

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация «Автомобили и тракторы»

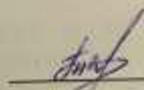
Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «специалист»

Тема: Проектирование грузового автомобиля категории N2 с модернизацией
системы топливоподачи двигателя

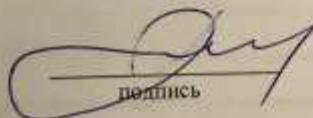
Шифр ВКР 23.05.01.590.20.МТ.00.00.00. ПЗ

Студент группы С262-12у


подпись

Тарышкин А.В.
Ф.И.О.

Руководитель доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Ф.Х.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол №7 от 06.08.2020 г.)

Зав. кафедрой профессор
ученое звание


подпись

Хафизов К.А.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

Двигатель внутреннего сгорания без преувеличения раскрутил мотор научно-технического прогресса. Автомобильный транспорт является важнейшим средством перевозки пассажиров и грузов. В США сегодня на 1000 человек приходится почти 800 автомобилей, а к 2020 году в России этот показатель составит около 350 машин на тысячу населения.

Подавляющее большинство из более миллиарда автомобилей на планете все еще используют двигатель внутреннего сгорания (ДВС), изобретенный в XIX веке. Несмотря на все технологические ухищрения и «умную» электронику, коэффициент полезного действия современных бензиновых двигателей все еще "топчется" вокруг отметки в 30%. Самые экономичные дизельные ДВС имеют КПД в 50%, то есть даже они половину топлива выбрасывают в виде вредных веществ в атмосферу.

Быстрый технический прогресс автомобилей за последние пару десятков лет привел к созданию более мощных двигателей, причем серьезно ужесточились требования к расходу топлива и выбросу вредных веществ. Экологические нормы ЕВРО с каждым годом загоняют производителей двигателей во все более жесткие рамки. Но рынок требует все более мощные двигатели и, как следствие более вредные.

Для увеличения мощности двигателя и повышения экономичности желательно оптимизировать подачу топлива для всех диапазонов работы двигателя, это приведет к увеличению мощности и снижению расхода топлива на всех режимах. При этом параметры подачи топлива, как правило, выбираются такие, при которых достигаются наиболее экономичные показатели работы двигателей.

1. Анализ состояния вопроса

Патентный поиск

Для выполнения данной работы на современном уровне науки и техники на первом этапе проектирования было проведено ознакомление с научно-технической и патентной литературой по разрабатываемой теме, а также выяснение возможностей практического применения актуальных технических решений в ходе дипломного проектирования.

Одним из наиболее актуальных, полных и достоверных видов научно-технической информации является патентная информация, т.е. информация об объектах интеллектуальной собственности: изобретениях, полезных моделях, промышленных образцах, которая позволит сформировать наиболее полное представление о современном уровне и состоянии в разработке устройств - аналогов. Она информирует о достигнутом уровне техники, дает возможность проследить основные тенденции ее развития и сделать правильный вывод о наиболее перспективных направлениях развития науки и техники как в России, так и за рубежом.

В данной работе были проведены патентные исследования в основном по классам МПК F01P7/16, F01P3/20, B60K11/02 , глубина поиска составила 8 лет (2005-2013 гг).

1. Измеритель мгновенного расхода топлива инжекторного двигателя внутреннего сгорания

Классификация по МПК: [G01F](#)

Патентная информация

Патент на полезную модель №:138506

Автор:Витковский Сергей Леонтьевич (RU)

Патентообладатель:Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Братский государственный университет" (RU)

Дата публикации:20 Марта, 2014

Начало действия патента:6 Августа, 2013

Адрес для переписки: 665709, Иркутская обл., г. Братск, ул. Макаренко, 40, ГОУ ВПО "БрГУ", Патентный отдел, Кварацхелия С.В.

