных колец	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможность полностью отказаться от периода приработки двигателя;</li> <li>• Увеличение ресурса мотора;</li> <li>• Уменьшение потребления масла двигателем.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дорогостоящая система взаимодействия между оборудованием;</li> <li>• Постоянный контроль и калибровка оборудования;</li> </ul>

Из всего выше представленного можно сделать вывод, что каждый из предложенных методов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, в условиях серийного производства и при ограниченных материальных и человеческих ресурсах предпочтительнее выбрать способ номер один.

Способы 2 и 3 требуют вложения ресурсов в проведение дорогостоящих испытаний, либо перестройке значительной части производственного процесса.

## ГЛАВА 4. Экономическая часть

### 4.1 Экономическое обоснование исследования

При корректной работе двигателя внутреннюю поверхность цилиндра находится в контакте с маслоудерживающими кольцами поршневой группы. После окончания периода приработки узлов двигателя (в данном случае, притирки поршневых колец и внутренних поверхностей цилиндров) должна обеспечиваться стабильная работа ДВС с установленной нормой потерь смазочной жидкости. Однако при нарушении, или несоблюдении, параметров изготовления или сборки происходит повышенный износ системы, который приводит к увеличению расхода смазочного вещества.

При этом можно выделить несколько критериев, негативно влияющих на работу системы:

1. Увеличение расхода смазочной жидкости;
2. Ухудшение качества смазочной жидкости в системе (обогащение смеси продуктами сгорания, а следовательно ухудшение смазывания отдельных элементов, может приводить к заклиниванию узлов ДВС);
3. Образование на поверхностях камеры сгорания нагара, вследствие чего ухудшается работа впускной/выпускной системы.

Данная проблема приводит к финансовым затратам производителя в период гарантии автомобиля. Основные затраты состоят из стоимости расходных материалов (масло, масляный фильтр) и стоимости работ.

Перечень работ:

1. Долив масла;
2. Замена масляного фильтра, в некоторых случаях прокладок;
3. Ремонт отдельных узлов ДВС.

#### 4.2 Количество обращений потребителей в период гарантии.

В данном разделе представлены обработанные данные по жалобам потребителей в период с 2011 по 2017 год (Рисунок 4.1 и Рисунок 4.2).

Для более детального рассмотрения данные были разбиты для 8 кл. и 16 кл. двигателей.

