

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.91.01/02

**ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ
ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ****Р.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ; В.С. АНИСИМОВ; Г.И. ГВОЗДЬ**
(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК)

Рассматривается влияния шероховатости сферической поверхности детали на выбор режимов резания. Проведено сравнение расчетных значений шероховатости сферической поверхности с экспериментальными полученными значениями. Проанализированы результаты обработки образцов деталей со сферическими поверхностями на токарном станке с ЧПУ. Сформулированы предложения по обработке сферических поверхностей для получения равномерной шероховатости.

В настоящее время в машиностроении все больше возрастает потребность в обработке сферических поверхностей деталей с высоким качеством поверхности, в частности с низкой шероховатостью. Такие детали широко применяются в запорной арматуре (пробка шарового крана, сегмент шарового клапана), в рулевом управлении автомобиля (шаровой палец), различных механизмах для повышения эргономики (шар рукоятки, шаровая заглушка).

Существует большое количество методов и способов получения сферических поверхностей деталей. К ним можно отнести такие методы получения заготовок сферических поверхностей деталей, как штамповка, ковка, поперечно-клиновое прокатка, порошковая металлургия.

Однако данные методы не позволяют обеспечить требуемую шероховатость, следовательно, необходимо применение наиболее перспективных способов обработки резанием. К таким способам относятся: обработка фасонным резцом на универсальном токарном станке, режущим инструментом при совмещении двух вращений, резцом при совмещении двух подач на токарных станках, комбинированной головкой, шлифовальным кругом врезанием на шлифовальных станках. Наиболее доступным является способ обработки при совмещении двух подач на токарном станке с ЧПУ, так как другие способы требуют затрат по производству специального дорогостоящего режущего инструмента и оснастки [1].

Обработка сферических поверхностей деталей на токарных станках с ЧПУ имеет ряд особенностей, таких как постоянно изменяющиеся углы в плане лезвия режущего инструмента, скорости резания и подачи. Эти особенности существенно влияют на качество получаемой сферической поверхности.

Рассмотрим процесс обработки сферической поверхности диаметром 37 мм на токарном станке модели 16К20ФЗ с системой ЧПУ Sinumerik 802D при совмещении двух подач.

При обработке использовался токарный резец для контурной обработки Pafana SVJCR 2020 11, оснащаемый пластинами DСMT 070204. Данный резец имеет главный угол в плане $\varphi = 93^\circ$ и вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 52^\circ$.

Предварительно разобьем сферическую поверхность на 5 участков (рис. 1) и в центре каждого участка проведем касательную рабочую плоскость к сферической поверхности для измерения главного и вспомогательного углов в плане.

Так как углы в плане в процессе обработки сферической поверхности постоянно изменяются, то для прогнозирования шероховатости обработанной поверхности воспользуемся формулой [2]:

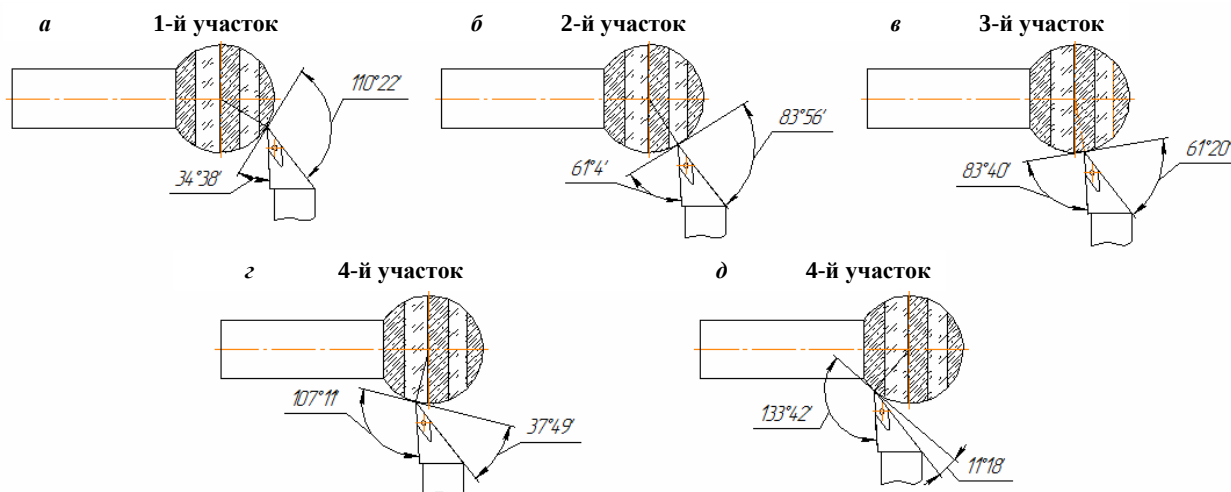
$$Rz = S_o \frac{\tan \varphi \cdot \tan \varphi_1}{\tan \varphi + \tan \varphi_1},$$

где S_o – продольная подача, мм/об; φ – главный угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане.

Предварительно примем для обработки сферической поверхности подачу на оборот, равную $S_o = 0,2$ мм/об.

Результаты качественной оценки шероховатости поверхности приведены на рисунке 2.

После обработки сферической поверхности диаметром 37 мм на токарном станке с ЧПУ с частотой вращения $n = 600$ мин⁻¹ и подачей $S_o = 0,2$ мм/об полученная сферическая поверхность имеет четко выделенные участки с различной шероховатостью $Rz_{\min}$ и $Rz_{\max}$ (рис. 3).



а – 1-й участок; б – 2-й участок; в – 3-й участок; г – 4-й участок; д – 5-й участок

Рисунок 1. – Положение режущего инструмента в процессе обработки на токарном станке с ЧПУ

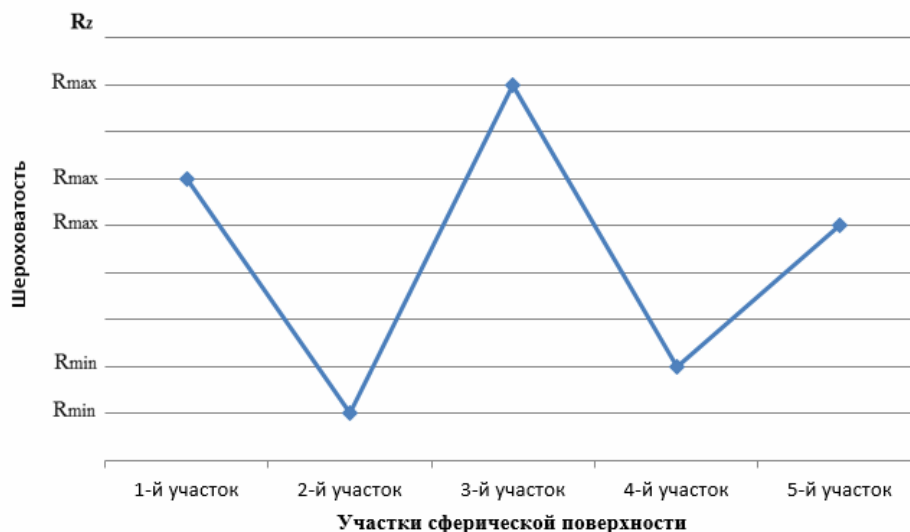


Рисунок 2. – Значения расчетной шероховатости на характерных участках

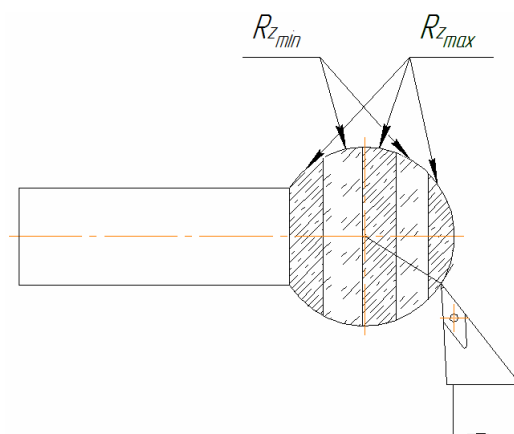


Рисунок 3. – Участки и значения шероховатости сферической поверхности после обработки на токарном станке с ЧПУ

Результаты качественной оценки параметров шероховатости совпадают с экспериментальными данными.

На основании исследований выработаны следующие рекомендации по снижению и равномерному распределению шероховатости сферической поверхности детали:

1) предлагается использовать резец, оснащенный круглой пластиной, что позволит в процессе обработки сферической поверхности детали сохранять постоянными главный и вспомогательный углы в плане;

2) изменения подачи и величины углов в плане лезвия режущего инструмента можно учесть в программе управления процессом обработки. Например, изменение значения угла в плане φ компенсировать изменением величины подачи $S_0 = f(R_z, \varphi, v)$;

3) ввести в программу управления процессом обработки изменение величины скорости резания. Так, например, при составлении программы по обработке сферической поверхности детали можно воспользоваться специальной функцией G96. При включении функции G96 частота вращения шпинделя адаптируется к диаметру обрабатываемой детали (поперечная ось) таким образом, что запрограммированная скорость резания на резце инструмента остается постоянной (частота вращения шпинделя и диаметр = const).

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ способов обработки сферических поверхностей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та: Сер. В, Прикладные науки. Промышленность. – 2006. – № 12. – С. 42–45.
2. Попок, Н.Н. Теория резания: учеб. пособие для студ. машиностр. специальностей / Н.Н. Попок. – Новополоцк : ПГУ, 2006. – 228 с.

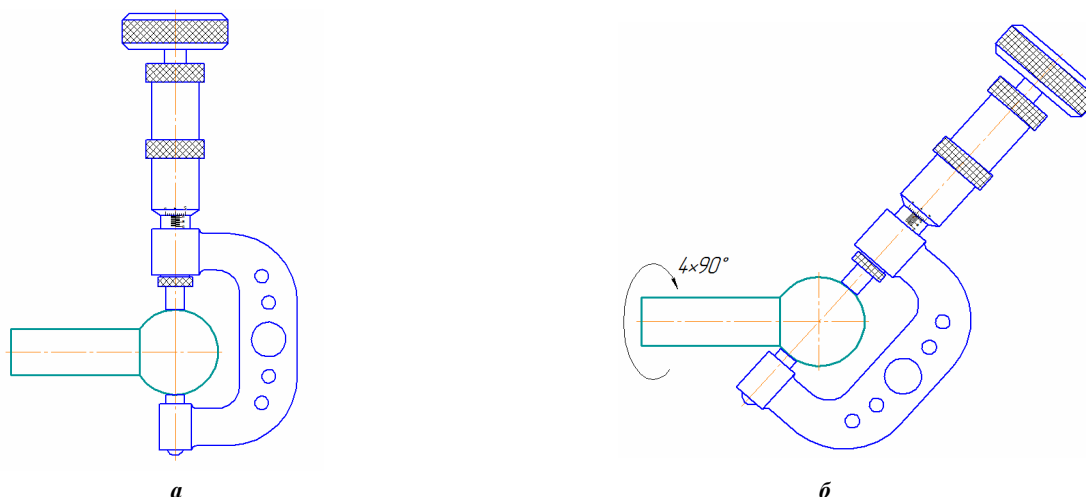
УДК 621.91.01/02

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ
И ТОЧЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ****Р.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ; В.С. АНИСИМОВ; Г.И. ГВОЗДЬ**
(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК)

Проведен анализ способов механической обработки сферических поверхностей деталей. Выбраны для исследования два способа обработки сферической поверхности деталей. Приведена методика исследования геометрической точности сферической поверхности и результаты исследования.

В машиностроении широко распространены детали со сферическими поверхностями, которые применяются в различных механизмах и узлах. К таким деталям можно отнести пробку в шаровом кране, шаровой палец в шаровой опоре автомобиля, шаровой сегмент в клапане и т.д. Данные детали должны обладать высокими качественными характеристиками и точным диаметральный размером по всей сферической поверхности детали.

Точность обработанной поверхности детали определяется отклонением её геометрической формы от правильной сферы. С целью определения этого отклонения производятся измерения диаметра сферы в плоскости, определяющей её «сжатость», так называемый «диаметральный размер», и в других четырех плоскостях, определяющих отклонение размеров сферы в этих плоскостях от диаметрального размера, а также отклонения размеров в этих плоскостях относительно друг друга. Схема измерения приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Схема измерения точности сферической поверхности
диаметрального размера (а); размера в 4-х сечениях (б)**

Образование в процессе обработки на детали сферы неправильной геометрии может привести к неработоспособности изделия или его неправильной работе. Так, например неточная сферическая поверхность на пробке шарового крана может привести к не герметичности, в шаровом пальце автомобиля – к повышенному износу шаровой опоры.

Для получения точного геометрического профиля и высокого качества сферической поверхности детали требуется специальный инструмент и технологическая оснастка. Существует большое количество специального инструмента, который работает по различным схемам обработки. К наиболее известным способам обработки относятся: обработка фасонным резцом на универсальном токарном станке; обработка резцом при совмещении двух подач на токарном станке с ЧПУ; обработка режущим инструментом при совмещении двух вращений; точение комбинированной головкой.

По результатам проведенного анализа способов обработки сферических поверхностей деталей установлено [1–5], что при обработке профильным инструментом возможны отклонения формы поверхности при неточном изготовлении инструмента. Обработка контурным резцом на токарном станке с ЧПУ позволяет достичь требуемой точности при условии малых перемещений рабочих органов станка. Более высокая точность достигается способами обработки с использованием комбинированной головки и специальной фрезы. Эти способы не только предполагают возможность настройки на размер, но и исключают

влияние погрешностей изготовления инструмента либо поворотного приспособления, так как точность формообразования сферической поверхности определяется точностью траектории движения заготовки и инструмента, то есть кинематикой процесса резания. С точки зрения трудоемкости изготовления инструмента наиболее предпочтительным является обработка на основе двух вращений (заготовки и фрезы).

На основании данного анализа в дальнейшем рассматривались два способа обработки, с помощью которых можно достичь требуемой точности сферической поверхности детали. Это обработка резцом при совмещении двух подач на токарном станке с ЧПУ и обработка режущим инструментом при совмещении двух вращений.

Обработка сферической поверхности детали «палец шаровой» производилась:

- на токарном станке с ЧПУ модели 16K20ФЗ, оснащенной системой ЧПУ Sinumerik 802D резцом для контурной обработки Pafana SVJCR 2020 11 с частотой вращения $n = 600 \text{ мин}^{-1}$ и с подачей $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$;

- на универсально-заточном станке модели ЗМ642 с помощью специальных твердосплавных фрез (рис. 2), которые имели различные диаметральные размеры: 25 мм, 30 и 35 мм. Обработка производилась при частотах вращения инструмента 3150 и 6300 мин^{-1} , а также при частоте вращения детали 60 мин^{-1} .



Рисунок 2. – Специальная фреза

Полученные сферические поверхности детали были измерены по схеме, представленной на рисунке 1. Измерения обработанных поверхностей проводилось с помощью микрометра МК 50-1 ГОСТ 6507 и микрометра МК 25-1 ГОСТ 6507.

Результаты измерения точности сферической поверхности, полученной на токарном станке с ЧПУ, показали, что отклонение диаметральных размеров составило не более 0,01 мм.

Результаты измерения точности сферических поверхностей, полученных на заточном станке режущим инструментом при совмещении двух вращений, приведены в таблице.