Полезная модель относится к устройствам, позволяющим иметь бортовой прибор, который можно использовать как для контроля, так и для диагностики системы питания инжекторного двигателя внутреннего сгорания. Технически результат заключается в фильтрации, интегрировании, усилении напряжения, снимаемого с электромагнита форсунки. Далее этот сигнал умножается на тарировочную константу, вводимую с задатчика, превращается в цифровую форму и индицируется на цифровом индикаторе расхода.

Полезная модель относится к устройствам, позволяющим иметь бортовой прибор автомобиля, который можно использовать как для контроля, так и для диагностики системы питания инжекторного двигателя внутреннего сгорания.

Известна система измерения расхода топлива инжекторного двигателя (расходомер) [RU 56999, 18.01.2006], которая определяет расход топлива посредством обработки электрических импульсов, снимаемых с каждой форсунки двигателя. Электронная схема системы содержит известные элементы, в том числе, коммутатор, ограничитель уровня, формирователь сигнала, контролер с АЦП.

Достоинством системы является получение мгновенного значения расхода топлива, универсальность, возможность учитывать различные факторы для повышения точности измерения. Ее недостатком является сложность, необходимость использования контролера, что снижает надежность работы.

Предлагаемый измеритель позволяет определять расход топлива, как на стационарном режиме работы двигателя, так и его мгновенное значение при снятии динамических характеристик, например, при разгоне на холостом ходу.

В инжекторном двигателе порция впрыскиваемого топлива определяется электронным блоком управления по показаниям датчика массового расхода воздуха и датчика концентрации кислорода в отработавших газах (λ-зондом). Дозирование топлива реализуется изменением времени открытого состояния форсунки при одинаковом перепаде давления в рампе и во впускном

трубопроводе. Поэтому расход топлива в одном цилиндре пропорционален длительности открытого состояния форсунки (рис. 2) и частоте впрыскиваний f (1/сек). Последняя обратно пропорциональна периоду впрыскиваний T . Учитывая, что все цилиндры двигателя работают идентично, можно считать массовый расход топлива двигателем GT (кг/час) равным

Тарировочную константу a получают, сравнивая полученный результат измерения расхода со значением расхода, измеренным однократно каким либо способом.

Задачей данной полезной модели является создание такой конструкции измерителя расхода топлива инжекторного двигателя, которая была бы не связана с использованием механических датчиков расхода, а опиралась на электрические сигналы управления системой питания и была достаточно проста.

Решение этой задачи достигается тем, что кривая зависимости напряжения, подаваемого на форсунку, фильтруется от высокочастотных помех, интегрируется с помощью RC-цепочки в течение единичного промежутка времени и усиливается. Далее полученный сигнал умножается на тарировочную константу, вводимую с задатчика, превращается в цифровую форму и индицируется на цифровом индикаторе расхода топлива. Основное устройство измерителя представляет собой умножитель, на который поступает сигнал с форсунки и с задатчика константы a .

Дополнительной задачей полезной модели является непрерывный контроль за работой каждого цилиндра.

Вторая задача может быть реализована установкой предлагаемого измерителя расхода на каждую форсунку. Отсутствие П-образного сигнала на форсунке (см. рис. 2) будет регистрироваться в виде резкого снижения расхода топлив, обеспечиваемого этой форсункой.

Сущность полезной модели представлена на рисунке 1, содержащем принципиальную схему измерителя. Она содержит элементы, обозначенные следующими позициями.

Измеритель имеет задатчик 1 тарировочной константы а, цифроаналоговый преобразователь сигнала задатчика 9, форсунку 2 с выводом от ее электромагнита, фильтр высоких частот 3, интегрирующую цепочку 4, усилитель проинтегрированного сигнала 5. По двум ветвям (от форсунки и от задатчика) два сигнала напряжения поступают на вход умножителя 6. С умножителя, напряжение, пропорциональное расходу топлива, поступает на аналого-цифровой преобразователь 8, а затем цифровые коды подаются на индикатор массового расхода топлива 7.