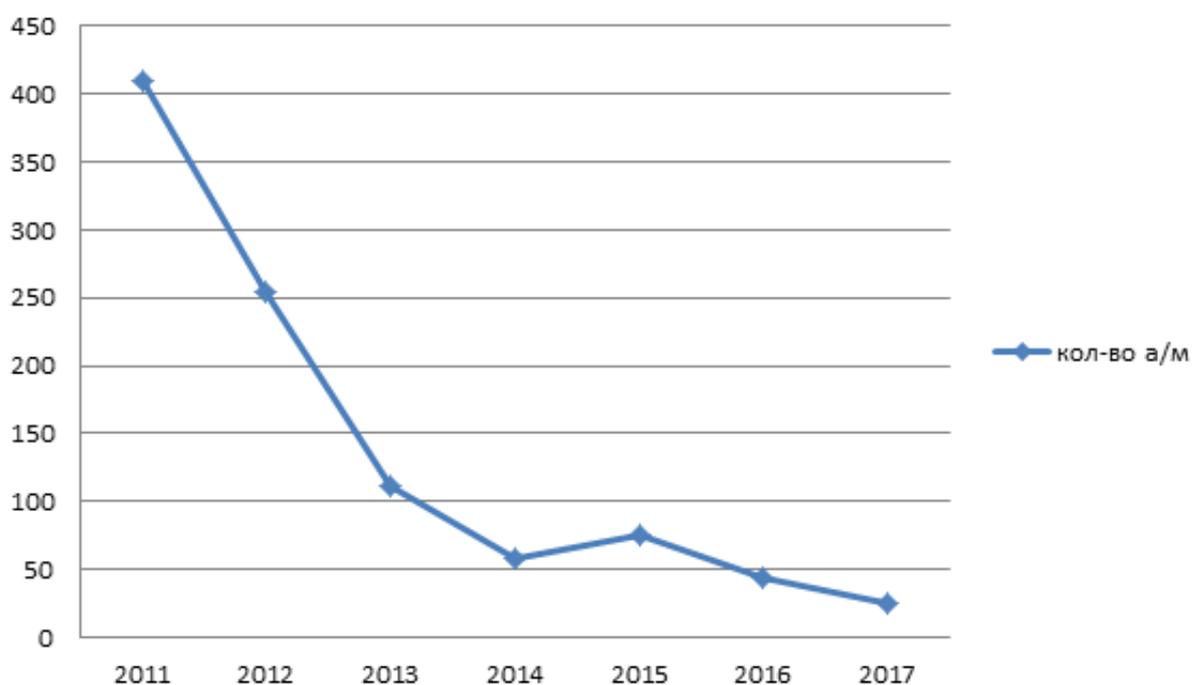


Рисунок 4.1 - Количество обращений потребителей в период 2011 – 2017 год для 8 кл. ДВС.

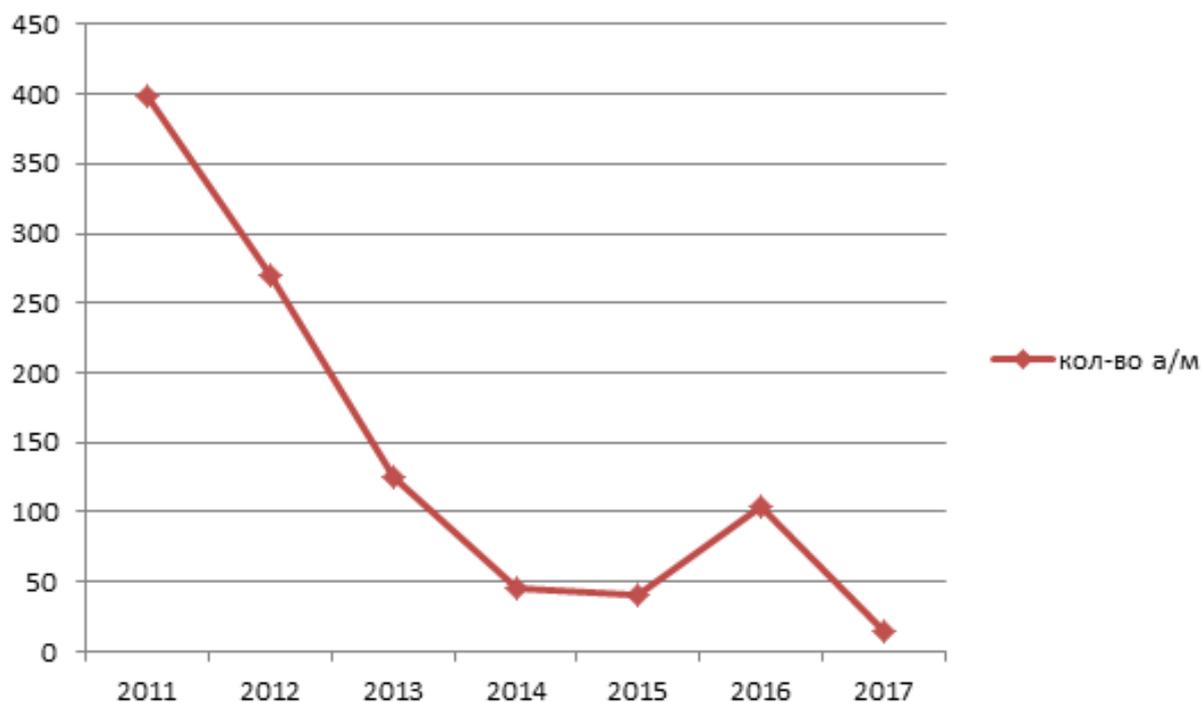


Рисунок 4.2 - Количество обращений потребителей в период 2011 – 2017 год для 16 кл. ДВС.