Результаты измерений сферических поверхностей деталей после обработки режущим инструментом при совмещении двух вращений

Диаметр фрезы	Размер сферы	Частота вращения 3150 мин ⁻¹			Частота вращения 6300 мин ⁻¹		
		№ детали					
		1	2	3	1	2	3
25	Диаметральный размер	25,44	25,19	24,95	24,85	24,98	25,47
	Размер в сечении 1	25,55	25,36	25,03	24,9	25,05	25,5
	Размер в сечении 2	25,53	25,34	25,03	24,87	25,06	25,5
	Размер в сечении 3	25,56	25,34	25,02	24,88	25,03	25,49
	Размер в сечении 4	25,56	25,31	25,04	24,89	25,04	25,54
30	Диаметральный размер	30,2	30	30,56	30,45	30,49	30,18
	Размер в сечении 1	30,23	29,99	30,57	30,48	30,5	30,17
	Размер в сечении 2	30,26	30,02	30,54	30,47	30,5	30,19
	Размер в сечении 3	30,25	30,02	30,54	30,47	30,5	30,19
	Размер в сечении 4	30,24	30,06	30,54	30,46	30,5	30,2
35	Диаметральный размер	35,29	35,18	35,38	35,28	35,28	35,99
	Размер в сечении 1	35,31	35,24	35,4	35,26	35,28	35,99
	Размер в сечении 2	35,37	35,21	35,42	35,25	35,28	35,99
	Размер в сечении 3	35,35	35,2	35,41	35,26	35,28	35,99
	Размер в сечении 4	35,31	35,21	35,39	35,26	35,28	35,99

Анализ результатов измерений, приведенных в таблице 1, показывает, что при обработке сферы $\varnothing 25$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,09...0,21$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют $0,02...0,07$ мм.

При обработке сферы $\varnothing 30$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,01...0,06$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют $0,01...0,03$ мм.

При обработке сферы $\varnothing 35$ мм отклонения размеров диаметров при частоте вращения инструмента 3150 мин^{-1} находятся в пределах $0,01...0,08$ мм; при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} и при обработке того же диаметра сферы отклонения составляют до $0,03$ мм.

Отклонения размеров объясняются неточностью установки оси вращения фрезы относительно оси заготовки, т.е. отсутствует пересечение осей в одной точке. Следовательно, имеет место образование эксцентриситетов e_1 и e_2 вдоль геометрических осей сферической поверхности (рис. 3).

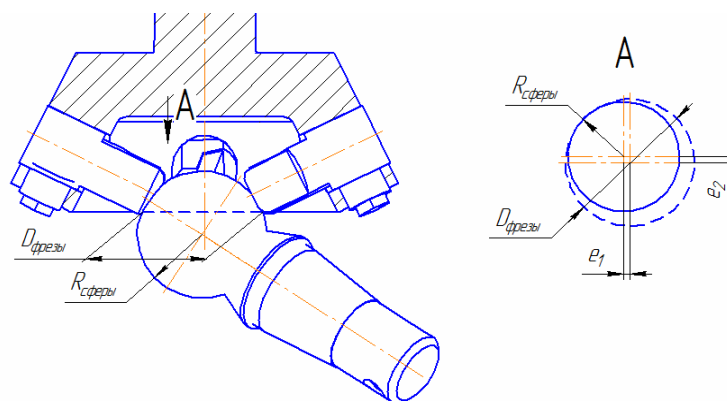


Рисунок 3. – Типовая картина образования эксцентриситетов

Более высокая точность размеров, достигнутая при обработке сферы $\varnothing 35$ мм при частоте вращения инструмента 6300 мин^{-1} , является следствием приработки зубьев на заданный диаметр.

В результате сравнения способов обработки сферических поверхностей деталей можно сделать выводы: точность сферической поверхности, полученной на токарном станке с ЧПУ, напрямую зависит от жесткости станка и дискретности перемещения его рабочих органов, а полученной фрезерованием – от точной установки фрезы относительно оси заготовки и от заточки инструмента, исключающей радиальное и торцовое биения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ способов обработки сферических поверхностей / Н.Н. Попок [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та: Сер. В, Прикладные науки. Промышленность. – 2006. – № 12. – С. 42–45.
2. Способы механической обработки наружной поверхности сферы / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета: Вып. 31. Прикладные науки. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – С. 134–137.
3. Способы обработки сферических поверхностей деталей и технологическое оснащение для их реализации / Н.Н. Попок [и др.] // Сборник научных трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. : в 3-х т. – Новополоцк : ПГУ, 2009. – Т. 2 : Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин. – С. 315–319.
4. Анализ конструкций технологического оснащения для точения вогнутых сферических поверхностей на универсальных токарных станках / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Вып. 68. Промышленность, 2013. – С. 92–94.
5. Анализ конструкций технологического оснащения для точения выпуклых сферических поверхностей на универсальных токарных станках / Р.С. Хмельницкий [и др.] // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Вып. 68. Промышленность, 2013. – С. 89–91.

УДК 621.91.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВИБРАЦИЙ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ И ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРИ ОБРАБОТКЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ ФРЕЗОЙ****А.В. СИДИКЕВИЧ; А.С. МАКСИМЧУК; С.А. ПОРТЯНКО**
(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК)

Представлены результаты экспериментальных исследований температуры, вибраций в зоне резания и шероховатости поверхности при обработке блочно-модульной торцевой фрезой в сравнении с существующим аналогом – сборной фрезой, сконструированной во ВНИИ инструмента.

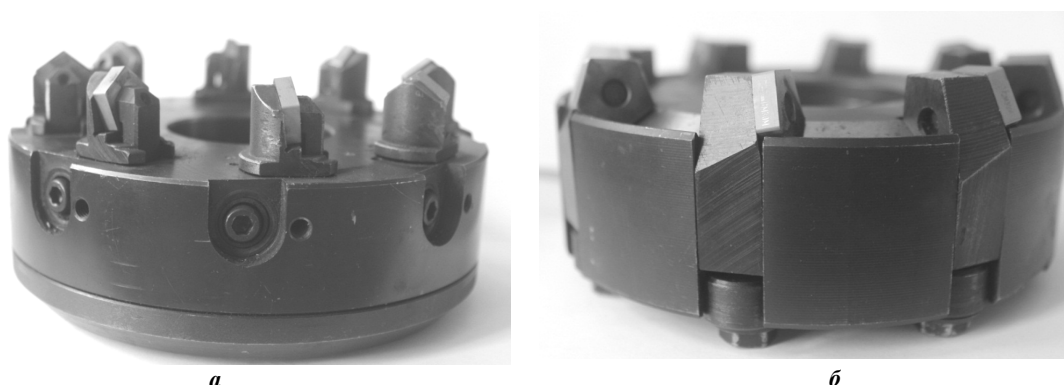
Для металлообрабатывающих производств промышленных предприятий чрезвычайно важное значение приобретает внедрение технологий, максимально задействующих эффективные режущие инструменты на имеющемся оборудовании.

Фрезерование является одним из наиболее часто используемых способов получения поверхностей резанием, в том числе при объединении нескольких видов обработки в одну операцию. Об этом свидетельствует создание обрабатывающих центров и многоцелевых станков, в частности пятикоординатных фрезерных станков. Основными достоинствами этого способа обработки являются высокая производительность (за счет высокой скорости резания), точность и качество обработанных поверхностей. Увеличение скорости резания предполагает применение фрез иных форм, с механизмами балансировки, из «облегченных» материалов и т.п. по сравнению с традиционными.

Создание конструкции сборной фрезы «обтекаемой» формы для скоростной обработки плоских поверхностей, снижающей температуру, вибрации и шероховатость поверхности технологической системы, является актуальной задачей для машиностроительного производства.

Предлагаются конструкции блочно-модульных торцевых фрез, в основе которых лежит унифицированный резцовый блок [1; 2]. Надёжность разработанной системы закрепления режущей пластины в блоке резцовом и блока резцового в корпусных модулях рассмотрена в [3].

Исследование температуры, вибраций в зоне резания и шероховатости обработанной поверхности детали. Исследования проводились для двух торцевых фрез – блочно-модульной, сконструированной на кафедре «Технологии и оборудования машиностроительного производства» (рис. 1, а) и сборной фрезы, сконструированной во ВНИИ инструмента (рис. 1, б). Конструкции обеих фрез построены по модульному принципу: у каждой фрезы имеется модуль корпусной, элемент зажима пластины режущей (блок резцовый) и элемент зажима блока резцового в модуле корпусном. Отличия этих фрез состоят в элементах базирования резцовых блоков: в первом случае это цилиндрические поверхности корпуса блока и отверстия в корпусном модуле; во втором случае это коническая кольцевая выточка в корпусном модуле, по криволинейной поверхности которой устанавливают резцовые пластины. В первом случае контакт блока с корпусом происходит по цилиндрической поверхности, во втором – контакт пластин с коническими поверхностями выточки корпуса происходит по линии, что снижает жесткость фрезы.



а – блочно-модульная; б – ВНИИ инструмента

Рисунок 1. – Сборные фрезы, использовавшиеся при проведении экспериментальных исследований

При экспериментальных исследованиях фрез выявлялось влияние различной глубины резания, подачи и частота вращения шпинделя станка на температуру, вибрации при резании и шероховатость поверхности.

Для обеих фрез были назначены следующие режимы резания:

1. Постоянная подача $S_m = 330$ мм/мин и частота вращения $n = 500$ мин⁻¹ при изменяющейся глубине резания $t = 0,5, 1, 2, 3$ мм;
2. Постоянная подача $S_m = 330$ мм/мин и глубина резания $t = 1$ мм при изменяющейся частоте вращения $n = 500, 800, 1000, 1250$ мин⁻¹;
3. Постоянная глубина резания $t = 1$ мм и частота вращения $n = 500$ мин⁻¹ при изменяющейся подаче $S_m = 85, 115, 170, 330$ мм/мин.

Следует отметить, что при исследованиях учитывались рекомендации стандартов по испытаниям фрез: ГОСТ 26596 «Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин» и ГОСТ 23726 «Инструмент металлорежущий. Правила приемки».

Результаты исследований представлены в таблице 1 в виде графиков.

Таблица 1 – Результаты исследования температуры, вибраций в зоне резания и шероховатости обработанной поверхности детали

Исследуемый параметр	Изменяемый параметр режима резания		
	глубина резания, мм	частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	подача, мм/мин
Температура резания, °C ($t = 12$ с)			
Уровень вибраций по оси Z, Дб 			
Шероховатость, мкм			
Условные обозначения: —●— фреза ВНИИ инструмента; —■— блочно-модульная фреза.			

После обработки на всех режимах был измерен износ режущих пластин, которые использовались на обеих фрезах. Результаты измерения износа режущих пластин представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения износа режущих пластин

Номер режущей пластины	Величины износа режущей пластины, мкм	
	блочно-модульная фреза	фреза ВНИИ инструмента
1	32	33
2	26	29
3	21	23
4	33	34
5	29	42
6	26	33
7	31	36
8	32	37

По полученным данным экспериментальных исследований температуры, вибраций в зоне резания и шероховатости обработанной поверхности детали, а также износа режущих пластин можно сделать следующие *выводы*:

- проведенные исследования двух аналогов сборных торцовых фрез при обработке плоских поверхностей деталей подтверждают точностные параметры разработанной конструкции блочно-модульной торцовой фрезы.

- при увеличении времени обработки температура в зоне резания растет за счет накопления теплоты в детали, причем интенсивность нарастания температуры резания меньше для блочно-модульной торцовой фрезы; что объясняется лучшим теплоотводом блочно-модульной фрезы за счет увеличения площади контакта блока резцового и корпусного модуля.

- при увеличении подачи температура в зоне резания возрастает; это связано с тем, что повышение подачи ведет к увеличению сечения срезаемого слоя, а, следовательно, к повышению сил резания и интенсивности тепловых потоков.

- при увеличении глубины резания температура повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении подачи; увеличение температуры связано с увеличением силы резания ($Q = P_z \cdot v$), что при этом теплоотвод, приводит к снижению интенсивного роста температуры; силы резания увеличиваются из-за увеличения ширины сечения срезаемого материала.

- выявлено, что температура поверхности резания увеличивается при увеличении скорости резания, так как возрастает количество теплоты резания, поступающего в обрабатываемую деталь; следовательно, общий объем теплоты резания постоянно увеличивается при увеличении скорости резания.

- уровень вибраций примерно одинаков, и находится в пределах 80-110 дБ, что объясняется общими колебаниями технологической системы заготовка-инструмент-приспособление-станок, и в свою очередь, колебания инструмента не значительны, что трудно выявить в общем спектре колебаний.

- высота неровностей по мере увеличения подачи возрастает, как для фрез ВНИИ инструмента, так и блочно-модульной торцовой фрезы; наибольшее влияние на процесс формирования шероховатости оказывают вибрации системы закрепления и стола станка.

- увеличение глубины резания не оказывает существенного влияния на шероховатость поверхности; отсюда можно сделать вывод, что для уменьшения шероховатости обработанной поверхности следует уменьшать подачу.

- с увеличением скорости (частоты вращения) инструмента высота неровностей поверхности возрастает, достигая своего наивысшего значения при 800 мин^{-1} ; дальнейшее повышение скорости резания выше данного значения уменьшает высоту шероховатости обработанной поверхности, что объясняется явлением наростообразования.

- износ режущих пластин блочно-модульной фрезы, в среднем на порядок ниже, чем пластин фрезы ВНИИ инструмента, что также свидетельствует о большей жесткости блочно-модульной фрезы, по сравнению с фрезой ВНИИ инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. по заявке № а2011026. Режущий инструмент / Попок Н.Н., Терентьев В.А., Хмельницкий Р.С., Сидикевич А.В., Сопиков И.Я.; заявл. 2011.01.06. – Выдано 2014.12.12.
2. Пат. по заявке № а2011025. Способ установки сменной режущей пластины в режущем инструменте / Н.Н. Попок, Терентьев В.А., Хмельницкий Р.С., Сидикевич А.В., Сопиков И.Я. ; заявл. 2011.01.06. – выдано 2014.12.12.
3. Попок, Н.Н. Совершенствование системы закрепления пластин режущих и блоков резцовых в блочно-модульных режущих инструментах / Н.Н. Попок, А.С. Максимчук, С.А. Портянко // Вестник Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2015. – № 2. – С. 16–22.

УДК 621.91.04

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**Е.В. БРИТИК, А.В. СИДИКЕВИЧ***(Представлено: д-р техн. наук, проф. Н.Н. ПОПОК)*

Рассматривается алгоритм оценки степени сложности изделий машиностроения. В частности, представлен алгоритм оценки степени технологической сложности на примере шпинделей станков.

В качестве признаков, характеризующих станок и инструмент, примем конструктивные (К), технологические (Т) и функциональные (Ф), которые будем оценивать по критерию степени сложности[1]:

Конструктивной – его конструкцией; технологической – его изготовлением; функциональной – набором функций, которые узел и машина имеет в процессе эксплуатации.

В отличие от известных подходов[2; 3] предлагается методика оценки сложности, предусматривающая обязательное ограничение объектов и процессов производства по частоте встречи или применения и моделирование ситуации с наиболее часто встречающимися или имеющими наибольшее применение в производстве. Это существенно сокращает время на проведение экспертизы.

Анализ по выпуску изделий на предприятиях позволяет выделить следующие возможные ситуации;

- 1) предприятие выпускает базовое изделие, близкое по номенклатуре новому;
- 2) предприятие не выпускает изделие, близкое по номенклатуре новому;
- 3) предприятие планирует выпускать новое изделие и созданием соответствующего технологического базиса.

Реализация алгоритма оценки степени сложности изделия, в каждой из этих ситуаций, связана с введением ряда понятий и определений.

Новое изделие – изделие, впервые принимаемое предприятием к производству.

Базовое изделие – изделие, ранее выпускавшееся предприятием серийно или массово.

Простейшее изделие – изделие с минимальным количеством структурных составляющих, определяющих его вид.

Сложнейшее изделие – изделие с максимальным количеством структурных составляющих, определяющих его вид.