Измеритель работает следующим образом. Значение тарировочной константы а вводится в задатчик из руководства по эксплуатации автомобилем или получается сравнением значения измерителя со значением, определенным при тарировании. Для частот вращения коленчатого вала в интервале 600÷6000 об/мин частота основного сигнала с форсунки не превышает 100 Гц. Наводки с частотой более 1 кГц следует отфильтровать для обеспечения точности работы измерителя. Временной интервал интегрирования следует выбирать из условия работы интегрирующей цепочки $RC = T_i$, где период интегрирования T_i находится в пределах 0,01÷0,5 сек в зависимости от задач исследования. Меньшие значения периода необходимы при научных исследованиях. Результат интегрирования через усилитель поступает в умножитель, также как и напряжение с задатчика константы а, преобразованное в цифро-аналоговом преобразователе в аналоговый сигнал. С выхода умножителя напряжение пропорциональное результату перемножения константы а на результат интегрирования, равный a/T , подается в аналого-цифровой преобразователь, где превращается в цифровые коды и индицируется на цифровом индикаторе в виде измеренного расхода топлива.

При постановке задачи контроля и диагностирования работы форсунок измеритель расхода топлива следует установить на каждую форсунку. В таком случае работа всех форсунок будет выявляться на каждом исследуемом режиме работы двигателя.

Представленное устройство обладает следующими преимуществами:

- позволяет для данных дорожных условий выбирать наиболее экономичный режим движения (скорость движения, передачу);
- дает возможность контролировать разные условия эксплуатации автомобиля (пониженное давление в шинах, включенный привод передних колес, наличие внешнего багажника, спойлера, обтекателя), приводящие к изменению расхода топлива;
- для диагностирования работы каждого цилиндра на всех режимах возможна установка устройства расхода топлива на все цилиндры.

Формула полезной модели

Измеритель мгновенного расхода топлива инжекторного двигателя внутреннего сгорания автомобиля, содержащий форсунку, высокочастотный фильтр, интегрирующую цепочку, усилитель, задатчик тарировочной константы с цифро-аналоговым преобразователем, отличающийся тем, что два исходных сигнала поступают от провода напряжения, подаваемого на электромагнит форсунки, и от задатчика тарировочной константы, а затем получается их произведение в умножителе, обрабатывается в аналого-цифровом преобразователе и представляется на цифровом индикаторе расхода топлива.

2. Двухтактный бензиновый двигатель с непосредственным впрыском топлива и электронной системой управления (патент РФ № 2344299)

Классы МПК: F02B57/04 распределение, т.е. управление впуском в цилиндр свежей смеси и выхлопом

F02B23/00 Прочие двигатели с камерами сгорания, имеющими особую форму или конструкцию для улучшения рабочего процесса

Автор(ы): Мысляев Вениамин Михайлович (RU), Максакова Ирина Вениаминовна (RU), Ахметов Данил Наильевич (RU)

Патентообладатель(и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южно-Уральский государственный университет" (RU)

Приоритеты:подача заявки:

29.06.2007

начало действия патента:

29.06.2007

публикация патента:

20.01.2009

Изобретение относится к двигателестроению, преимущественно к двухтактным бензиновым двигателям с непосредственным впрыскиванием топлива в цилиндр. Техническим результатом является повышение топливной экономичности и экологических показателей двигателя, надежности и долговечности работы форсунки. Двигатель содержит цилиндр, в стенке которого выполнены впускное и выпускное окна, топливную форсунку, установленную наклонно в стенке цилиндра, поршень и головку цилиндра с камерой сгорания. Топливная форсунка установлена в зоне низких температур и давления в плоскости, наклоненной к плоскости днища поршня в сторону НМТ под углом 10-15°. Распылитель форсунки расположен выше верхней кромки выпускного окна на 7-10 мм, а для создания закрученного воздушного потока профилированные, впускные окна расположены тангенциально к стенке цилиндра и с наклоном в сторону камеры сгорания. В распылителе форсунки могут быть выполнены, по крайней мере, три сопловых отверстия диаметром 0,15-0,25 мм, расположенных под разными углами к оси форсунки, два из которых направлены в сторону цилиндрической выемки в днище поршня, а одно - в околосвечную зону. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.