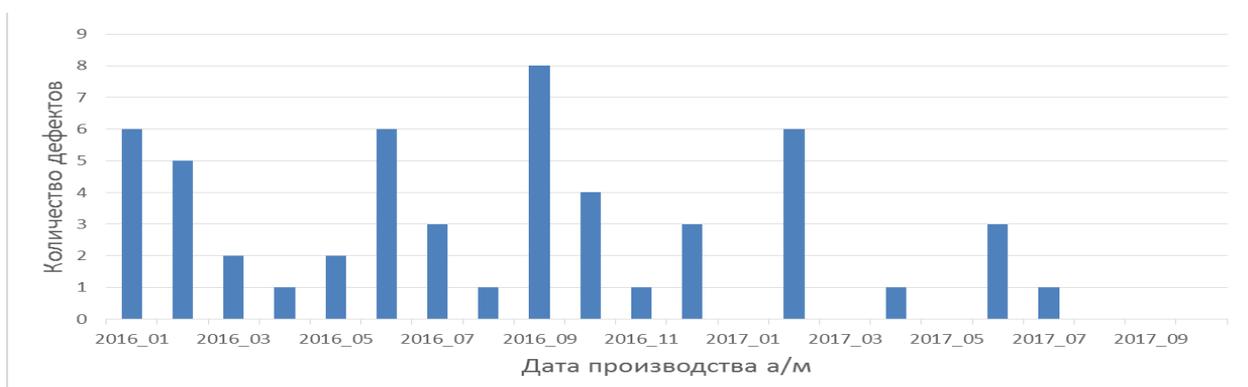


Рисунок 4.3 - Количество обращений потребителей в период 2016 – 2017 год для ДВС 1,6 л.

Как видно из графиков производитель с 2011 года непрерывно работал над повышением качества производства и сборки ДВС. Однако, несмотря на бесспорные успехи, обращения клиентов в дилерскую сеть не прекратились.

При анализе диаграммы представленной на рисунке 4.3. можно сделать вывод, что данный дефект имеет всплывающий характер появления. Следовательно, он может зависеть от периодически изменяющихся факторов.

К таким факторам можно отнести:

- Износ инструмента;
- Износ оборудования;
- Изменение состава материала для литья блока цилиндров;
- Партии поршневых колец от поставщика.

Затраты на устранение дефекта в период времени с 2011 по 2017 год составили (Рисунок 4.4).

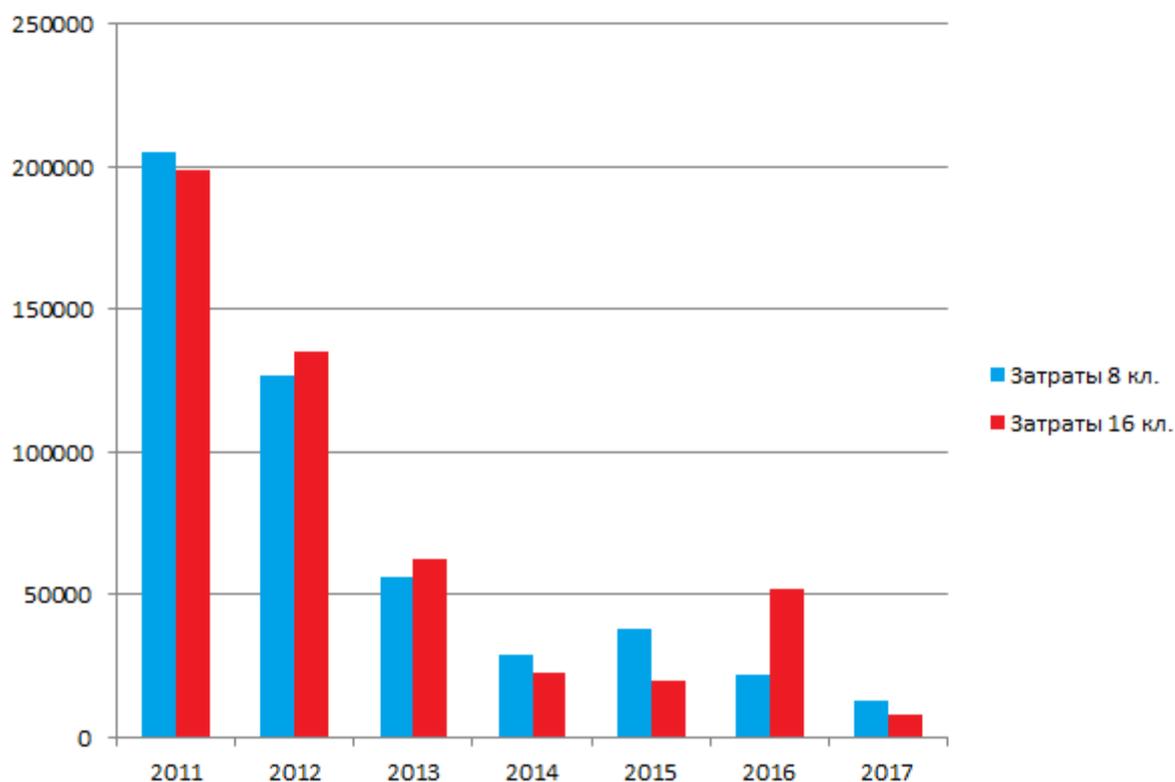


Рисунок 4.4 – Затраты на устранение дефекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской работе был проведен разбор конструкции и анализ износоустойчивости пары зеркало цилиндра – поршневые кольца.