Условная деталь – деталь, имеющая массовое использование в машиностроительных изделиях. В качестве условной детали целесообразно использовать вал среднестатистической степени сложности, поскольку именно валы имеют наибольший процент применения в современных машинах и токарных станках, составляющих большую часть производственного парка металлорежущих станков. Как правило, вал среднестатистической степени сложности выбирается из наиболее распространенной конфигурации в виде последовательной конструктивной структуры вала. К среднестатистическому валу не относятся: штифты, пальцы, плунжеры, оси, ходовые винты, стволы орудий, шпиндели, кулачковые валы, распределительные валы, коленчатые валы, валы дифференциальных и планетарных механизмов.

Применительно к инструменту в качестве условной деталью можно принять цельную резцовую вставку из инструментального материала с цилиндрической посадочной поверхностью.

Приведенная деталь – деталь, структурная сложность которой выражается числом содержащихся в ней условных деталей.

Структурная сложность – отношение числа деталей изделия к числу деталей простейшего изделия.

Эквивалент структуры детали – число условных деталей в структуре приведенной детали.

Эквивалент структуры узла (сборочной единицы) равен сумме эквивалентов структуры всех введенных деталей в узле:

Показатель степени сложности изделия – безразмерная величина, косвенно отражающая конструктивную, технологическую и функциональную специфику изделия.

Коэффициент выбора изделия – безразмерная величина равная отношению показателей степени сложности нового и базового изделий.

Предлагаемый алгоритм определения показателя технологической степени сложности изделия рассматривает ситуацию, когда предприятие выпускает базовое изделие, близкое по номенклатуре (наименованию) новому.

1.1 Выбирается сложнейшая типовая деталь в базовом изделии, желательно близкая по конфигурации к новому, или деталь, которая имеет максимальную трудоемкость дополнительной обработки от получения заготовки до готовой детали. Простейшую деталь выбирать не рекомендуется, в связи с возникновением большого количества различий и нарастания ошибки при оценке степени сложности.

Ограничения: для круглых деталей рассматриваем только длины поверхностей, без учета диаметров; для плоских деталей - только длину поверхности. Ширина вводится через поправочный коэффициент применения инструментов, обрабатывающих деталь за несколько проходов.

1.2 Рассчитывается на новой детали количество поверхностей, подвергаемых обработке к общему количеству поверхностей:

$$(K_{\text{обр. новой}} = n_{\text{обр. новой}} / N_{\text{общ. новой}}). \quad (1)$$

1.3 Рассчитывается на сложнейшей базовой детали количество поверхностей, подвергаемых обработке, к общему количеству поверхностей:

$$(K_{\text{обр. сложнейшей}} = n_{\text{обр. сложнейшей}} / N_{\text{общ. сложнейшей}}). \quad (2)$$

1.4 Сравнивается количество поверхностей новой и сложнейшей типовой детали в базовом изделии:

$$K_N = K_{\text{обр. новой}} / K_{\text{обр. сложнейшей}}. \quad (3)$$

Коэффициент должен быть меньше 1. Если получается больше 1, необходимо выбрать другую сложнейшую деталь.

1.5 Рассчитывается предварительный коэффициент изменения сложности относительно сложнейшей детали.

$$K_{\text{изменения сложности}} = K_N \cdot (K_{\text{обр. новой}} / K_{\text{обр. сложнейшей}}). \quad (4)$$

1.6 Рассматривается количество типовых технологических переходов обработки поверхностей сложнейшей детали исходя из точности, шероховатости и взаимного расположения поверхностей (рис. 1).

При этом принимается для каждой поверхности это количество за единицу.

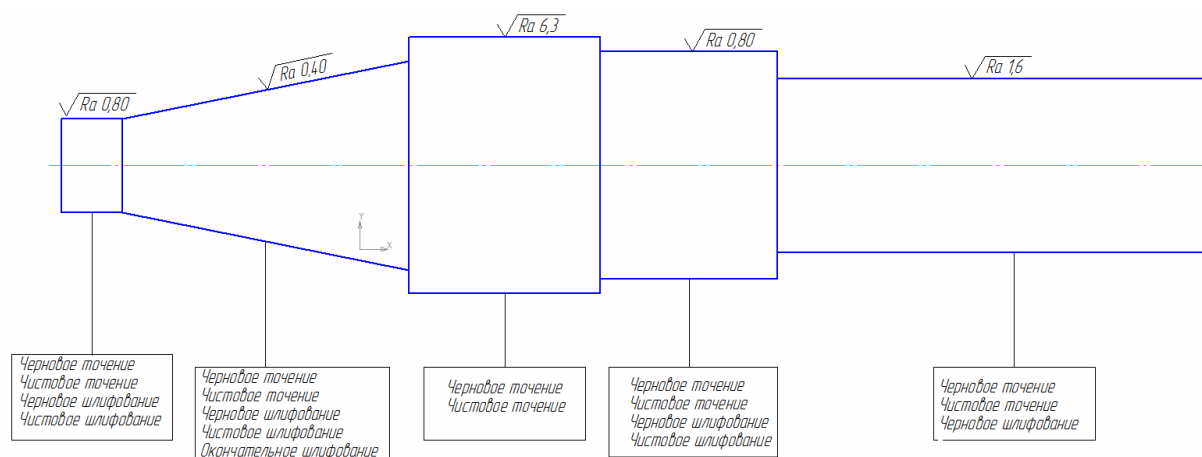


Рисунок 1. – Количество переходов на каждой поверхности детали

1.7 Рассматривается количество предполагаемых типовых технологических переходов обработки поверхностей новой детали исходя из точности, шероховатости и взаимного расположения поверхностей.

1.8 На каждую поверхность, в новой детали находятся коэффициенты отличия обработки от сложнейшей детали путем деления количества переходов для поверхности новой детали к количеству переходов этой поверхности на сложнейшей детали. Затем рассчитывается произведение этих коэффициентов.

$$K_{\text{переход общее}} = \prod_{i=1}^n K_i. \quad (5)$$

1.9 Определяется приведенная технологическая сложность новой детали:

$$Q_{\text{Тприведенная}} = K_{\text{изменения сложности}} \cdot K_{\text{переход общее}}. \quad (6)$$

Требует изучения вопрос определения поправочных коэффициентов, которые учитывают влияние неоднозначных факторов, например, длина обрабатываемой поверхности или применение нестандартных методов обработки поверхностей.

Рассмотрим определение степени сложности заточного станка. В этом станке сложной деталью является, шпиндель. Был проведен расчет, технологической сложности детали, близкой по наименованию к базовой. Для расчета были использованы 6 шпинделей различных шлифовально-заточных станков.

Были апробированы несколько вариантов определения показателя степени сложности. По одному из вариантов, сравнение количества переходов проводилось относительно левого торца деталей (табл. 1–2). По другому варианту происходило сравнение поверхностей с максимальным числом переходов (табл. 3–4).

Таблица 1 – Количество переходов при обработке шпинделей по первому варианту

Детали	Количество переходов обработки на каждой поверхности									
Шпиндель 5	4	3	2	3	4	3				
Шпиндель 4	4	5	4	4	3	4				
Шпиндель 3	4	4	1	4	5					
Шпиндель 2	4	4	4	5	4					
Шпиндель 1	5	2	4	5	2					
Базовый шпиндель	5	4	6	5	2	5	6	4	5	1

Таблица 2 – Степень сложности поверхностей и детали по первому варианту

	Степени сложности отдельных поверхностей									Степень сложности шпинделя
Сложность 5	1	0,5	0,67	1	1	0	0	0	0	0,33333
Сложность 4	0,8	1	0,67	1	2	0	0	0	0	1,06667
Сложность 3	0,8	1	0,17	0,8	2,5	0	0	0	0	0,26667
Сложность 2	0,8	1,25	0,67	0,8	1,5	0,8	0	0	0	0,64
Сложность 1	0,8	0,75	0,33	0,6	2	0,6	0	0		0,144

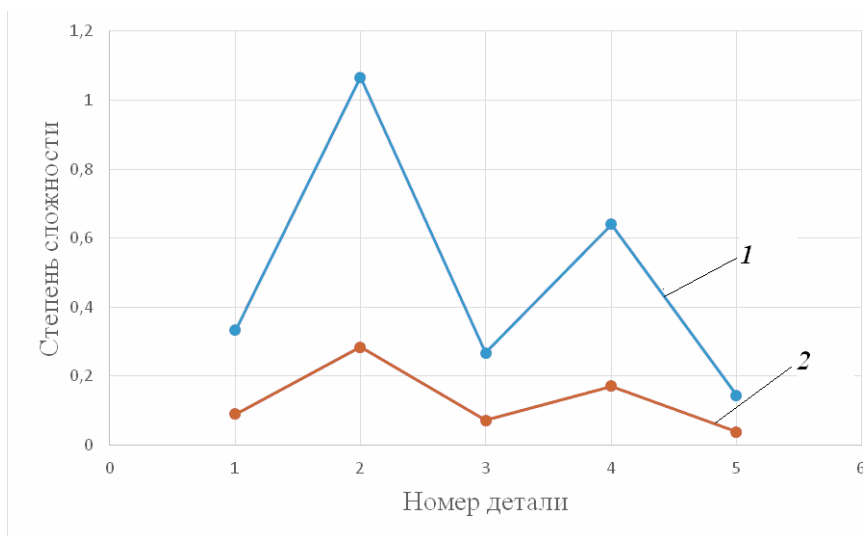
Таблица 3 – Количество переходов при обработке шпинделей по второму варианту

Детали	Количество переходов обработки на каждой поверхности									
Шпиндель 5				2	3	3	3	4	4	
Шпиндель 4				3	4	4	4	4	5	
Шпиндель 3					1	4	4	4	5	
Шпиндель 2					4	4	4	4	5	
Шпиндель 1					2	2	4	5	5	
Базовый шпиндель	2	4	4	5	5	5	5	6	6	2

Таблица 4 – Степень сложности поверхностей и детали по второму варианту

	Степени сложности отдельных поверхностей									Степень сложности шпинделя
Сложность 5	0	0	0	0	0,4	0,4	0,8	0,83	0,833	0,088889
Сложность 4					0,8	0,8	0,8	0,67	0,833	0,284444
Сложность 3					0,2	0,8	0,8	0,67	0,833	0,071111
Сложность 2				0,6	0,8	0,8	0,8	0,67	0,833	0,170667
Сложность 1				0,4	0,6	0,6	0,6	0,67	0,667	0,0384

На рисунке 2 представлено в виде графиков сравнение степеней сложности, определенных по разным вариантам. Предложенные варианты дают сопоставимые значения показателей степени сложности, можно наблюдать совпадение точек минимумов и максимумов значений степени сложности.



1 – вариант 1; 2 – вариант 2

Рисунок 2. – Сравнение степеней сложности деталей, рассчитанное по разным вариантам

Закключение. Предложенный алгоритм определения технологической степени сложности изделий машиностроения, показывает адекватные результаты проведенных исследований. Приведенная методика обладает новизной, а также имеются все предпосылки для её дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н.Н. Обеспечение мобильности машиностроительного производства на основе технологических модулей / Н.Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2009. – № 8. – С. 123–129.
2. Раскин, П.Н. Оценка конструктивно-технологической сложности при прогнозировании трудоемкости и затрат на ранних стадиях его жизненного цикла / П.Н. Раскин, А.И. Коршунов. – Воткинск : Воткинский филиал им. ГТУ, 2008.
3. Якимович, Б.А. Экспертные методы оценки структурно-параметрической сложности деталей / Б.А. Якимович, А.И. Коршунов // Информатика. Машиностроение. – М. : Машиностроение, 1997. – № 3. – С. 28–32.

УДК 621.9.04

**АНАЛИЗ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА
ДЛЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ****П.Н. РОГОВ***(Представлено: А.С. КИРИЕНКО)*

Проиллюстрирован краткий обзор последних достижений абразивной промышленности, а также создания новых видов и типов инструментов. Показана роль и развитие инновационных технологий процессов шлифования и правки, приведен ряд примеров высокоэкономичной инженерной практики лидеров производства данного инструмента в области упомянутых технологий.

Шлифование – одна из старейших операций обработки в истории человечества. Уже в каменном веке люди использовали шлифовальные абразивные материалы – шлифовали камень для создания оружия и инструментов. В то время шлифовальным абразивным материалом служила каменная пыль, которую растирали палкой или отрезком кожи на поверхности обрабатываемого предмета. В более поздние времена на камнях из песчаника затачивали стальные лезвия. Такие шлифовальные абразивные инструменты, как алмаз и наждак, превращали алмазы в бриллианты.

С развитием промышленности, особенно в конце XIX века, сильно выросла потребность в шлифовальных абразивных материалах. Каменщики Англии, Франции, Швеции и Америки быстро обогащались – в этих странах были найдены наиболее удачные по структуре шлифовальные точильные камни, которые продавались во всем мире. Рост спроса быстро поднял цены на природные абразивы, так как искусственных еще не изобрели. Высокие цены стимулировали поиск заменителей. Здесь успеха достиг американский изобретатель Ачесон, который в 1890 году, расплавив в дуговой электропечи смесь кварцевого песка, каменного угля и каменной соли, получил кристаллы карбида кремния – в то время второго после алмазов по твердости вещества. Фактически с того времени стали развиваться современные шлифовальные абразивные инструменты.

Сейчас абразивная обработка стремительно завоевывает все новые и новые позиции: она уже не просто способ «доведения деталей», получения определенной чистоты поверхности, а серьезный конкурент операций, выполняемых на металлорежущих станках. На многих предприятиях заготовки из литейного цеха не идут на станки для точения, строгания и фрезерования, а подвергаются лишь абразивной обработке.



Рисунок 1. – Примеры эластичного шлифовального инструмента

Существует несколько методов нанесения абразивного покрытия: традиционный механический метод [2], электростатический метод [3], способ строго ориентированного электростатического формообразования рабочей поверхности гибкого абразивного инструмента [3], нанесение абразивного порошка с помощью технологий 3D-печати. В настоящее время данный способ не используется в производстве данного инструмента, но находится в стадии разработки.

Цель всех разработок в области шлифовальных инструментов – интенсификация процесса резания. Основываясь на данных, полученных в результате анализа литературы, представим перечень инновационных методов, направленных на достижение высокой производительности и точности шлифования.

- 1) Скоростное и сверхскоростное шлифование [4].
- 2) Применение систем контроля скорости вращения шпинделя шлифовального станка [4].
- 3) Использование воздушных и гидростатических шпинделей шлифовальных станков [5]. Высокоточная установка прецизионных станков, исключая их вибрацию, и применение высокопрочных материалов для фундамента станков [4].

4. Применение специальных конструкций сопел для подачи охлаждающей жидкости. В настоящее время широко используются сопла Coherent Jet Nozzles [6] с лазерной системой управления и подачей охлаждения, а также комбинации нескольких сопел, называемых «игольчатыми» или «многоточечными» [5].

5. Применение рефрактометров и pH-контрольных систем для мониторинга смазочно-охлаждающей жидкости в процессе обработки [4].

6. Использование в охлаждающей системе фильтров.

7. 100%-ная автоматическая динамическая балансировка шлифовального инструмента [6].

8. Применение новых методов правки и шлифования, в частности, обеспечивающего наноточность ELID – метода, ультразвукового и лазерного шлифования (SLC) [5].

9. Применение шлифовального инструмента, оснащенного температурными и иными сенсорами, контролирующими процесс шлифования [5].

10. Применение различных основ (на бумажной либо на тканевой основе) для нанесения абразивного порошка.

11. Использование технологии 3D-печати в производстве шлифовального инструмента.

К 1995 году средняя скорость шлифования эластичными лентами на предприятиях США составляла 120 м/с, а к 2000 году – уже 160 м/с. В настоящее время сообщается о создании и внедрении в производство станков, обрабатывающих высокопрочный чугун со скоростью 200 м/с. Эксперименты со скоростью шлифования до 500 м/с проводились с 1991 года [7], однако применение столь высоких скоростей в действующем производстве сдерживается требованиями безопасности.