Изобретение относится к двигателестроению, преимущественно к двухтактным бензиновым двигателям с непосредственным впрыскиванием топлива в цилиндр.

Современные одно- или двухцилиндровые бензиновые двигатели с карбюраторной системой смесеобразования получили широкое применение в качестве силовых установок мотоциклов, моторных лодок, бытовой и другой техники. Существенным недостатком такого типа ДВС является низкая

топливная экономичность и высокая токсичность продуктов сгорания. Это связано с тем, что продувка цилиндра в них осуществляется топливо-воздушной смесью. Из-за того, что конструктивно выпускное окно закрывается значительно позже впускных окон, часть смеси выбрасывается в атмосферу, загрязняя ее топливом, окислами углерода и азота. Постоянное ужесточение экологических норм по содержанию CO, CH, а в последнее время и NOx в отработавших газах привело к законодательному запрещению лодочных двухтактных двигателей этого типа в водах курортных зон.

Известен двухтактный двигатель с ЭСУД и установкой форсунки в камере сгорания и образованием выемки в днище поршня [патент США 6338327, МПК F02B 23/10, опубл. 15.01.2002], содержащий головку блока, корпус, форсунку, шатун, поршень, впускные и выпускные окна, свечу зажигания. В этом двигателе осуществляется отдельная подача воздуха и топлива, впрыск топлива после закрытия выпускного окна в сферическую выемку в днище поршня.

Этими конструктивными мероприятиями достигается повышение экономичности за счет ликвидации выброса топлива при продувке и делается попытка повышения экономичности и экологии за счет послойного смесеобразования. Основным недостатком установки форсунки в камере сгорания является то, что она расположена в зоне высоких температур (до 3000°C) и давлений (до 7 МПа). Это снижает ее надежность и долговечность, что подтверждается опытом эксплуатации инжекторных четырехтактных ДВС. Организация охлаждения форсунки, расположенной в головке блока, усложнит конструкцию головки блока ДВС с жидкостным и тем более двухтактных ДВС с воздушным охлаждением. Установка форсунки в зоне высоких давлений предопределяет необходимость повышения давления топлива перед сопловыми отверстиями форсунки на 0,3-0,5 МПа больше максимального давления рабочего тела в камере сгорания. Это требует создания новой аккумуляторной системы питания двигателя высокого давления ($P=8,3...8,5$ МПа) и узлов,

рассчитанных на это давление, например двухступенчатого электробензонасоса

Другим недостатком известного двигателя является необоснованность организации послойного объемно-пленочного смесеобразования путем впрыска топлива в сферическую выемку в днище поршня. Накопление топлива в выемке днища поршня с последующим забрасыванием его в направлении свечи за счет силы инерции P_j массы топлива - m , определяемой по уравнениям $P_j = m r \omega^2$, где r - радиус кривошипа, ω - угловая скорость коленчатого вала, равная $\frac{2\pi n}{60}$, где n - частота вращения коленчатого вала, 1/мин. В широком диапазоне изменения частоты вращения (n_2) это приведет к забрасыванию свечи (на n_{MAX}) или к "недолету" при n_{MIN} . Кроме этого, при таком способе продувки цилиндра не организовано пленочное смесеобразование.

Известно техническое решение, направленное на замену карбюраторной системы питания двухтактного двигателя инжекторной системой с электронным управлением [Двухтактные карбюраторные двигатель внутреннего сгорания. /В.М.Кондратов, Ю.С.Григорьев, В.В.Тупов и др. - М.: Машиностроение, 1990, с.47-48]. Двигатель содержит цилиндр, установленный в нем поршень, головку цилиндра с камерой сгорания, топливную форсунку, установленную наклонно в стенке цилиндра, в которой выполнены впускное и выпускное продувочные окна. В этом двигателе вместо карбюратора во впускной тракт (окно) устанавливается форсунка, подача топлива через которую осуществляется электронным блоком управления ЭСУД перед перекрытием впускного окна золотником-поршнем. Такое решение снижает сопротивление впускного тракта (отсутствует диффузор, создающий сопротивление). Это ведет к повышению коэффициента наполнения, а значит и возможности повышения мощности, но не решает экономические и экологические проблемы, т.к. не исключает выброс топлива в выхлопное окно.