Были определены эффективные методы получения расчетного параметра микрорельефа поверхности после финишной обработки.

Кроме того, был проведен анализ методов измерения параметров микрогеометрии поверхности, а также экспериментальное сравнение способов измерения;

Были разобраны параметры микрогеометрии рабочей поверхности «зеркала цилиндров» двигателя 11186 и его зарубежных аналогов. Определены основные расчетные параметры на основе российской и зарубежных стандартов.

Кроме того, был проведен анализ способов получения микрорельефа поверхности, их плюсы и минусы, а также перспективы применения технологии.

Также в ходе обучения была написана и опубликована одна статья (Приложение А).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт/ А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов; под ред. канд. техн. Наук Н.А. Табанчиковой – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2007.- 136 с.
2. Давыдов В.М. Анализ международной практики профильной и трехмерной оценки шероховатости поверхности. В.М. Давыдов, В.В. Заев, П. Н. Паночевный, Ю. А. Козаченко, О. В. Прохорев. – Хабаровск.: Изд-во ТОГУ, 2013. – 14с.
3. А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков и др.; Справочник технолога-машиностроителя. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Т1 – М.: Машиностроение, 2001. – с.912.
4. Порошин В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: Моно-графия/ В. В. Порошин – М.: Машиностроение-1, 2007. – 196 с.
5. ГОСТ 2789-2017. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. — Взамен ГОСТ 2789-73; — введ. 2017-07-13. — М.: Изд-во стандартов, 2017.— 8 с.
6. ГОСТ Р ИСО 4287-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности. Взамен ГОСТ Р ИСО 4287-96; — введ. 2016-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2016.— 20 с.
7. Хусу А. П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход)/ А.П. Хусу, Ю.Р. Витенберг, В.А. Пальмов; под общей редакцией А. А. Первозванского; Глав. ред. физ-мат. литературы – М.: Наука, 1975. - 344 с.
8. Новоселов Ю.К. Динамик формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та, 1979. – 145 с.
9. Лаврухин В.Н., Третьяков Н.В. Технологическое обеспечение

параметров микрогеометрии поверхностей деталей АМ // Труды 2-й Общероссийской молодежной конференции. Санкт-Петербург, 2012. С.177 – 179.

10. Позднов М.В., Основы преобразовательной техники: учеб. -метод. Пособие по выполнению курс. проекта/ М. В. Позднов; - ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2013. – 22 с.

11. ГОСТ 19300-2017. Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры. — Взамен ГОСТ 19300-86; — введ. 2017-07-13. — М.: Изд-во стандартов, 2017.— 11 с.

12. ГОСТ 27964-2017. Измерение параметров шероховатости. Термины и определения. — Взамен ГОСТ 27964-88; — введ. 2017-07-13. — М.: Изд-во стандартов, 2017.— 14 с.

13. ASME B46.1. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and lay). The American Society of Mechanical Engineers, 1996. 120 p.

14. ГОСТ 9378-2017. Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия. — Взамен ГОСТ 9378-93; — введ. 2017-07-13. — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2017. — 12 с.

15. ГОСТ 2.309-73. Обозначение шероховатости поверхностей. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 8с.

16. Priest M., Taylor C.M. Automobile engine tribology – approaching the surface, Wear. 2000, No. 241. Pp. 195-204.

17. Taylor C.M. Automobile engine tribology – design considerations for efficiency and durability, Wear. 1998, No. 221. Pp. 2-9.

18. Kolbenschmidt AG. Дефекты и поломки деталей цилиндро-поршневой группы. Техническая информация Kolbenschmidt AG, 2002. — 61 с.: ил.

19. Куликов С.И. Прогрессивные методы хонингования. С. И. Куликов, Ф. Ф. Ризванов, В. А. Романчук, С. В. Ковалевский. – М.:

Машиностроение, 1983. – 135 с.

20. Новиков Ф.В. Исследования шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке методами теории вероятности / Ф.В. Новиков, В.Г. Шкурупий // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ «ХП», 2004. - № 44. – С. 135-146.