В связи с этим возникают вопросы обеспечения прочности шлифовального инструмента. В работах [4] представлены новые расчетные методы оценки прочности высокоскоростных инструментов.

Не останавливаясь подробно на различных конструкциях высокоскоростных шлифовальных инструментов [5], отметим, что серьезно стоит вопрос выбора основы для нанесения абразивного порошка. В настоящее время компания *Erwin Junker Maschinenfabrik* проводит исследования по данной разработке. Для достижения наноточности обработки *Rollomatic* предлагает использовать выпускаемые компанией специальные ленточные круги *Fluss Line*. Эта линия кругов имеет инновационные физико-механические свойства. К примеру, корпус круга состоит частично из алюминия, а частично из каучука. Каучуковая подложка, расположенная под алмазоносным слоем, гасит микровибрации, отслеживает изгиб и микроповорот заготовки в процессе обработки [7].

В заключение отметим, что в рамках данной статьи невозможен всеобщий охват современных инструментов и технологий шлифования. Тем, кто интересуется процессами абразивной обработки, рекомендуем посетить сайты *Abrasives Mall* и *ASME*, где имеется обширная информация обо всех аспектах процессов шлифования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завистовский, С.Э. Конструкторско-технологическое обеспечение качества отделочно-абразивной обработки сложно-профильных изделий / С.Э. Завистовский // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: материалы междунар. науч.-техн. конф. «Упрочнение, восстановление и ремонт на рубеже веков», Новополоцк, 2001 г. – Новополоцк, 2001. – С. 657–660.
2. Завистовский, С.Э. Технология изготовления специального ленточного абразивного инструмента / С.Э. Завистовский, А.С. Кириенко // Прогрессивные технологии, технологические процессы и оборудование: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 2003 г. – Могилев, 2003. – С. 156–158.
3. Особенности формообразования мелкодисперсных порошков абразивных материалов в электростатическом поле / С.Э. Завистовский [и др.]. // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия: 6-я междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2004 г. – Минск, 2004. – С. 308–309.
4. Левко, В.А. Интенсификация процессов абразивной обработки деталей: автореф. дис... канд. техн. наук / В.А. Левко. – Красноярск : САА, 1998. – 20 с.
5. Лубинин, М.А. разработка и внедрение технологии экструзионного шлифования труднодоступных поверхностей деталей: автореф. теор. дис... канд. техн. наук / М.А. Лубинин. – М. : НИИТМ, 1987. – 18 с.
6. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
7. Сысоев, А.С. Абразивная обработка деталей / А.С. Сысоев, С.К. Сысоев, М.А. Лубин // Технология машиностроения. – 2002. – № 4. – С. 28–32.

УДК 621.9.04

ТЕХНОЛОГИЯ 3D-ПЕЧАТИ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

П.Н. РОГОВ

(Представлено: А.С. КИРИЕНКО)

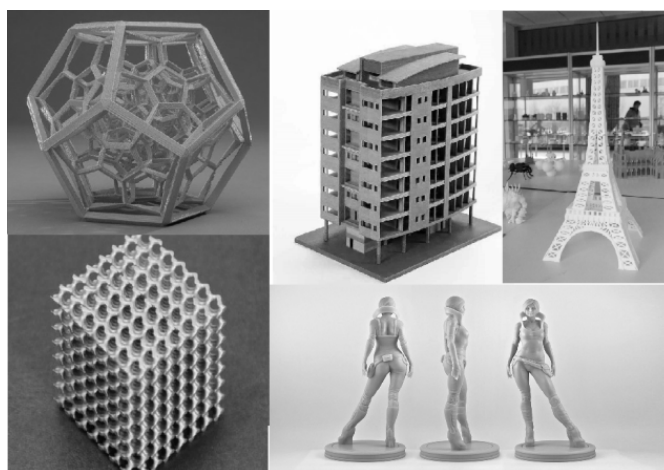
Рассмотрены основные технологии 3D-печати и адаптация способа 3D-печати для создания эластичного шлифовального инструмента с ориентированными зернами периодического действия. Показаны основные преимущества предлагаемой технологии – ресурсосбережение и материалоемкость получения инструмента.

«Трехмерная печать» – звучит довольно необычно, но с точки зрения технологии сам процесс довольно прост. Трехмерный объект формируется слой за слоем, «строительным» материалом служат полимеры, которые накладываются друг на друга, образуя монолитную структуру. Переоценить значение 3D-печати практически невозможно.

В наше время продукция, созданная посредством трехмерной печати, задействована во всех сферах – от стоматологии до инженерии. Такие устройства задействованы в изготовлении авторских украшений. В домашних условиях родители смогут обеспечить ребенку развлечения с уникальными игрушками, второго экземпляра которых не найдется [1].

В процессе создания трехмерного объекта может быть использовано несколько видов технологий. Самыми известными видами считаются такие методы, как лазерная стереолитография, лазерное спекание, наплавление, электронно-лучевая плавка и ламинирование. Однако разработки в этой области не останавливаются. Есть вероятность, что в ближайшем будущем, технологии, которые используются сейчас будут заменены на более усовершенствованные. О главном назначении всех технологий 3D-печати недвусмысленно говорит их часто употребляемое общее название – быстрое прототипирование (RP), быстрое изготовление прототипов. Сегодня без 3D-принтеров не могут обойтись медицинское моделирование (протезирование, моделирование органов и пр.), обувная промышленность, мелкосерийное литейное производство, картография, геодезия, ландшафтный и архитектурный дизайн и многие другие отрасли.

В машиностроении, автомобильной или авиационной промышленности проведение конструкторских работ не мыслится без технологий быстрого прототипирования. Также и пищевая промышленность, ювелирное дело: оказывается, представители этой старинной профессии, можно сказать, первыми взяли RP-технологии на вооружение. Не обошли вниманием RP-технологии и художники-скульпторы.



Возможности печати 3D принтера

Технологии аддитивного производства также используются при изготовлении медицинских изделий, например, на стереолитографических принтерах печатают имплантаты для стоматологического протезирования. Кроме того, на 3D-принтерах получают искусственные фрагменты скелета, костей, черепа и хрящей человека.

Перспективное направление – использование в качестве материала различных типов клеток человеческого организма, благодаря чему появляется возможность печати тканей и органов для транспланта-

ции. Сегодня создали несколько принтеров, способных печатать объекты очень точно (в сто микрон). Подобные аппараты способны создать сравнительно сложные 3D-объекты. Это и детские игрушки, и сложные архитектурные модели. Такие принтеры дают возможность ученым не просто анализировать прототип, но и ощутить его на ощупь.

В ювелирном деле 3D-принтер используется для создания отливочных формы, археологи – для воссоздания первоначального вида фрагментов [1].

В разных технологиях вместо клея может быть использован сплавляющий лазер либо ультрафиолет. Кроме этого, принтер абсолютно лишен так называемого «человеческого фактора». То есть машина не совершает ошибок, благодаря чему изделия получаются абсолютно точными и идентичными оригиналу [3].

Различают 3D-принтеры, печатающие пластиком и металлом. Способов трехмерной печати много, основные отличия их друг от друга заключаются в принципах формирования слоев и их соединения между собой, а также используемых в работе материалов. К основным относят: экструзионную печать, порошковый способ печати, фотополимеризационную печать, ламинирование.

Основываясь на существующих технологиях 3D-печати, нами предлагается *механизм получения поверхностных периодических слоев эластичных инструментов из пудры абразива с использованием ориентации частиц*, путем 3D-печати слоев и последующего их лазерного спекания.

Актуальность предложения в том, что оно относится к виду технологических инноваций и направлено на разработку технологии и оборудования для 3D-печати эластичного инструмента периодического действия с ориентированными зёрнами абразива. Использование такого инструмента при обработке конструкционных материалов приведет к повышению производительности и качества отделочной обработки в 1,3...1,5 раза [2]. Технологический процесс производства эластичного абразивного инструмента будет основан на принципе работы 3D-принтеров: порошкового и ламинированного.

Основные преимущества предлагаемой технологии:

- ресурсосбережение и материалоемкость получения инструмента;
- снижение импорта абразивного инструмента из зарубежных стран;
- снижение расхода дорогостоящих абразивных материалов, за счет формирования однослойного ориентированного покрытия рабочей поверхности инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3D-принтеры и 3D-печать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dpmake.com>. – Дата доступа: 13.05.2015.
2. Завистовский, С.Э. Рационализация конструкции и особенности технологии изготовления оптимального абразивного инструмента / С.Э. Завистовский, А.С. Кириенко, Т.И. Завистовская // Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления : сб. тр. первой междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 11–13 декаб. 2002 г. – Минск, 2002. – С. 27–31.
3. Муромцев, Д.Ю. Основы проектирования электронных средств / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. Ч. 1. – М., Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – С. 23–25.

УДК 629.331

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Е.А. ШУЛЬЧЕНКО, В.И. ХОМЧЕНКО
(Представлено: В.В. КОСТРИЦКИЙ)

Рассматриваются методики диагностирования электронных систем управления двигателем при помощи сканера и мотортестера. Выявлены причины неустойчивой работы двигателя на малых оборотах, повышенного расхода топлива и ухудшения динамических характеристик, диагностируемого этими приборами автомобиля. Показан наиболее эффективный метод диагностирования электронных систем управления двигателем.

Современный автомобиль невозможно представить без электронной системы управления двигателем (ЭСУД). Основным элементом ЭСУД является электронный блок управления. Он способен воспринимать информацию только в виде электрических сигналов, характеризующихся тем или иным значением напряжения, частоты, скажности и т.п. Но параметры работы двигателя носят чисто физические характеристики. Чтобы сообщить их блоку управления, необходимо преобразовать физическую величину в величину электрическую, пригодную для обработки в блоке управления в соответствии с заложенной в него программой. Для данного процесса в электронных системах управления двигателем используются датчики. Диагностика любого датчика ЭСУД сводится к проверке адекватности преобразования физического параметра в электрический параметр [1].

В исследовательской работе с целью выявления причины неустойчивой работы двигателя на малых оборотах, повышенного расхода топлива и ухудшения динамических характеристик автомобиля Volkswagen Bora 1998 г. с двигателем АКЛ было проведено диагностирование датчиков ЭСУД. При этом для проверки исправности датчиков применялись два диагностических прибора – сканер и мотортестер.

Диагностирование при помощи сканера. Сканером, или сканирующим прибором, называют компьютерные тестеры, служащие для диагностирования различных электронных систем управления посредством считывания цифровой информации с диагностического разъема автомобиля. Обычно сканер подключается к компьютеру через последовательный порт для передачи данных. Подключив сканер, диагност получает возможность «увидеть» сигнал датчика «глазами» блока управления [2].

При выполнении исследовательской работы диагностирование датчиков ЭСУД выполнялось при помощи сканера Launch 431 Pro. Диагностирование сканером не заняло много времени. Методика диагностирования заключалась в следующем:

- 1) подключить сканер к OBD2-разъёму автомобиля, предварительно определив, где он находится;
- 2) выбрать из предложенного списка сканером марку автомобиля, соответствующую диагностируемому автомобилю;
- 3) после чего сканер произведет автоматическое выявление неисправностей. При этом если есть неисправности, на экране высвечиваются их цифровые коды, хранящиеся в памяти блока управления автомобилем.

После автоматической проверки системы сканер не выявил неисправностей.

Диагностирование при помощи мотортестера. Мотортестер – основной из диагностических приборов, на которых базируется вся процедура современной моторной диагностики. Он является инструментом, позволяющим снимать информацию непосредственно с датчиков двигателя. При выполнении исследовательской работы диагностирование датчиков выполнялось при помощи мотортестера USB Autoscope 4.

Для того чтобы оценить выходной сигнал датчика при помощи мотортестера, необходимо подключить его щупы к цепи датчика: один к массе, другой к сигнальному проводу. Поэтому для диагностирования ЭСУД при помощи мотортестера, в первую очередь, необходимо знать состав датчиковой аппаратуры, расположение их штекерных соединений и разводку проводки в блоке управления. Для этого необходимо иметь электрическую схему и схему расположения элементов в подкапотном пространстве.

Из электрической схемы определено, что в состав датчиковой аппаратуры данной электронной системы управления двигателем автомобиля Volkswagen Bora входят семь датчиков (датчики циклических процессов (ДПКВ и ДПРВ) и датчики сопутствующих процессов (ДПДЗ, ДТОЖ, ДОРВ, ДД, ДКК)). Также определены места и расположение штекерных соединений и сигнальных проводов.

Диагностирование датчиковой аппаратуры при помощи мотортестера заключается в просмотре осциллограмм с целью выявления отклонений сигнальных напряжений от эталонных.

При проверке шести датчиков не было выявлено отклонений в их работе. Осциллограммы выходных сигналов этих датчиков на всех режимах диагностирования соответствовали осциллограммам исправных датчиков. Седьмой же датчик, а именно датчик концентрации кислорода, не прошел проверку так как его осциллограммы не соответствуют правильной работе. Поэтому рассмотрим методику диагностирования датчиков при помощи мотортестера USB Autoscope 4 на примере датчика концентрации кислорода, так как он и являлся причиной нестабильной работы двигателя рассматриваемого автомобиля. Проверка остальных датчиков проводилась по аналогичным методикам.

Проверка работоспособности датчика концентрации кислорода. Датчик кислорода (лямбда-зонд) устанавливается в выхлопном коллекторе таким образом, чтобы выхлопные газы обтекали рабочую поверхность датчика. В зависимости от концентрации кислорода в выхлопных газах, на выходе датчика появляется сигнал. Уровень этого сигнала может быть низким (0,1...0,2 В) или высоким (0,8...0,9 В).

Таким образом, датчик кислорода – это своеобразный переключатель, сообщаящий контроллеру впрыска о качественной концентрации кислорода в отработавших газах. Таким образом, по сигналу от лямбда-зонда блок управления двигателем корректирует длительность впрыска топлива так, что состав топливо-воздушной смеси оказывается максимально близким к стехиометрическому (идеальное соотношение воздух/топливо) [3].

Для просмотра осциллограммы напряжения выходного сигнала датчика концентрации кислорода пробник щупа должен быть подсоединён параллельно сигнальному выводу датчика (рис. 1).

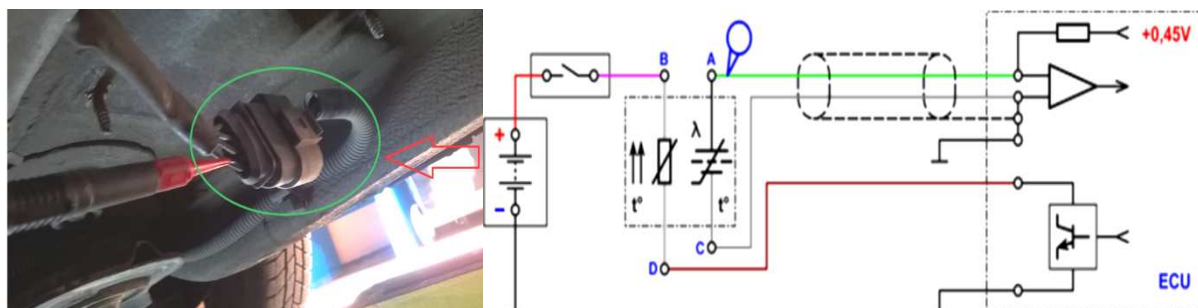


Рисунок 1. – Подключение к датчику концентрации кислорода при помощи щупов мотортестера

После подсоединения осциллографического щупа и выбора режима отображения осциллограммы напряжения необходимо запустить двигатель. После пуска двигателя, чтобы датчик вступил в работу, необходимо дать ему прогреться. Однако у данного датчика зона прогрева отсутствует (рис. 2).