В основу изобретения положена техническая задача, заключающаяся в повышении топливной экономичности и экологических показателей двигателя, надежности и долговечности работы форсунки.

Указанная задача решается тем, что в двухтактном бензиновом двигателе с непосредственным впрыскиванием топлива в цилиндр и электронной системой управления, содержащем цилиндр, установленный в нем поршень, головку цилиндра с камерой сгорания, топливную форсунку, установленную наклонно в стенке цилиндра, в которой выполнены впускное и выпускное продувочные окна, согласно изобретению топливная форсунка установлена в зоне низких температур и давления в плоскости, наклоненной к плоскости днища поршня в сторону НМТ под углом $10-15^\circ$, при этом распылитель форсунки расположен выше верхней кромки выпускного окна на 7-10 мм, кроме того, профилированные, продувочные окна расположены тангенциально к стенке цилиндра с наклоном в сторону камеры сгорания.

В распылителе форсунки выполнены, по крайней мере, три сопловых отверстия диаметром 0,15-0,25 мм, расположенных под разными углами к оси форсунки, два из которых направлены в сторону цилиндрической выемки в днище поршня, а одно - в околосвечную зону.

Повышение топливной экономичности, надежности и долговечности форсунки обеспечивается: - отдельной подачей топлива и воздуха в цилиндр двигателя; - установкой форсунки в зоне низкой температуры и давления и впрыском топлива после закрытия выпускного окна; - профилированием впускных окон для организации завихрения воздушного потока при продувке; - организацией объемно-пленочного смесеобразования с $\lambda < 0,9$ в околосвечном объеме и $\lambda \gg 1$ в зоне смешения паров топлива с воздухом.

В стенке гильзы, на 7-10 мм выше кромки выпускного окна и с наклоном под углом $10-15^\circ$ в сторону НМТ, установлена форсунка, два сопловых отверстия которой направлены в цилиндрическую (высотой 1,5-2,5 мм) выемку в днище поршня, а одно сопловое отверстие - в околосвечный объем так, чтобы при впрыске топлива свеча зажигания оказалась в зоне топливного факела с коэффициентом избытка воздуха λ , равной 0,9-0,95.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется чертежом, на котором дана общая схема двигателя с форсункой в гильзе цилиндра.

Двухтактный двигатель содержит корпус 1, расположенный в нем цилиндр 2, в котором выполнены профилированные тангенциальные наклонные впускные окна 3, создающие закрученный поток воздуха, выпускное окно 4 для очистки цилиндра от продуктов сгорания и форсунка 5, расположенная в стенке гильзы цилиндра 2, поршень 6, выполняющий функцию золотника с цилиндрической выемкой 7 в днище. Топливная форсунка 5 установлена в стенке цилиндра 2 в зоне низких температур и давления в плоскости, наклоненной к плоскости днища поршня под углом $\alpha = 10-15^\circ$, таким образом, чтобы распылитель форсунки 5 был расположен выше верхней кромки выпускного окна 4 на величину $h = 7-10$ мм.

Двигатель работает следующим образом.