21. Степанов Ю.С. Имитационное моделирование процесса внутреннего шлифования сборным комбинированным инструментом // Инженерный журнал 2007. №6. С. 33-37.

22. ISO 13565-2:1996. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности: профильный метод. Поверхности с послойным распределением функциональных свойств. Часть 2. Характеристика слоев методом выделения линейного участка на кривой процентного содержания материала. BSI, 2000. 30 с.

23. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.

24. Баранов В.Л., Лаврухин В.Н., третьяков Н.В. Экспериментально-теоретический способ изучения кинетики износа поверхностей с регулярной микрогеометрией // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2012. Вып. 11. С. 320 – 323.

25. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus.

26. Jain V.K. (Ed.) Nanofinishing Science and Technology: Basic and Advanced Finishing and Polishing Processes. Taylor & Francis Group, LLC, 2017. — 676 p. — (Micro and Nanomanufacturing Series)

27. Tschätsch H. Applied Machining Technology. Springer Science+Business Media, LLC., 2009. 375 p.

28. Microhoning Automotive Cylinder Bores, Cross Hatch, Vol. 9, No. 4, Nov.- Dec-. 1957, Schrift der fa. Micromatic Hone Corporation, Detroit, Michigan.

29. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. 2nd ed. — Cambridge, New York,

Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, S~ao Paulo, Delhi, Tokyo, Mexico City: Cambridge University Press, 2012. XII, 366 p.

30. Jan Luiken. De bykorf des gemoeds: honing zaamelende uit allerley bloemen : vervattende over de honderd konstige figuren : met godlyke spreuken en stichtelyke verzen (Dutch Edition). – 2011. 430 p.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ПРИКЛАДНАЯ  
МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА:  
СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ  
И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

*Материалы  
IV научно-практической международной конференции  
(школы-семинара) молодых ученых*

*В двух частях*

**ЧАСТЬ 2**



Тольятти  
2018

УДК 001.8  
ББК 72.52  
П759

**Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук:**  
П759 Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых : 23-25 апреля 2018 г. В двух частях. – Тольятти : Издатель Качалин Александр Васильевич, 2018.

**ISBN 978-5-6041225-1-8**

Часть 2 : Материалы секций III, IV. – 620 с.

**ISBN 978-5-6041225-3-2**

В авторской редакции.

В сборнике представлены материалы по проблемам междисциплинарных исследований в области математики, теоретической и прикладной информатики, экономики, социологии.

Цель сборника – привлечение молодых ученых к научно-исследовательской деятельности, обмен научными результатами и исследовательским опытом.

Сборник адресован научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам и студентам различных специальностей.

**Конференция проводится при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-31-10012\18)**

УДК 001.8  
ББК 72.52

**ISBN 978-5-6041225-3-2 (ч.2)**  
**ISBN 978-5-6041225-1-8**

© Авторы статей, 2018  
© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2018

<i>Т.С. Гончарова</i>	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ДОСТУПА В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	385
<i>К.В. Еськин, И.А. Ахметханов</i>	ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБОЙНЫХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА .....	390
<i>К.В. Еськин</i>	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO В КАЧЕСТВЕ ЛИНЕАРИЗИРУЮЩЕГО АЦП В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ЭЛЕКТРОННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ .....	396
<i>П.С. Замошин</i>	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕДАКТИРОВАНИЯ ТЕКСТОВЫХ ФАЙЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛЯРНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ .....	401
<i>В.А. Истомина, И.А. Седых</i>	ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ТАКАГИ-СУТЕНО-КАНГА В ПРОГРАММЕ MATHCAD НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА .....	407
<i>М.Г. Кадошников, А.А. Блинов, О.В. Авдеев., Г.В. Кожевников</i>	ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЕСА В ПРОГРАММЕ ANSYS .....	411
<i>Ю.Ю. Карпович</i>	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ БАНКОВСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ .....	416
<i>А.П. Кривенко</i>	ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОВОЛОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА ПУТЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	420
<i>О. А. Кудрявцев, А. В. Ларюков</i>	РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОЙКИХ ПАРОЛЕЙ.....	425
<i>А.С. Кузнецов</i>	ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ .....	429
<i>А.В. Кузнецова, О.Н. Яркова</i>	ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТА ТРАНСПОРТИРОВКИ ТОВАРОВ .....	432

$$b_{j,l} = b_{j,l} + hb \cdot \frac{dE}{db_{j,l}}, \quad (9)$$

$$\text{где } \frac{dE}{db_{j,l}} = \left( \hat{Y}_i - Y_i \right) \cdot \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^{sX+1} (P_{k,t} \cdot X_{i,t}) \cdot \frac{dw}{db_{j,l}}.$$

Этапы 1 и 2 выполняются до тех пор пока  $E > \delta$ .