Рисунок 2. – Отсутствие зоны прогрева

Напряжение выходного сигнала при работе двигателя на холостом ходу почти стабильное, его значение близко к опорному напряжению и лежит в диапазоне от 525 до 625 мВ (рис. 3).

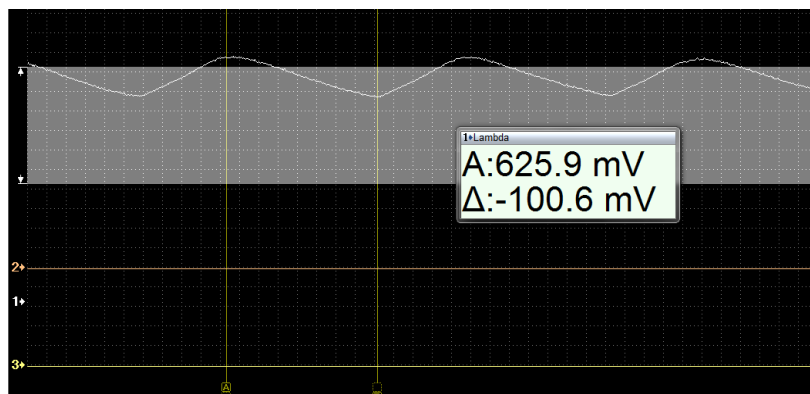


Рисунок 3. – Форма сигнала при работе двигателя на холостом ходу

Для исправного датчика концентрации кислорода напряжение выходного сигнала при работе двигателя на холостом ходу должно изменяться от 0,2 до 0,9 В.

Когда двигатель работает на обогащённой топливовоздушной смеси, уровень содержания кислорода в отработавших газах понижен, при этом датчик генерирует сигнал высокого уровня напряжением 0,9 В. При поступлении сигнала высокого уровня от лямбда-зонда блок управления двигателем начинает уменьшать длительность впрыска топлива, тем самым обедняя топливовоздушную смесь. Когда двигатель работает на обеднённой топливо-воздушной смеси, уровень содержания кислорода в отработавших газах повышен, при этом датчик генерирует сигнал низкого уровня напряжением 0,2 В, время переключения сигнала не должно превышать 120 мс, а частота переключения не должна быть ниже 2 Гц.

В случае диагностируемого датчика концентрации кислорода время переключения сигнала составила 4,4 с (рис. 4), а частота переключения сигнала – 84,46 мГц (рис. 5).

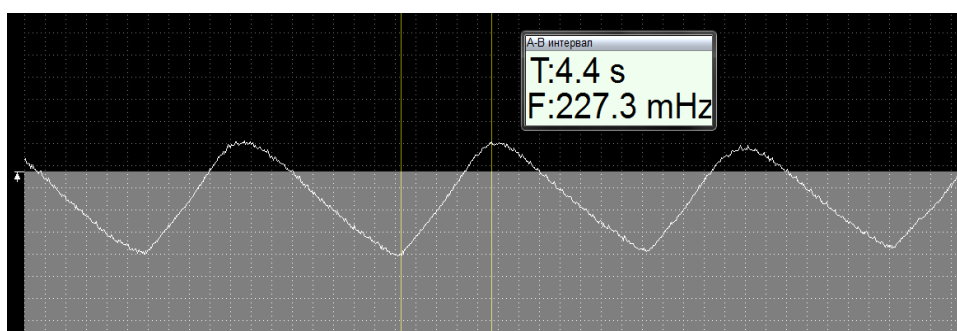


Рисунок 4. – Время переключения сигнала

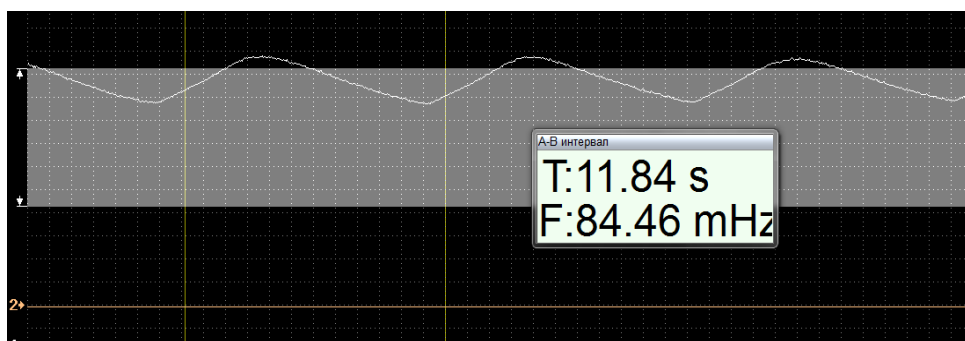


Рисунок 5. – Частота переключения сигнала

По полученным значениям напряжения выходного сигнала при работе двигателя на холостом ходу, времени и частоте переключения можно сделать вывод, что датчик концентрации кислорода неисправен и подлежит замене.

Неисправность датчика концентрации кислорода является причиной неустойчивой работы двигателя на малых оборотах, повышением расхода топлива, а также ухудшением динамических характеристик автомобиля.

Таким образом, по итогам исследования можно сделать следующие **выводы**:

1. Работа сканером более простая и удобная, однако обмен информацией между электронным блоком управления и сканером происходит достаточно медленно, и какие-то интересные и важные моменты сигнала можно попросту не обнаружить.
2. Мотортестер позволяет оценить сигнал датчика качественно и подробно, не пропустив ни малейшей детали, хотя трудоемкость его применения выше, чем у сканера.
3. Только при помощи мотортестера была выявлена неисправность ЭСУД, в частности неисправность датчика концентрации кислорода, которая и являлась причиной неустойчивой работы двигателя на малых оборотах, повышения расхода топлива, а также ухудшения динамических характеристик автомобиля.
4. Современный автомобиль невозможно представить без электронной системы управления, поэтому многие СТО стремятся предоставлять услуги для диагностирования этой системы, при этом зачастую обходятся только сканером. Однако, как показывает практика, для оценки состояния ЭСУД такого диагностического оборудования недостаточно. Использование мотортестера и осциллографа требует специальных знаний, умений и навыков, которые лежат на границе дисциплин, связанных с устройством автомобиля и дисциплин электротехники и электроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко, О.Л. Электронные системы автомобилей: учеб. пособие / О.Л. Коваленко ; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. – 80 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chiptuner.ru/content/sensor>. – Дата доступа: 01.05.2016.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://injectorservice.com.ua/docs/temperature_sensor_diagnostics.pdf. – Дата доступа: 01.05.2016.

УДК 629.331

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ С ТУРБОНАДДУВОМ

Д.В. КУХАРЕВ, Е.В. КОШМАН*(Представлено: канд. техн. наук, доц. Т.В. ВИГЕРИНА)*

Рассматриваются способы повышения эффективности работы двигателей внутреннего сгорания с турбонаддувом. Проведен анализ статистических данных по способам устранения проблем с турбоямой. Детально рассмотрены устройства и принцип действия каждого из способов, проанализирован сам принцип действия турбонаддува, выявлены его достоинства и недостатки.

В настоящее время турбонаддув является наиболее эффективной системой повышения мощности двигателя без увеличения частоты вращения коленчатого вала и объема цилиндров. Турбонаддув – вид наддува, при котором воздух в цилиндры двигателя подается под давлением за счет использования энергии отработавших газов. Помимо повышения мощности турбонаддув обеспечивает экономию топлива в расчете на единицу мощности и снижение токсичности отработавших газов за счет более полного сгорания топлива [1].

Система турбонаддува применяется как на бензиновых, так и на дизельных двигателях. Вместе с тем наиболее эффективен турбонаддув на дизелях вследствие высокой степени сжатия двигателя и относительно невысокой частоты вращения коленчатого вала. Сдерживающими факторами применения турбонаддува на бензиновых двигателях являются возможность наступления детонации, которая связана с резким увеличением частоты вращения двигателя, а также высокая температура отработавших газов (1000 °С по сравнению с дизельными двигателями 600 °С) и соответствующий нагрев турбоагнетателя.

Рассмотрим принцип работы турбонаддува (рис. 1). На одном валу расположены крыльчатка-нагнетатель и крыльчатка-турбина, каждая из которых вращается в своей улитке. Отработавшие газы из выпускного коллектора проходят через одну из улиток и вращают крыльчатку-турбину. Вращение посредством общего вала передается второй крыльчатке, которая повышает давление атмосферного воздуха, проходящего через вторую улитку. При небольших оборотах давление выхлопов становится малым. Так как турбина изготавливается из чугуна и имеет большой вес, поэтому на раскрутку крыльчатки уходит много времени. Степень сжатия в сравнении с атмосферными двигателями снижена. Следовательно, на малых оборотах возможен провал по мощности («турбояма») [2].

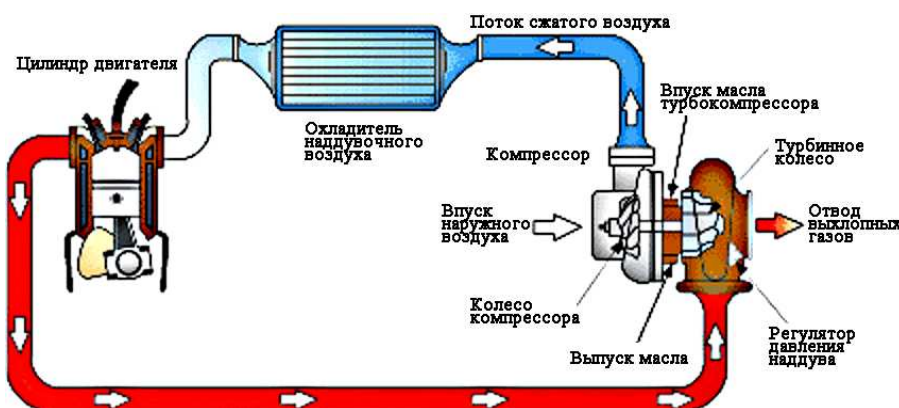


Рисунок 1. – Принцип работы турбонаддува

При высоких оборотах, когда турбина раскрутилась, чувствуется рывок. Однако возникает еще одна проблема – нагревание обеих крыльчаток. На впуске идет горячий воздух, а для оптимизирования рабочего процесса потребуется холодный. По этой причине необходимо специальное охлаждение наддувочного воздуха с помощью интеркулера, то есть промежуточного охладителя. Наддувной воздух перед попаданием в цилиндры проходит через интеркулер.

Основным элементом управления системы турбонаддува является регулятор давления наддува, который представляет собой перепускной клапан – вестгейт. Клапан ограничивает энергию отработав-

ших газов, направляя их часть в обход турбинного колеса, тем самым обеспечивает оптимальное давление наддува. Клапан имеет пневматический или электрический привод. Срабатывание перепускного клапана производится на основании сигналов датчика давления наддува системой управления двигателем. В воздушном тракте высокого давления (после компрессора) может устанавливаться предохранительный клапан. Он защищает системы от скачка давления воздуха, который может произойти при резком закрытии дроссельной заслонки. Избыточное давление возможно стравливать в атмосферу с помощью блуофф-клапана или перепускать на вход компрессора с помощью байпас-клапана.

Основные плюсы турбонаддува – повышение коэффициента полезного действия и экономичности двигателя автомобиля. Причина этого в том, что система приводится в действие за счет энергии отработавших газов, не отнимая мощность у мотора. Турбонаддув обеспечивает более полное сгорание горючего, что улучшает экологичность. Кроме того, наддув понижает температуру камеры сгорания, что приводит к уменьшению образования оксида азота.

К недостаткам турбонаддува можно отнести необходимость аккуратного обращения, так как масло к подшипникам компрессора подается под давлением, пока работает двигатель автомобиля. После поездки, когда мотор горячий, стоит только выключить зажигание, и масло подаваться перестанет. Чтобы избежать поломки, необходимо дать мотору поработать некоторое время на холостых оборотах, и только потом заглушить. Некоторые автомобили оснащаются турботаймером, который берет эту заботу на себя.

Обратная сторона повышения мощности мотора при сохранении общих характеристик, то есть форсирования, – интенсивный износ узлов, как следствие, снижение ресурса силовой установки. Кроме того, турбины требуют применения специальных сортов моторных масел и строгого соблюдения рекомендуемых изготовителем сроков обслуживания. Еще более требователен воздушный фильтр.

Недостаток системы турбонаддува – чувствительность к износу поршневой группы. Возрастание давления картерных газов ощутимо снижает ресурс турбины. При продолжительной работе в таких условиях наступает «масляное голодание» и поломка турбокомпрессора. Причем повреждение этого агрегата вполне может привести к выходу из строя всего двигателя.

Другие значительные минусы – это ограниченный диапазон эффективной работы турбокомпрессора и турбояма (замедленный отклик турбины на нажатие педали газа). Система турбонаддува эффективно работает в довольно узком диапазоне частоты вращения коленчатого вала, который зависит от размеров турбины. Этот дефект называют турбоямой. Чем больше размеры и масса турбокомпрессора, тем дольше будет раскручиваться турбина. Эффективность работы турбины сильно зависит от оборотов двигателя. На малых оборотах количество выхлопных газов совсем небольшое, а их скорость и давление также малы [3; 4].

Основной недостаток турбин это наличие турбоямы. Существует несколько способов решения данной проблемы:

- применение турбины с изменяемой геометрией;
- использование двух последовательных или параллельных турбокомпрессоров (twin-turbo или bi-turbo);
- комбинированный наддув;
- использование присадок в топливо (например, EnviroTabs).

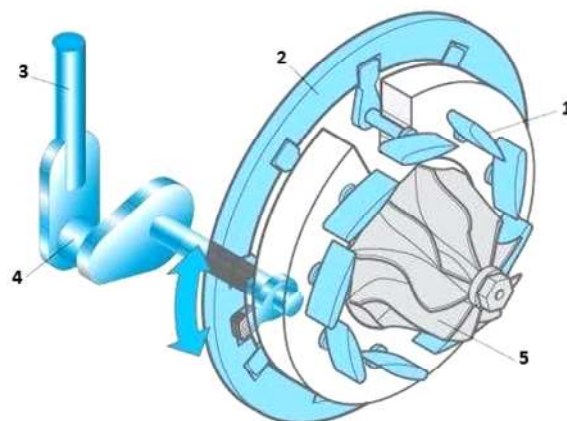
Поэтому целью данной работы являлись описание способов устранения турбоямы и анализ статистических данных, который в процентном соотношении позволил оценить степень использования способа для устранения существующей проблемы.

В работе проведен статистический анализ способов устранения турбоямы (рис. 2).



Рисунок 2. – Процент использования в автомобильной индустрии

Наиболее часто для решения проблемы используют турбину с изменяемой геометрией (рис. 3) (VNT – турбина), обеспечивающей оптимизацию потока отработавших газов за счет изменения площади входного канала.



1 – направляющие лопатки; 2 – кольцо; 3 – рычаг;
4 – тяга вакуумного привода; 5 – турбинное колесо

Рисунок 3. – Турбина с изменяемой геометрией

Принцип работы турбокомпрессора с изменяемой геометрией состоит в изменении сечения на входе колеса турбины с целью оптимизировать мощность турбины для заданной нагрузки. При низких оборотах двигателя и поток отработанных газов является небольшим, и он раскручивает турбину недостаточно сильно для резкого ускорения. В этот момент по сигналу блока управления направляющие лопатки смещаются и уменьшают расстояние между собой. Несмотря на то, что объем отработанных газов не увеличился, ему теперь приходится проходить через узкий коридор, что заставляет отработанные газы двигаться быстрее. В результате обороты турбины возрастают, и увеличивается давление наддува. Таким образом удастся увеличить скорость вращения турбины без резкого увеличения объема отработанных газов. Турбины с изменяемой геометрией нашли широкое применение в турбонаддуве дизельных двигателей, в частности турбонаддув двигателя TDI от Volkswagen.