При перемещении поршня 6 от ВМТ к НМТ на такте расширения (рабочего хода) открывается выпускное окно 4 и продукты сгорания под давлением начинают выбрасываться в атмосферу. При понижении давления в цилиндре 2 до величины, меньшей величины давления во впускных окнах 3, через них под давлением продувочного насоса (или из картера) поступает воздух, который закручивается профилированными впускными окнами 3 по поверхности зеркала цилиндра в сторону головки блока 8, вытесняя продукты сгорания. Процесс продувки цилиндра двигателя «чистым» воздухом продолжается при движении поршня 6 от НМТ к ВМТ до перекрытия им сначала впускных окон 3, а затем и выпускных окон 4. Начинается процесс сжатия. Максимальная температура выхлопных газов при продувке в начале выхлопа в месте расположения форсунки 5 по расчетам не превышает 1000°C , а давление не более $0,25 \dots 0,3$ МПа, что ниже силы затяжки пружины форсунки. Это предотвращает заброс газов в форсунку.

После перекрытия выпускных окон 4 по сигналу датчика положения коленчатого вала (не указан), а значит, и поршня, электронный блок управления (ЭБУ) включает подачу топлива форсункой. Цикловая подача топлива, определяемая ЭБУ в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов, задается временем «открытия» форсунки при заданной постоянной

скорости истечения топлива через сопловые отверстия, т.е. длина и форма факела топлива, подаваемого через каждое из сопловых отверстий, не зависит от скоростного режима двигателя, что обеспечивает возможность ориентации факела 9 относительно свечи 10 так, чтобы обеспечить в этой зоне коэффициент избытка воздуха 0,9-0,95 без забрызгивания ее во всем скоростном режиме двигателя.

Топливо, подаваемое двумя сопловыми отверстиями форсунки 5 в цилиндрическую выемку 7 днища поршня, равномерно распределяется по поверхности выемки, образуя тонкую пленку одинаковой толщины со значительной поверхностью, с которой начинается интенсивное испарение ее в закрученный воздушный поток, обеспечивая значение коэффициента избытка воздуха в нем $\gg 1$.

В момент впрыска топлива в зоне установки форсунки 5 температура и давление не велики и практически не зависят от режима работы двигателя после начала повышения давления на такте сжатия, т.к. поршень 6 перекрывает сопловые отверстия форсунки, защищая ее компрессионными кольцами от высокого давления и температуры при сгорании.

Такое конструктивное решение и организация послойного объемно-пленочного смесеобразования обеспечивает выполнение поставленной цели - повышение экономичности, улучшение экологии, а также и повышение надежности и долговечности форсунки.

Повышение экономичности достигается как за счет ликвидации выброса топлива при продувке цилиндра воздухом и впрыском топлива после продувки, так и увеличением коэффициента избытка воздуха до $\phi = 1,5-1,6$, что позволяет запрограммировать ЭБУ на получение характеристики $\phi = f(\text{Neun}) = \text{onm}$.

Улучшение экологических показателей достигается: - снижением выброса топлива при продувке; - за счет реакции окисления окисла углерода CO до CO₂ кислородом окислов азота NO_x вида CO+NO_x → CO₂+N₂ в зоне высоких температур около свечи при $\phi < 1$; - за счет снижения температуры в

закрученном топливно-воздушном потоке с $\gg 1$, при которой инертный азот не окисляется.

Повышение надежности и долговечности форсунки, а также исключение необходимости создания аккумуляторной системы питания высокого давления достигается установкой форсунки в зоне низких температур и давления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Двухтактный бензиновый двигатель с непосредственным впрыском топлива в цилиндр и электронной системой управления, содержащий цилиндр, в стенке которого выполнены впускное и выпускное окна, топливную форсунку, установленную наклонно в стенке цилиндра, поршень и головку цилиндра с камерой сгорания, отличающийся тем, что топливная форсунка установлена в зоне низких температур и давления в плоскости, наклоненной к плоскости днища поршня в сторону НМТ под углом $10-15^\circ$, при этом распылитель форсунки расположен выше верхней кромки выпускного окна на 7-10 мм, кроме того, для создания закрученного воздушного потока профилированные, впускные окна расположены тангенциально к стенке цилиндра и с наклоном в сторону камеры сгорания.

2. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что в распылителе форсунки выполнены, по крайней мере, три сопловых отверстия диаметром 0,15-0,25 мм, расположенных под разными углами к оси форсунки, два из которых направлены в сторону цилиндрической выемки в днище поршня, а одно - в околосвечную зону.