В данной работе рассмотрены нечёткие нейронные сети. В качестве примера показано обучение ТСК-сети с помощью гибридного алгоритма обучения в программе Mathcad.

#### Список использованных источников

1. Седых, И.А. Исследование, анализ и обработка данных с помощью искусственных нейронных сетей в программе STATISTICA / И.А. Седых, В.А. Истомин // Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2017. – №1 (31). – С. 33-37.

2. Седых, И.А. Гибкое управление светофорной системой перекрестка на основе нейронных сетей [Текст] / И.А. Седых, Д.С. Демахин // Автоматизация процессов управления. – 2017. – №1(47). – С.94–100.

3. Нейро-нечёткие системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейро-нечёткие\\_системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нейро-нечёткие_системы) – 27.03.2018.

4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского – Москва: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

УДК 539.422.32

*М.Г. Кадошников, А.А. Блинов, О.В. Авдеев., Г.В. Кожевников*  
**ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЕСА В ПРОГРАММЕ ANSYS**

*Научный руководитель: Бобровский Н.М, д.т.н., профессор*

Тольяттинский государственный университет

(Россия, г. Тольятти)

*Введение:* Испытания для определения сопротивления колеса удару под углом  $13^\circ$  проводят с целью оценки прочностных характеристик диска при

ударе свободно падающего груза. Ударная нагрузка приходится на бортовую закраину обода колеса. Брусок падает со скоростью 2,12 м/с на обод диска перекрывая бортовую закраину на 25 мм. Угол между осью и горизонтальной плоскостью составляет  $13^\circ$  (см. рис. 1).

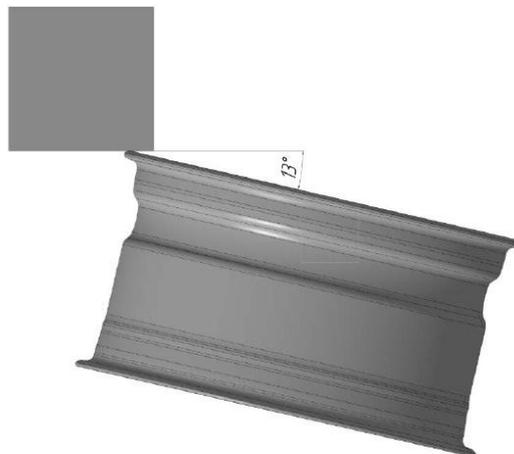


Рис. 1. Угол  $13^\circ$  между грузом и диском.

Размеры груза – ударного элемента составляют  $125 \times 125 \times 375$  мм.

Важно отметить, что последующий динамический расчет информационной системе ANSYS проводится в момент соударения бруска с диском [1]. Используя команду «Contact Sizing» мы выбираем грань, которая будет соприкасаться с закраиной обода диска (см. рис. 2).

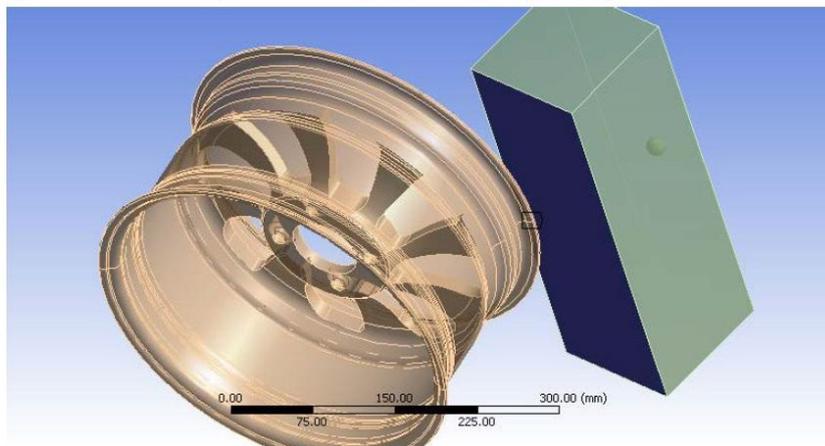


Рис. 2. Плоскость соприкосновения – Contact Sizing.