Система с двумя параллельными турбокомпрессорами применяется в основном на мощных V-образных двигателях (по одному на каждый ряд цилиндров) и составляет ~ 35%. Параллельная система Twin Турбо работает одновременно и параллельно друг другу, и включает в себя два одинаковых турбокомпрессора. Параллельная работа происходит из-за ровного деления потока сгоревших газов между турбокомпрессорами. Из каждого компрессора выходит сжатый воздух и поступает в общий впускной коллектор, и затем распределяется по цилиндрам. Из-за параллельной схемы турбонаддува эффективность системы основывается на том, что две маленькие турбины имеют меньшую инерционность, чем одна большая турбина. Турбокомпрессоры работают на всех оборотах двигателя, обеспечивая быстрое повышение наддува. Каждая турбина установлена на своём выпускном коллекторе.

При установке на двигатель двух последовательных турбин максимальная производительность системы достигается за счет использования разных турбокомпрессоров на разных оборотах двигателя. В системе последовательного TwinTurbo постоянно работает первый турбокомпрессор, а второй начинает работать в определенном порядке работы двигателя (повышенная частота оборотов, нагрузка). Последовательный турбокомпрессор включает два одинаковых по характеристикам турбокомпрессора. Электронная система управления обеспечивает переход между режимами и регулирует поток сгоревших газов ко второму турбокомпрессору за счёт специального клапана. Некоторые производители идут еще дальше и устанавливают три последовательных турбокомпрессора triple-turbo (BMW) и даже четыре турбокомпрессора – quad-turbo (Bugatti).

Комбинированный наддув (twincharger) (рис. 4) объединяет механический и турбонаддув. Механический нагнетатель приводится ремнем от коленвала и устанавливается перед турбиной. Он работает на низких оборотах двигателя и позволяет реализовать потенциал мотора практически с холостых оборотов. Когда тахометр преодолевает отметку в 2000 оборотов, к работе подключается турбина и вплоть до 3500 они работают вместе. При дальнейшем повышении оборотов электромагнитная муфта отключает компрессор, а специальная заслонка пускает воздух в обход механического нагнетателя. Таким образом, на высоких оборотах работает только турбина. Примером такой системы является двойной наддув двигателя TSI от Volkswagen.

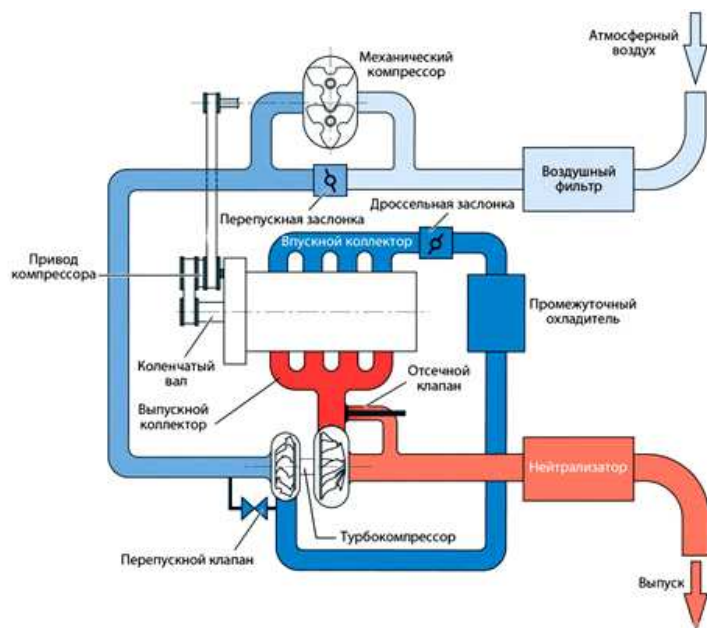


Рисунок 4. – Комбинированный наддув

EnviroTabs содержит целый комплекс веществ и элементов, которые при сгорании выделяют дополнительный кислород. Этот кислород позволяет догорать топливу в камере сгорания и, следовательно, частично или полностью решает проблему турбоямы. Снижает температуру горения высоко кипящих углеводородов, иначе говоря, верхние температурные пределы (с 650...700 до 220...230 °С). Помимо того, что она помогает работать теплонагруженным узлам в оптимальном режиме, но это и снижает температуру отводящихся газов, а следовательно снижает температуру и в самих турбинах [5].

Закключение. Использование двигателей с турбонаддувом позволяет повысить мощности и обеспечивает экономию топлива в расчете на единицу мощности, а также снижение токсичности отработавших газов за счет более полного сгорания топлива. Одна из проблем, возникающих при использовании таких двигателей, – турбояма. Наиболее простым и распространенным способом решения этой проблемы, как показали проведенные исследования, является использование турбины с изменяемой геометрией, вторым по частоте применения является установка двух последовательных или параллельных турбокомпрессоров. Наименьшее распространение получили комбинированный наддув и добавления в топливо Enviro Tabs. На данный момент турбонаддув является эффективным способом повышения мощности двигателя, а поиск путей по устранению недостатков данного способа подтверждает перспективность его использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турбокомпрессоры для наддува дизелей. Справочное пособие / Б.П. Байков и [др.]. – Л. : Машиностроение, 1975. – 200 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов и [др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 456 с.
3. Как работает турбонаддув [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://auto-wiki.ru/kak-rabotaet-turbonadduv>. – Дата доступа: 10.09.2016.
4. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://systemsauto.ru/vpusk/tdi.html>. – Дата доступа: 10.09.2016.
5. Катализатор горения ENVIROTABS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.envirotabs.com.ua>. – Дата доступа: 10.09.2016.

УДК 629

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ****Е.А. ДУБОВИК****(Представлено: И.В. ХОМИЧ)**

Рассмотрен принцип проектирования и конструирования системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания. Анализируются предназначение, виды, выполняемые функции и структура систем охлаждения. Также рассмотрены возможности повышения эффективности работы системы охлаждения ДВС за счет использования электронных средств управления.

Двигатель работает безотказно и экономично только строго при определенном тепловом режиме. Показатели двигателей, их экономичность и надежность в значительной мере зависят от способности системы охлаждения обеспечивать тепловой режим независимо от частоты вращения коленчатого вала, нагрузочного режима и внешних возмущающих факторов, в том числе и окружающей среды.

Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания – совокупность устройств, обеспечивающих подвод охлаждающего хладагента к нагретым деталям двигателя и отвод от них в атмосферу лишней теплоты, которая должна обеспечивать оптимальную степень охлаждения и возможность поддержания в требуемых пределах теплового состояния двигателя при различных режимах и условиях работы. На автомобиле перенос теплоты от двигателя осуществляется теплоносителями. В качестве теплоносителя применяются жидкость или воздух.

На современных автомобилях система жидкостного охлаждения, помимо основной функции, выполняет ряд других функций, в том числе:

- 1) нагрев воздуха в системе отопления, вентиляции и кондиционирования;
- 2) охлаждение масла в системе смазки;
- 3) охлаждение отработавших газов в системе рециркуляции отработавших газов;
- 4) охлаждение воздуха в системе турбонаддува;
- 5) охлаждение рабочей жидкости в автоматической коробке передач.

К системе охлаждения предъявляются требования, которые согласно разработке фирмы «Cummins Engine Company» можно квалифицировать следующим образом:

- следует добиваться максимума от возможностей системы охлаждения, которая должна соответствовать спецификам двигателя, ни при каких условиях не должна быть превышена максимальная верхняя температура охладительного резервуара, приводимая в списке характеристик двигателя;

- система охлаждения должна иметь устройство для удаления поступающего воздуха и независимо от типа используемой системы деаэрации удалять воздух в то время, которое определено характеристикой двигателя;

- должна быть предусмотрена возможность для расширения охлаждающей жидкости на 4...6% от общего объема системы;

- при работе двигателя на больших оборотах и холостом ходу давление у входа в жидкостный насос должно быть больше, чем атмосферное, температура хладагента должна находиться в пределах 83...89 °С;

- должно выполняться условие относительных потерь жидкости из замкнутой системы, равных, по меньшей мере, минимально возможному опорожнению, указанному в характеристике двигателя;

- система охлаждения должна вентилироваться в процессе заполнения, а также должна существовать возможность ее заполнения со скоростью порядка 22,7 л/мин, приблизительно до 90% от ее емкости;

- системы охлаждения должны иметь устройства аварийной сигнализации в случае критического повышения температуры хладагента. Такой сигнал может быть как звуковым, так и визуальным.

Тепловое состояние двигателя – показатель комплексный, зависящий как от конструктивных особенностей, параметров самого двигателя, так и от системы охлаждения, ее компоновки, а также условий эксплуатации транспортного средства. Тепловое состояние двигателя существенно влияет на его экономичность и надежность, в этой связи система охлаждения оценивается следующими параметрами и показателями:

- функциональные параметры, определяющие работоспособность системы;
- конструктивные параметры, определяющие габариты и массу соответствующих компонентов, их компоновку и расположение на автомобиле;
- эксплуатационные показатели, определяющие надежность системы.

Критерий оценки этих требований – функциональная работоспособность системы в заданных условиях при минимальных экономических затратах на изготовление и в эксплуатации, высокая надежность.

Система охлаждения должна обеспечивать заданную температуру охлаждающей жидкости на всех скоростных и нагрузочных режимах двигателя. При этом затраты мощности двигателя на привод вентилятора и водяного насоса должны быть наименьшими.

Затраты мощности на работу системы охлаждения можно оценить таким понятием, как удельный расход:

$$\varepsilon = N_{CO} / N_E,$$

где $N_{CO} = N_B + N_{B.H.}$ – соответственно мощность на привод вентилятора и водяного насоса; N_E – эффективная мощность, развиваемая двигателем.

При прочих равных условиях система тем более совершенна, чем меньше удельный расход мощности. Современные системы охлаждения транспортных средств расходуют около 2...3% максимальной мощности двигателя.

Примером решения указанных требований может послужить разработка концерна DaimlerAG, который начал в 2012 году выпускать бензиновые 4-цилиндровые двигатели M270 и M274 рабочим объемом 1,6 и 2 л. При разработке данных двигателей особое внимание было уделено системе охлаждения. Интенсивность циркуляции охлаждающей жидкости и ее температура регулируются электроникой в зависимости от режима работы. При холодном пуске и последующем прогреве циркуляция жидкости через двигатель полностью отсутствует, поэтому он быстро приобретает рабочую температуру. Работа термостата также регулируется электроникой, которая изменяет его характеристику в зависимости от режимов работы двигателя. Сдерживание роста температуры отработавших газов обогащением смеси используется только при движении автомобиля со скоростями свыше 200 км/ч. Охлаждающие каналы в головке цилиндров расположены в два этажа. Нижние каналы заужены для повышения скорости охлаждающей жидкости в них. В частности, ширина каналов, проходящих между свечами зажигания и форсунками, уменьшена до 3 мм. Благодаря этому обеспечивается интенсивное охлаждение этих компонентов, а также перемычек между клапанами. Каналы второго этажа имеют относительно большие сечения, поэтому охлаждающая жидкость движется в них медленно, не создавая излишнюю нагрузку на насос.

В последнее время по причине требований уменьшения норм выброса вредных веществ в атмосферу (оксиды азота, углеводороды, оксиды углерода), т.е. выполнения норм Евро 5, Евро 6, многие автопроизводители стали устанавливать на своих двигателях двухконтурные системы охлаждения.

Применение двухконтурной системы охлаждения позволяет пропускать потоки жидкости через головку цилиндров и через блок цилиндров раздельно, они могут иметь различные температуры.

Применение двухконтурной системы охлаждения и электрического насоса имеет следующие преимущества:

- ускоряется прогрев блока цилиндров, охлаждающая жидкость через который не прокачивается вплоть до температуры 105 °С;
- повышенные температуры блока цилиндров способствуют снижению потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме;
- сниженный температурный уровень головки цилиндров обеспечивает лучшее охлаждение камер сгорания, в результате чего повышается наполнение цилиндров и снижается склонность смеси к детонации, при одновременном уменьшении оксидов азота в сгорающей топливовоздушной смеси.

Для того чтобы двигатель максимально быстро достиг своей рабочей температуры после запуска в двухконтурных системах охлаждения, может применяться отключаемый насос системы охлаждения. Включение насоса осуществляется при достижении температуры охлаждающей жидкости 30 °С.

Применение системы охлаждения с электронным регулированием температуры позволяет регулировать температуру жидкости при частичной нагрузке двигателя в пределах от 95 до 110 °С и при полной нагрузке – от 85 до 95 °С.

Система охлаждения двигателя с электронным регулированием оптимизирует температуру охлаждающей жидкости в соответствии с нагрузкой двигателя. Согласно программе оптимизации, заложенной в память блока управления двигателем, посредством действия термостата и вентиляторов достигается требуемая рабочая температура двигателя. Таким образом, температура охлаждающей жидкости приведена в соответствие с нагрузкой двигателя.

Основными отличительными составляющими системы охлаждения с электронным регулированием от обычной является наличие распределителя охлаждающей жидкости с электронным термостатом. В связи с введением электронного регулирования системы охлаждения в блок управления двигателем

поступает следующая дополнительная информация: электропитание термостата; температура охлаждающей жидкости на выходе из радиатора; управление вентиляторами радиатора; положение потенциометра у регулятора системы отопления.

В W-образных двигателях, в частности в W12 отличительной способностью системы охлаждения является создание встречных потоков охлаждающей жидкости в головке блока цилиндров: до 66% антифриза со стороны выпуска и примерно 34% потока со стороны впуска. Это обеспечивает выравнивание температуры по всей головке блока и эффективное охлаждение зон установки свечей зажигания и выпуска отработавших газов. Такое распределение потока жидкости называют перекрестным охлаждением.

Заключение. Температурный режим двигателей внутреннего сгорания оказывает большое влияние на расход топлива и токсичность отработавших газов. Исходя из изложенного видим, что совершенствованию системы охлаждения современных двигателей уделяется большое внимание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск : БНТУ, 2011. – 254 с.
2. Савич, Е.Л. Легковые автомобили / Е.Л. Савич. – Минск : Новое знание, М. : ИНФРА», 2013. – 758 с.
3. Cummins Engine Company (Rev. 9/82) Printed in U.S.A. Bulletin 3382685, Inc. – Columbus, Indiana 47201
4. Богданов, Ю.В. Термодинамика инжекторного ДВС / Ю.В. Богданов // Автомобиль и сервис. – 2014. – № 4. – С. 18–21.

УДК 629

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОЛНОГО ПРИВОДА АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.В. ПОЧЕНЧУК

(Представлено: И.В. ХОМИЧ)

Приведен сравнительный анализ систем полного привода, применяемых на транспортных средствах. Рассмотрены основные типы полного привода транспортных средств, изучены достоинства и недостатки каждого из них.

В зависимости от конструктивных особенностей все типы полного привода можно разделить на следующие группы: постоянный полный привод (full-time), подключаемый полный привод, предназначенный только для временного использования привод (part-time), подключаемый полный привод, предназначенный для постоянного использования [1–3].

Постановка задачи: сравнить различные типы полного привода, применяемые на транспортных средствах, сделать вывод о преимуществах и недостатках каждого типа полного привода.

Подключаемый полный привод, или полный привод Part-Time. Part-time 4WD, (англ. «Part-time» – неполный рабочий день) – полный привод, предназначенный только для временного пользования. При движении по дорогам с твердым покрытием вся тяга передается только на один мост, как правило, задний [4]. Второй мост может подключаться как механически, так и дистанционно (электро- или гидроприводом). При этом в большинстве автомобилей, оснащенных данной системой, водитель может подключать полный привод только после полной остановки автомобиля.