2 Анализ существующих конструкций

2.1 Требования и классификация систем топливоподачи

На всех современных автомобилях с бензиновыми моторами используется инжекторная система подачи топлива, поскольку она является

более совершенной, чем карбюраторная, несмотря на то, что она конструктивно более сложная.

Инжекторный двигатель – не новь, но широкое распространение он получил только после развития электронных технологий. Все потому, что механически организовать управление системой, обладающей высокой точностью работы было очень сложно. Но с появлением микропроцессоров это стало вполне возможно.

Инжекторная система отличается тем, что бензин подается строго заданными порциями принудительно в коллектор (цилиндр).

Основным достоинством, которым обладает инжекторная система питания, является соблюдение оптимальных пропорций составных элементов горючей смеси на разных режимах работы силовой установки. Благодаря этому достигается лучший выход мощности и экономичное потребление бензина.

2.2 Устройство системы

Инжекторная система подачи топлива состоит из электронной и механической составляющих. Первая контролирует параметры работы силового агрегата и на их основе подает сигналы для срабатывания исполнительной (механической) части.

К электронной составляющей относится микроконтроллер (электронный блок управления) и большое количество следящих датчиков:

- лямбда-зонд;
- положения коленвала;
- массового расхода воздуха;
- положения дроссельной заслонки;
- детонации;
- температуры ОЖ;
- давления воздуха во впускном коллекторе.