Далее необходимо выбрать грань или плоскость, где будет задана заделка. Мы выбираем плоскость ступицы и фиксируем её благодаря команде «Fixed Support» как показано на Рис. 3.

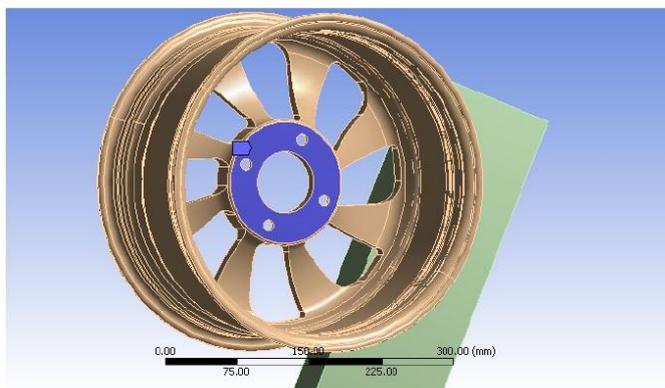


Рис. 3. Плоскость заделки (Fixed Support)

Ударная нагрузка должна быть приложена строго вертикально [2]. Поэтому чтобы груз во время своего движения не сместился в сторону необходимо ограничить его перемещения по плоскостям X и Y. Для этого воспользуемся командой «Displacement», которая позволит ограничить движение груза исключительно по плоскости Z. Эти ограничения по перемещению можно увидеть на Рис. 4, 5.

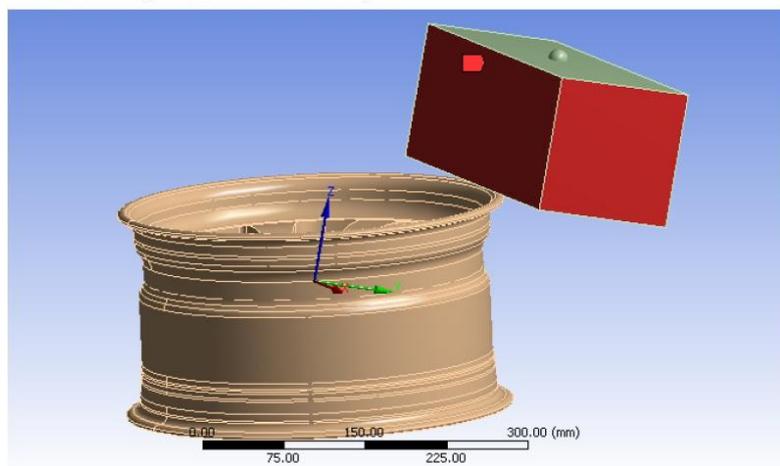


Рис. 4. Ограничение перемещения по плоскости X (Displacement)

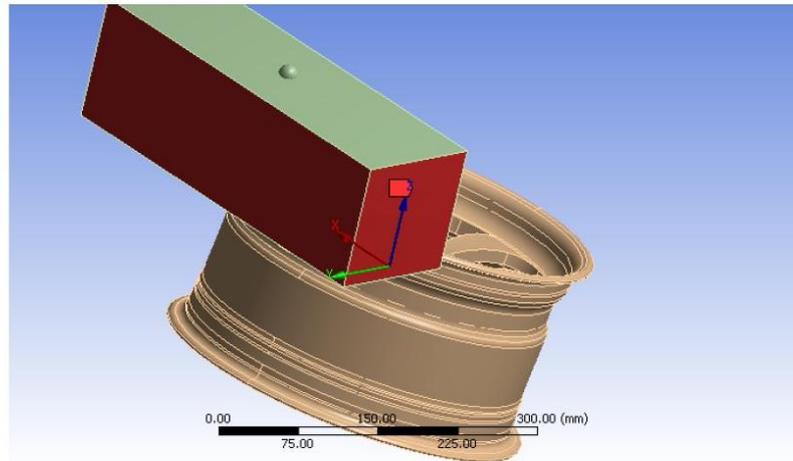


Рис. 5. Ограничение перемещения по плоскости Y (Displacement)

Далее задаётся сетка «Mesh». И так как эти динамические испытания более чувствительны к точности сетки, то в зоне соприкосновения нам необходимо уменьшить её размер (см. рис.6). Это позволит получить наиболее точные результаты.