У автомобилей, оснащенных системой part-time, отсутствует межосевой дифференциал, который позволил бы колесам вращаться с разными скоростями, когда автомобиль поворачивает. При включенном полном приводе передний и задний карданные валы жестко соединены друг с другом через раздаточную коробку и вращаются с одной скоростью. В повороте передние колеса автомобиля проходят больший путь, чем задние, что вызывает повышенный износ резины и повышенные нагрузки на трансмиссию. Из-за этого в трансмиссии автомобиля возникает циркуляция мощности [5]. Ослабить эти эффекты можно только за счет проскальзывания колес. Поэтому использование такого полного привода ограничено участками с очень низким коэффициентом сцепления (грязь, снег, лед, песок). На дороге с сухим твердым покрытием подключать полный привод такого типа не рекомендуется во избежание серьезных поломок.

Автомобили, оснащенные данной системой: Mitsubishi Pajero II, Ford Ranger.

Достоинства данного типа привода: относительная простота конструкции, надежность, высокая проходимость.

Недостатки: данный тип привода можно использовать только на дорогах с низким коэффициентом сцепления, невозможность включения на ходу в большинстве моделей автомобилей, возникновение циркуляции мощности, повышенные нагрузки на детали трансмиссии, ухудшение управляемости.

Постоянный полный привод (full-time). Это система полного привода, при которой усилие от двигателя автомобиля передается непрерывно на все его колеса. Эта трансмиссия имеет межосевой дифференциал, который даёт возможность передним и задним колёсам проходить разные расстояния при осуществлении поворотов. Но в таком виде полноприводная трансмиссия оказалась пригодна только для дорог с однородным дорожным покрытием. На скользкой дороге может возникнуть ситуация, когда весь крутящий момент двигателя будет передаваться на колесо, потерявшее сцепление с дорогой, и автомобиль не сможет сдвинуться с места [6]. Для этих целей широкое распространение получил самоблокирующийся механический дифференциал Torsen (от TORque SENsing – чувствительный к моменту). При отсутствии пробуксовок он передает крутящий момент к передней и задней ведущим осям в пропорции 50:50, которая соответствует наилучшей устойчивости и управляемости. При появлении признаков пробуксовки колес одной оси дифференциал Torsen срабатывает практически мгновенно и перераспределяет до 75% крутящего момента на колеса, которые не потеряли сцепления с дорогой [7]. Также для предотвращения этой ситуации используют вискомуфты и систему контроля тяги (англ. Traction control system). Получая информацию от датчиков антиблокировочной системы тормозов (ABS), эта система притормаживает буксующие колеса, обеспечивая перераспределение крутящего момента на другие колеса. В настоящее время перспективным направлением в развитии этого типа полного привода является муфта Magna системы Quattro ultra. Некоторые автомобили имеют раздаточную коробку, поддерживающую как режим постоянного полного привода, так и режим подключаемого полного привода, то есть имеют дифференциал, блокировку дифференциала и возможность полного отключения одной оси. Такая схема считается наиболее предпочтительной для многоцелевого внедорожника.

Автомобили, оснащенные данной системой: Toyota Rav 4, Toyota 4Runner, BA3-2121.

Достоинства данного типа привода: наилучшая проходимость, лучшее распределение тягового усилия, снижение износа покрышек.

Недостатки: Неоднозначная управляемость в сложных дорожных ситуациях.

Многорежимный полный привод (Selectable 4WD). Это полный привод с возможностью отключения переднего моста. Данная схема сочетает в себе достоинства постоянного и подключаемого полного привода. Благодаря наличию межосевого дифференциала и понижающей передачи эта система имеет отличную проходимость, а возможность отключения переднего моста позволяет снизить расход топлива при движении по дорогам с хорошим покрытием.

Автомобили, оснащенные данной системой: Jeep Grand Cherokee, Mitsubishi Pajero, Nissan Pathfinder.

Достоинства данного типа привода: наилучшая проходимость, более низкий расход топлива при движении по дорогам с хорошим покрытием.

Недостатки: переусложнение конструкции.

Подключаемый полный привод, предназначенный для постоянного использования (полный привод по требованию, on-demand full-time). В такой системе в нормальных дорожных условиях ведущим является только один мост. Полный привод подключается только при необходимости. Как правило, это происходит при пробуксовке колес, и как только пробуксовка устранена, полный привод отключается. Для подключения второго моста может использоваться вискомуфта или многодисковая фрикционная муфта с электронным управлением, или же многодисковая гидромучта.

Всего существует два механизма работы автоматически подключаемого полного привода: реактивный и превентивный.

Реактивный алгоритм работы подразумевает блокировку муфты, отвечающей за передачу момента на вторую ось, по факту пробуксовки колес на ведущей оси. Это усугублялось огромными задержками в подключении второй оси и приводило к неоднозначному поведению автомобиля на дороге. Такая схема стала массово применяться на изначально переднеприводных автомобилях с поперечным расположением двигателя. В поворотах работа реактивной муфты выглядит так: в нормальных условиях практически весь крутящий момент передается на переднюю ось, и автомобиль, по сути, является переднеприводным. Как только наступает разность вращения колес на передней и задней оси (например, в случае сноса передней оси) межосевая муфта блокируется. Это приводит к внезапному появлению тяги на задней оси, и недостаточная поворачиваемость сменяется избыточной. В результате подключения задней оси происходит стабилизация скоростей вращения передней и задней оси, муфта снова разблокируется и автомобиль становится переднеприводным. В настоящее время такой алгоритм работы автоматически подключаемого полного привода используется редко.

Муфта с превентивной блокировкой работает иначе. Её блокировка происходит не по факту пробуксовки колес, а с помощью различных датчиков (ускорения, степени нажатия акселератора и прочих) определять возможность пробуксовки и необходимость подключения полного привода до пробуксовки ведущих колес. Также может быть предусмотрено принудительное включение полного привода водителем.

Автомобили, оснащенные данной системой: Volkswagen Golf.

Достоинства данного типа привода: меньший расход топлива.

Недостатки: сложность конструкции, данный тип привода нельзя использовать на бездорожье.

Полный привод с использованием вспомогательного тягового электродвигателя (механически незамкнутый полный привод). Некоторые легковые автомобили (в основном переднеприводные) имеют ведущую заднюю ось, в корпусе главной передачи которой установлен тяговый электродвигатель небольшой мощности, включаемый, как правило, водителем при необходимости (система e4WD). Особенностью данной системы является то, что электродвигатель получает питание от отдельного автомобильного генератора увеличенной мощности. Напряжение и ток регулируется автоматически в зависимости от условий движения [8]. В некоторых автомобилях, оборудованных данной системой, электродвигатель работает только до скорости в 30 км/ч. Одним из недостатков данной системы является отключение электродвигателя из-за перегрева, что способно оставить водителя без полного привода в самый неподходящий момент. При этом возможность регулировки тяги на каждом из электродвигателей позволяет улучшить управляемость.

Автомобили, оборудованные данной системой: Mazda 2, Nissan Tiida, Lexus RX450h.

Достоинства данного типа привода: малые размер и вес системы, минимальные изменения для переоборудования автомобиля, отсутствие дополнительной нагрузки в моноприводном режиме, лучшая управляемость, улучшение распределения тяги.

Недостатки: склонность электродвигателя к перегреву, невысокого качества дорожные характеристики.

Закключение. В результате проведенного анализа систем полного привода установлено, что нельзя заявить о полном преимуществе одной системы полного привода над другими. Каждая система имеет свои преимущества или недостатки в зависимости от режима эксплуатации. При эксплуатации на дорогах с усовершенствованным покрытием наиболее эффективной является система e.4WD. Если автомобиль в основном используется на дорогах с хорошим покрытием и редко выезжает на бездорожье, то наиболее предпочтительным будет полный привод по требованию. Если автомобиль эксплуатируется как на бездорожье, так и на дорогах, то наиболее предпочтительным будет многорежимный полный привод. Если автомобиль эксплуатируется в основном на бездорожье, то наилучшим вариантом будет постоянный полный привод или подключаемый полный привод, предназначенный для временного использования (система part-time).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудцов, В.Н. Современный легковой автомобиль. Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика (тенденции и перспективы развития) : учеб. пособие / В.Н. Гудцов. – 2-е изд., стер. – М. : КРОНУС, 2016. – 488 с.
2. Савич, Е.Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2013. – 758 с.
3. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Полный_привод. – Дата доступа: 25.09.2016.
4. Энциклопедия полного привода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.awdwiki.com/ru/all+wheel+drive+explained/>. – Дата доступа: 25.09.2016.
5. Вахламов, В.К. Автомобили: конструкция и элементы расчета : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов – М. : Издат. центр «Академия», 2006. – 480 с.
6. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://systemsauto.ru/transmission/polnyj_privod.htm l. – Дата доступа: 25.09.2016.
7. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://systemsauto.ru/transmission/polnyj_privod.htm l. – Дата доступа: 25.09.2016.
8. АВТО-ПОТРОХА: что у машинок внутри [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://carguts.ru/articles/4wd/>. – Дата доступа: 25.09.2016.

УДК 621.43-62.622

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

А.С. МАЛЯРОВ

(Представлено: А.А. ЛИСОВСКИЙ)

Приведены и рассмотрены некоторые инновационные системы при управлении автомобилем. Показано развитие технологий, которое происходит высокими темпами – транспортные средства модернизируются и совершенствуются, требования по экологичности и безопасности техники постоянно ужесточаются, заставляя производителей изобретать новые системы и внедрять новые технологии.

При каждой смене модельного ряда ведущие автопроизводители ставят перед собой цель привлечь покупателя чем-то особенным. Одни предлагают роскошный салон и богатое оснащение, другие воспитывают спортивный характер и улучшают мощную динамику, третьи же делают ставку на более экономичные двигатели с альтернативными источниками энергии. Однако во всех случаях будущее автомобилестроения немыслимо без электронных систем управления. Бурное развитие технологических «начинок» дает основание полагать, что прогресс в автомобильной промышленности твердо определил для себя приоритетное направление[1]

Инновационные системы:

- 1) система помощи движению по полосе;
- 2) система автоматической парковки;
- 3) система адаптивного круиз-контроля;
- 4) системы автоматического управления;
- 5) система кругового обзора;
- 6) системы распознавания дорожных знаков;
- 7) системы помощи при перестроении;
- 8) системы обнаружения пешеходов;
- 9) система ночного видения.

Система помощи движению по полосе. Данная система помогает водителю удерживать автомобиль в выбранной полосе движения, при этом помогает предотвратить дорожно-транспортные происшествия, т.е. обеспечивает безопасность при движении автомобиля в критических ситуациях.

Имеются 2 вида помощников движения по полосе: активные и пассивные.

Активные помощники извещают водителя об отклонении от заданного маршрута и оказывают влияние на работу рулевого управления, заставляя автомобиль двигаться в нужном направлении.

Пассивные системы оснащены только сигнальной функцией – в случае выезда автомобиля за пределы нужной траектории, оповещают водителя звуковым сигналом. При этом чем больше угол отклонения от необходимой полосы, тем громче звуковой сигнал [2].

Система автоматической парковки. Система автоматической парковки – это усовершенствованная версия парктроники. Данное устройство способно свести действия водителя при парковке к минимуму.

В интеллектуальном парковочном устройстве используются ультразвуковые датчики, аналогичные пассивной системе, но имеющие большую дальность действия. На автомобиле устанавливается, как правило, 12 датчиков: 4 – впереди; 4 – сзади и 4 – по бокам автомобиля.

Боковые предназначены для поиска подходящего места на парковке. При движении с определенной скоростью (порядка 30...40 км/ч) они фиксируют расстояние между припаркованными машинами, а в отдельных системах – и их положение относительно вашего ТС: параллельно или перпендикулярно. Достаточным для парковки расстоянием принимается расстояние, превышающее длину автомобиля на 0,8 или 1 м. Включение системы осуществляется принудительно при необходимости осуществить парковку. Электронный блок управления принимает сигналы от ультразвуковых датчиков и преобразует их в управляющие воздействия на исполнительные механизмы других систем автомобиля: электроусилителя рулевого управления, систем курсовой устойчивости и управления двигателем, автоматической коробки передач [2].

Система адаптивного круиз-контроля. Адаптивный круиз-контроль следит за скоростью движения впереди идущего автомобиля для сохранения оптимально безопасного расстояния между автомобилями, а также предназначен для движения автомобиля при постоянной скорости, ускорении или замедлении.

Основные конструктивные элементы системы АСС – датчики расстояния (радары или лидары), измеряющие скорость и расстояние до впереди идущего транспортного средства, и электронный блок управления, который на основе анализа входной информации от датчиков и других систем формирует управляющее воздействие по изменению скорости движения.

Системы автоматического управления. Система позволяет водителю в определенных условиях отдать управление автомобилем под контроль автоматики. Система поддерживает безопасную дистанцию между транспортными средствами, а при необходимости подтормаживает автомобиль вплоть до полной остановки. Она регулирует скорость движения, считывая дорожные знаки, отслеживает разметку и автоматически подкручивает рулевое колесо, если автомобиль непреднамеренно съезжает с полосы движения. Водитель в любой момент может взять управление на себя. Новая технология может быть использована не только при свободном от пробок движении, но и в самих пробках. Временный автопилот работает на скорости до 130 км/ч и уже внедряется на серийные автомобили [3].

Система помощи при перестроении. Назначение этой системы – предупредить водителя о невидимых помехах при перестроении. По иному система называется системой информирования о «мертвой» зоне, системой мониторинга «слепых» зон или системой безопасного перестроения из ряда в ряд.

Принцип ее действия основан на контроле зон движения рядом с автомобилем и предупреждении водителя о помехе. Система включается специальной кнопкой и активируется, как правило, на скорости свыше 60 км/ч. Радары, установленные в наружных зеркалах заднего вида, с помощью электромагнитных волн определяют все, что находится в «слепой» зоне. Электронные блоки управления следят за подвижными объектами, а также распознают неподвижные: припаркованные автомобили, дорожное ограждение и т.п. [3].

Однако следует отметить, что надежность работы радара сильно зависит от погодных условий, а датчики эффективны на небольшом расстоянии.

Система кругового обзора. Система кругового обзора предназначена для оказания помощи водителю при выполнении маневрирования в стесненных условиях (параллельная парковка, перпендикулярная парковка, движение между рядами, выезд на «слепой» перекресток). Система кругового обзора является подсистемой мультимедийной системы автомобиля. Работа системы основана на съемке обстановки вокруг автомобиля и выведении соответствующей информации на информационный дисплей. Система кругового обзора является дальнейшим развитием оптической парковочной системы, построенной на камере заднего вида.

Конструктивно система кругового обзора объединяет в основном четыре видеокamеры, установленные по периметру кузова. Передняя камера базируется в радиаторной решетке, задняя – в модуле освещения номерного знака, две боковые встроены в корпуса наружных зеркал заднего вида. Все видеокamеры имеют большой угол обзора и высокое разрешение. Это позволяет получать панорамный вид окружения автомобиля (так называемый вид с высоты птичьего полета) и детализированное изображение с одной или нескольких камер. При этом степень увеличения можно изменять. На «картинку» с камеры заднего вида выводятся динамические направляющие, указывающие возможную и рекомендуемую траектории движения. Система работает при небольшой скорости – до 10...18 км/ч, имеет автоматический и ручной режимы активации [3].

Система распознавания дорожных знаков. Система призвана предупреждать водителя о необходимости соблюдения скоростей на дороге, а также определяет дорожные знаки ограничения скорости и напоминает водителю о нарушении скоростного режима.

Главный конструкционный элемент здесь – видеокamera, расположенная на ветровом стекле за зеркалом заднего вида. Она снимает пространство справа и сверху по ходу движения автомобиля – в зоне расположения дорожных знаков. Эта камера также используется системами обнаружения пешеходов и помощи движению по полосе. Полученное изображение анализирует электронный блок управления, который распознает форму, цвет дорожных знаков, информационные надписи на них. Если фактическая скорость автомобиля выше максимально допустимой, на экран панели приборов выводится изображение в виде знака ограничения. Наряду с визуальным предупреждением может передаваться и звуковое. В некоторых системах электронный блок взаимодействует с навигационной системой. Это предусмотрено на случай, если тот или иной знак не будет определен видеокamerой [3].