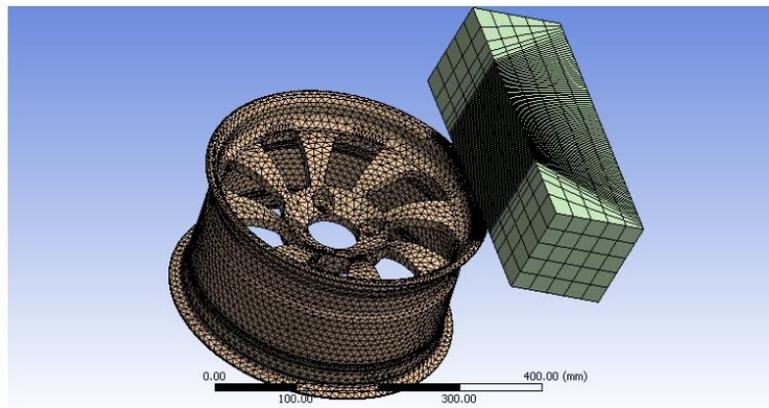


Рис. 6. Создание уменьшенной сетки «Mesh» в зоне контакта.

Полученные в ходе динамических испытаний (Transient Structural) результаты отображены на Рис. 7. Они позволяют увидеть напряжения и деформации, после приложенной ударной нагрузки. Планируемый стиль (см. рис.8)

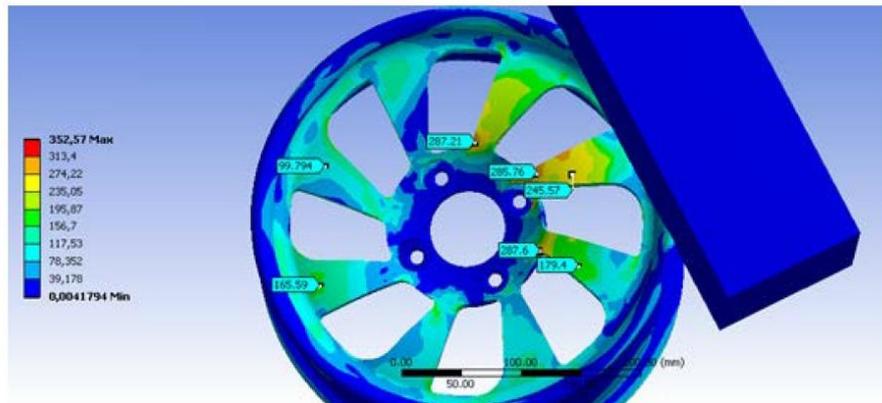


Рис.7. Результаты динамических испытаний колёсного диска (с замерами).



Рис.8. Стиль колесных дисков

*Вывод:* По результатам проделанных испытаний, можно сделать вывод, что приложенную ударную нагрузку данный колёсный диск прошёл. Полученные данные соответствуют допустимым пределам напряжений, и диск можно считать прочным.

#### Список использованных источников

1. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. – 2-е изд., испр. – М.: Ленанд, 2010. – 456 с.

2. Басов К.А. ANSYS. Справочник пользователя [электронный ресурс] / К.А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 640 с.

УДК 004.78:336.717 (045)

*Ю.Ю. Карпович*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ БАНКОВСКИХ  
ПРИЛОЖЕНИЙ**

*Научный руководитель: М.Ю. Лебедева, к.т.н., доцент*

Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ»

в г. Смоленске

(Россия, г. Смоленск, ms.juliakarovich@mail.ru)

С развитием современных технологий у человека появляется возможность использовать и хранить все информационные ресурсы в одном месте – телефоне. И это не удивительно, так как мобильные телефоны на сегодняшний день являются самым комфортным инструментом для совершения банковских операций [1].

За последние несколько лет управление финансами значительно упростилось. При наличии выхода в Интернет можно получить доступ к своим счетам и банковским картам в режиме работы 24/7. В настоящее время не существует банка, у которого нет своего собственного мобильного приложения для Android или iOS. Ведь именно на это обращают внимание многие клиенты при выборе банка, потому что это позволяет не только экономить время, но и отслеживать и выполнять все операции самостоятельно. Поэтому каждый день человек сталкивается с проблемой выбора самого удобного и функционального мобильного банкинга.

Из вышесказанного, можно сделать вывод, что данная тема актуальна, так как использование мобильных приложений набирает популярность и является отличным способом, который повышает лояльность уже привлеченных клиентов.