Система обнаружения пешеходов. Основное предназначение этой технологии – предотвращение столкновения с пешеходами. Для распознавания людей вблизи автомобиля используется видеокamera и радар. Их работа наиболее эффективна на расстоянии до 40 м. Если пешеход обнаружен, система отслеживает его дальнейшее перемещение, прогнозирует его дальнейшее перемещение и оценивает вероятность столкновения. Если система установила, что при текущем характере движения столкновение с пешеходом неизбежно, посылается звуковое предупреждение. Далее система оценивает реакцию водителя

(торможение, изменение направления движения, и если таковой не последовало, автоматически доводит автомобиль до остановки.

Система ночного видения. Система ночного видения предназначена для того, чтобы помочь снять нагрузку с водителя, предоставив информацию о движении в темное время суток.

Принцип действия системы, устанавливаемой, как правило, на автомобилях премиум-класса, основан на фиксации инфракрасного (теплого) излучения объектов и его проецировании на ЖК-дисплей щитка приборов (экран навигационной системы или лобовое стекло) в виде серого масштабного образа. Для этого применяются специальные камеры: тепловизоры – у пассивных систем, инфракрасные камеры – у активных. Первые характеризуются высоким уровнем контрастности, но низким разрешением изображения, они работают на расстоянии до 300 м. Вторые имеют более высокое разрешение и дальность фиксации порядка 150...250 м [1].

В заключение делаем *вывод*: благодаря технологическому прогрессу с каждым годом появляются все больше систем и технологий, способных помочь водителю при управлении автомобилем в различных условиях. С их развитием значительно сократились дорожно-транспортные происшествия, в том числе и со смертельным исходом. Количество водителей с каждым годом неуклонно растет. В связи с этим процесс управления автомобилем пытаются как можно больше облегчить, чтобы это стало доступно каждому водителю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронные системы управления автомобилем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://autokatalog.y>. – Дата доступа: 22.09.2016.
2. Автомобильные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autoshcool.ru>. – Дата доступа: 22.09.2016.
3. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://systemsauto.ru>. – Дата доступа: 22.09.2016.

УДК 504.75:629.331

ЭКОЛОГИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ**Д.А. ДОБРОЕДОВА****(Представлено: И.В. ХОМИЧ)**

Рассматриваются проблемы экологии и транспорта. Внимание акцентируется на важных для автомобилестроения аспектах, раскрываются особенности жизни человечества и Земли с развивающимися автомобильными проблемами. Путем рассуждений и результатов теоретических исследований определен комплекс действий и мер, направленных на обеспечение и развитие экологической безопасности планеты.

Развитие автомобильного транспорта предопределило две четко выраженные и противоречивые тенденции. С одной стороны, достигнутый уровень автомобилизации, отражает технико-экономический потенциал развития общества, способствует удовлетворению социальных потребностей населения, а с другой – обуславливает увеличение масштаба негативного воздействия на общество и окружающую среду, приводя к нарушению экологического равновесия на уровне биосферных процессов. Очевидная позитивность первой тенденции повлекла за собой ярко выраженные нежелательные последствия. Повсеместно проявляет себя и накрепко обосновывается новая угроза жизненно важным интересам личности, общества, государства – реальная экологическая опасность для жизнедеятельности, связанная с достигшим гигантских масштабов уровнем автомобилизации.

Исследование данной работы предопределило ряд задач:

1) токсичность отработавших газов и других вредных веществ на здоровье человека и способы ее снижения;

2) шум, создаваемый при движении автомобилем и пути его уменьшения.

1. Токсичность отработавших газов и других вредных веществ на здоровье человека и способы ее снижения

Автомобильное топливо состоит из трех химических элементов, объединенных в молекулы: углерода С, водорода Н и кислорода О. Теоретически при сгорании углеводородного топлива должен выделяться конечный продукт в виде воды (из водорода) и двуокиси углерода CO_2 . Все вещества в принципе безвредны, хотя сейчас многие исследователи обеспокоены проблемой «парникового эффекта», обусловленной увеличением двуокиси углерода CO_2 в атмосфере, который оказывает влияние на изменение климата в мире.

К сожалению, современные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) далеки от совершенства и поэтому выделяют компоненты, которые загрязняют окружающую среду. Особо вредными загрязнителями признаны:

- оксиды углерода (CO_x);
- пары бензина и несгоревшие углеводороды (НС);
- оксиды азота (NO_x).

Проблему загрязнения окружающей среды первой осознала общественность в Америке, штат Калифорния. В этой стране впервые в конце 60-х годов были установлены нормы токсичности выбросов автомобилей. За США последовали Япония, Европа, и другие страны. Сейчас практически все развитые страны имеют национальные стандарты, устанавливающие нормы токсичности отработавших газов автомобилей, и эти нормы постоянно пересматриваются с целью их ужесточения.

Отработавшие газы, попадая в атмосферу, оказывают интенсивное воздействие не только на человека, но и на гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, здания, сооружения и другие техногенные объекты. Поэтому охрана атмосферного воздуха и озонового слоя является наиболее приоритетной проблемой экологии, ей уделяется пристальное внимание во всех развитых странах.

Атмосфера рассматривается сейчас как огромный «химический котел», который находится под воздействием многочисленных и изменчивых антропогенных и природных факторов. Газы и аэрозоли, выбрасываемые в атмосферу, характеризуются высокой реакционной способностью. Пыль и сажа, возникающие при сгорании топлива, лесных пожарах, сорбируют тяжелые металлы и радионуклиды и при осаждении на поверхность могут загрязнить обширные территории, проникнуть в организм человека через органы дыхания.

Наиболее распространенным и токсичным транспортным загрязнителем считается свинец. Он относится к распространенным элементам: его среднемировой кларк (фоновое содержание) в почве считается 10 мг/кг. Примерно такого же уровня достигает содержание свинца в растениях (на сухую массу). Общесанитарный показатель ПДК свинца в почве с учетом фона составляет 32 мг/кг.

По некоторым данным содержание свинца на поверхности почвы на краю полосы отвода обычно составляет до 1000 мг/кг, но в пыли городских улиц с очень большим движением может быть в 5 раз больше. Большинство растений легко переносят повышенное содержание в почве тяжелых металлов, только при содержании свинца более 3000 мг/кг возникает заметное угнетение. Для животных опасность вызывает уже 150 мг/кг свинца в пище.

По данным ряда наблюдений, из общего количества выбросов твердых частиц, включая металлы, примерно 25% остается до смыва на проезжей части, 75% распределяется на поверхности прилегающей территории, включая обочины. В зависимости от конструктивного профиля и площади покрытия в сточные дождевые или смывные воды попадает от 25 до 50% твердых частиц.

Уменьшение количества и изменение качественного состава вредных веществ, выбрасываемых в окружающую среду с отработавшими газами, можно достигнуть комплексом мероприятий:

- совершенствовать алгоритмы управления двигателем;
- трехкомпонентный каталитический нейтрализатор перенести ближе к двигателю или установить специальный подогреватель;
- совершенствовать оптимизацию процессов сгорания горючей смеси в цилиндре двигателя;
- использовать систему рециркуляции отработавших газов;
- добавляется система подачи вторичного воздуха;
- увеличивать число клапанов на цилиндр;
- впускные трубы устанавливать изменяемой длины;
- фазы газораспределения менять в зависимости от режима работы двигателя;
- изменять высоту открытия впускного клапана в зависимости от режима работы двигателя;
- изменять степень сжатия двигателя в зависимости от нагрузки;
- впрыск топлива в бензиновых двигателях осуществлять непосредственно в цилиндр двигателя;
- создать тенденции к переходу на комбинированные силовые установки;
- активизировать работы в области альтернативных источников;
- наращивать выпуск гибридных автомобилей и электромобилей.

Государственная политика по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу дает свои позитивные результаты. Об этом свидетельствуют статистические данные и прогноз по пробегу парка европейских автомобилей и их вредным выбросам в атмосферу за период с 1998 года (взят за 100% относительного изменения) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество вредных выбросов автомобилей в зависимости от их пробега

Параметр	1998 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2016 г.
	Статистика				Прогноз
Общий пробег парка европейских автомобилей, %	100	105,5	112,7	118	121
Вредные вещества в выпуске, %					
CH	100	64	42,8	36	35
NO _x	100	82,2	58	39	37
Бензол	100	58	37	35	33
Сажа	100	76	50	36	32,5

Результаты показывают: при растущем суммарном пробеге автопарка количество вредных веществ в отработавших газах снижается. В перспективе при росте пробега примерно на 20% вредные вещества по сравнению с 2005 годом должны снизиться по углеводороду на 4...8%, а по оксидам азота и саже соответственно на 21 и 18%. Это, естественно, резко усложнит экологические системы автомобилей и приведет к их удорожанию.

2. Шум, создаваемый при движении автомобилем и пути его уменьшения

Наряду с загрязнением воздуха шум стал не менее распространенным следствием технического прогресса и развития автотранспорта.

Шум – совокупность звуков различной частоты и интенсивности, беспорядочно изменяющихся во времени. Для нормального существования, чтобы не ощущать себя изолированным от мира, человеку нужен шум в 10–20 дБ. Это шум листвы, парка или леса.

За последние годы в связи с увеличением различного количества транспорта, возросла интенсивность шума, поэтому как неблагоприятный фактор он приобрел большое социальное значение. Увеличение количества и развитие транспорта привело к шумовому загрязнению окружающей среды, чтобы как-

то стабилизировать сложившуюся обстановку, принимаются разного рода меры, прежде всего это требования по ограничению шума.

Как показали многочисленные исследования, шумовое загрязнение, особенно в крупных городах, практически всегда имеет локальный характер. Уже сейчас на главных магистралях крупных городов уровни шумов превышают 90 дБ и имеют тенденцию к усилению ежегодно, что является наибольшей опасностью как для окружающей среды, так и для человека. Автомобильный транспорт оказывает наиболее неблагоприятное акустическое воздействие, так как автомобили являются преобладающим источником интенсивного и длительного шума. Шум, создаваемый движущимися автомобилями, является частью шума транспортного потока. Наибольший шум создает грузовой транспорт.

Очень часто бывает довольно трудно определить относительный вклад различных источников шума, сложных по конструкции транспортных средств, поэтому если возникает задача по снижению шума данного транспортного средства, ценная информация может быть получена на основе понимания механизма шумов, их источников при изменении условий эксплуатации транспортного средства. В силу того, что общий шум транспортного средства определяется рядом источников, необходимо попытаться получить данные об особенностях изучения каждого из этих источников в отдельности и определить наиболее эффективные методы снижения шума того или иного источника шума, а также какой из методов окажется наиболее экономичным в данном случае. Следует отметить большое значение мер по ограничению распространения уже возникшего шума наряду с основным методом снижения шума автомобильного транспорта путем подавления источника его возникновения.

Таблица 2 – Зависимость уровня шума от интенсивности и состава движения

Интенсивность движения, авт/ч	Скорость движения, км/ч			
	30	40	50	60
50	63,5	65,0	66,5	68,0
100	66,5	68,0	69,5	71,0
230	69,5	71,0	72,5	74,0
400	71,5	73,0	74,5	76,0
880	74,5	76,0	77,5	79,0
1650	76,5	78,0	79,5	81,0
3000	78,5	80,0	81,5	83,0
5000	79,5	81,0	82,5	84,0

Высокие уровни шума в городской среде, являющиеся одним из агрессивных раздражителей центральной нервной системы, способны вызвать её перенапряжение. Городской шум оказывает неблагоприятное влияние и на сердечно-сосудистую систему. Ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, повышенное содержание холестерина в крови встречаются чаще у лиц, проживающих в шумных районах.

Шум в значительной мере нарушает сон. Крайне неблагоприятно действуют прерывистые, внезапно возникающие шумы, особенно в вечерние и ночные часы, на только что заснувшего человека. Внезапно возникающий во время сна шум (например, грохот грузовика) нередко вызывает сильный испуг, особенно у больных людей и у детей. Шум уменьшает продолжительность и глубину сна. Под влиянием шума уровнем 50 дБ срок засыпания увеличивается на час и более, сон становится поверхностным, после пробуждения люди чувствуют усталость, головную боль, а нередко и сердцебиение. Отсутствие нормального отдыха после трудового дня приводит к тому, что естественно развивающееся в процессе работы утомление не исчезает, а постепенно переходит в хроническое переутомление, которое способствует развитию ряда заболеваний, таких как расстройство центральной нервной системы, гипертоническая болезнь.

Основными мероприятиями по предотвращению и уменьшению вредного воздействия автомобилей на окружающую среду следует считать:

- разработку таких конструкций автомобилей, которые создавали бы шум более низкого уровня;
- соблюдение при проектировании и строительстве автомобильных дорог, инженерных сооружений, объектов обслуживания таких требований, как вписывание объекта в ландшафт; рациональное сочетание элементов плана и продольного профиля, обеспечивающее постоянство скорости движения автомобиля; сокращение площадей, отводимых под строительство; защита зданий и сооружений вблизи дороги от вибраций; применение методов и технологий строительства, оказывающих наименьшее негативное воздействие на окружающую среду.

- использование средств и методов организации и регулирования движения, обеспечивающих оптимальные режимы движения и характеристики транспортных потоков, сокращение остановок у светофоров, числа переключения передач и времени работы двигателей на неустановившихся режимах;

- к градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся: увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом; применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных шумозащитных полос озеленения; использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов. Кроме того, градостроительными мероприятиями являются рациональная застройка магистральных улиц, максимальное озеленение территории микрорайонов и разделительных полос, использование рельефа местности и др.

Исходя из изложенного можно сделать *вывод*, что основными направлениями работ в области защиты атмосферы от загрязнения выбросами автотранспорта и уменьшения шума являются:

- создание и расширение производства автомобилей с высокоэкономичными и малотоксичными двигателями;

- ужесточение контроля за состоянием самого транспортного средства, его соответствия нормативам охраны окружающей среды.

- разумное планирование транспортных потоков и управление движением в районах с повышенной плотностью автотранспортных средств.

- создание государственных программ по развитию экологических транспортных средств;

- развитие работ по созданию и внедрению эффективных систем нейтрализации отработанных газов;

- снижение токсичности моторных топлив;

- развитие работ по рациональной организации движения автотранспорта в городах, совершенствованию дорожного строительства с целью обеспечения безостановочного движения на автомагистралях;

- запрещение движения автомобилей большой грузоподъемности в выходные и праздничные дни;

- совершенствование современной нормативно-правовой базы и системы налогообложения и платежей за загрязнение окружающей среды;

- увеличение значимости роли общественного транспорта;

- перевод транспорта для работы на альтернативных видах топлива;

- создание инфраструктуры для развития электромобилей

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев, В.С. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / В.С. Сергеев ; под ред. И.Г. Безуглова. – М. : ОАО «Издательский Дом " Городец"», 2004. – 416 с.
2. Хван, Т.А. Основы безопасности жизнедеятельности / Хван Т.А., Хван П.А. – Ростов н/Д : Изд-во «Феникс», 2005.
3. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин [и др.] : под ред. Л.А. Муравья. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447с.
4. Маврищев, В.В. Основы экологии: учебник / В.В. Маврищев. – Минск : Выш. шк., 2003. – 416 с.
5. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей / Ю.В. Новиков. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2005. – 736 с.
6. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность : учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / Ю.Л. Хотунцев. – 2-е изд., перераб. – М. : Издат. центр «Академия», 2004. – 480 с.
7. Экология : учеб. пособие / под ред. проф. В.В. Денисова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д, 2004. – 672 с.