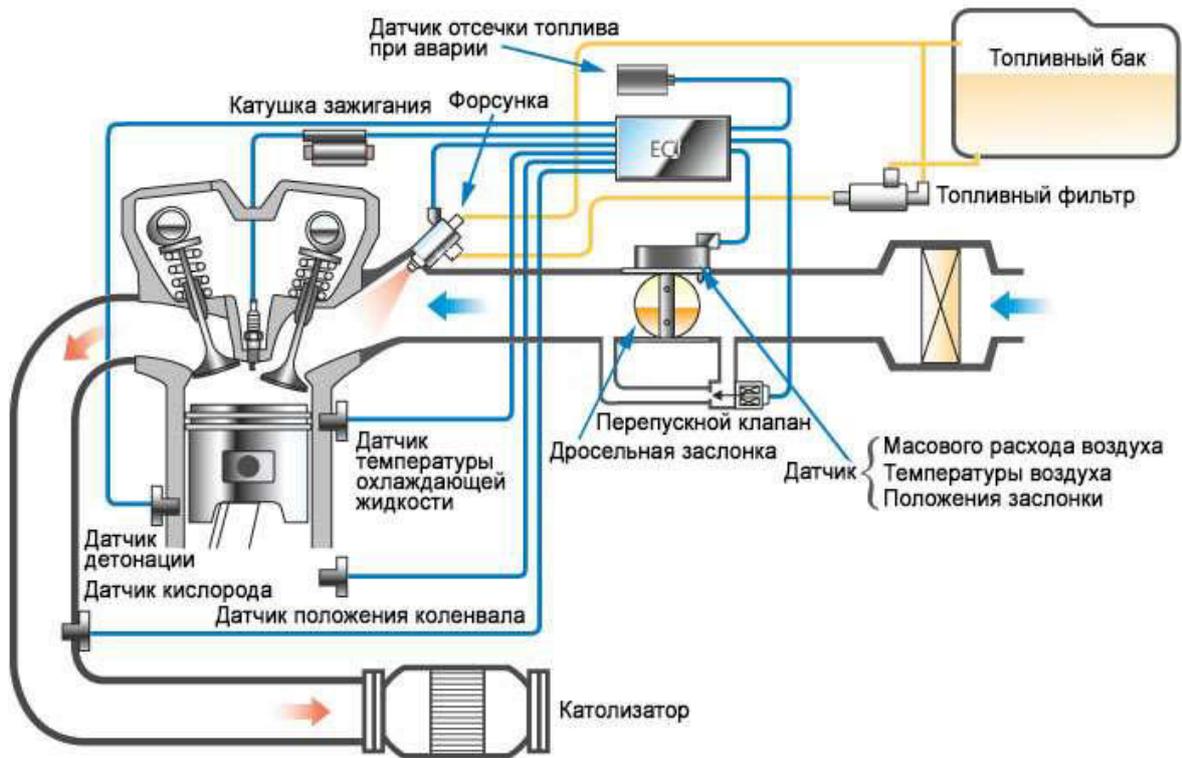


Рисунок 2.1 – Схема системы топливопитания

На некоторых авто могут иметься еще несколько дополнительных датчиков. У всех у них одна задача – определять параметры работы силового агрегата и передавать их на ЭБУ

Что касается механической части, то в ее состав входят такие элементы:

- бак;
- электрический топливный насос;
- топливные магистрали;
- фильтр;
- регулятор давления;
- топливная рампа;
- форсунки.

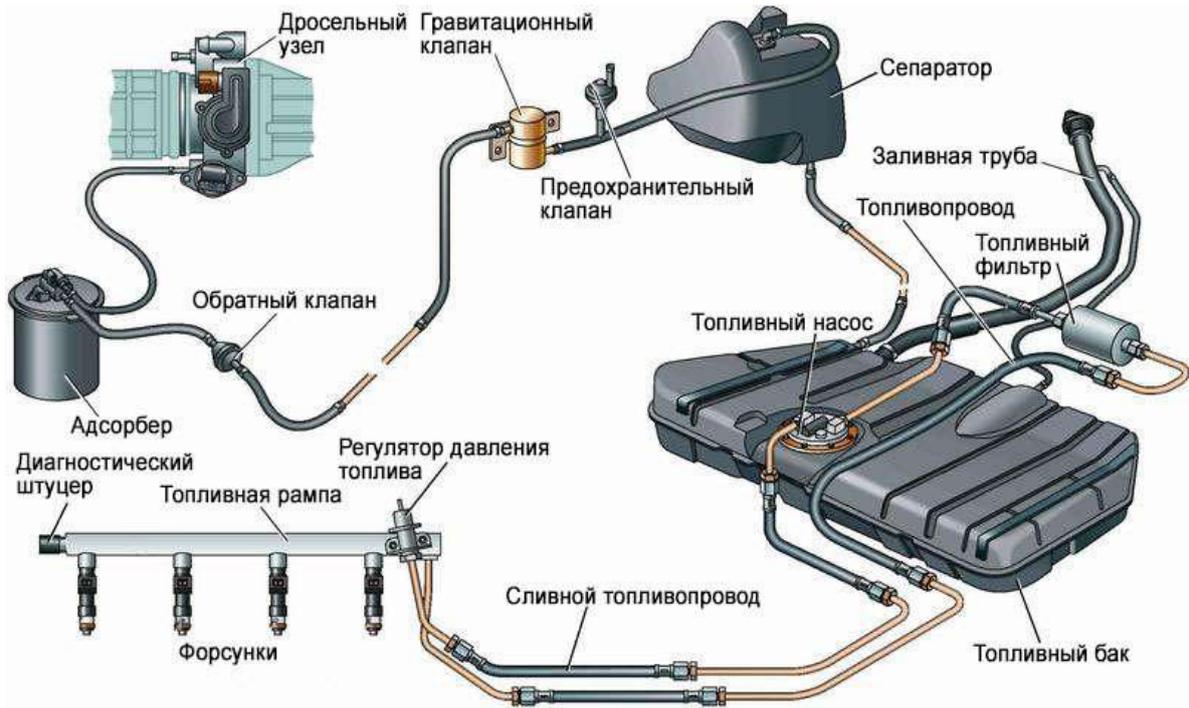


Рисунок 2.2 – Система топливопитания

2.3 Принцип работы

Теперь рассмотрим принцип работы инжекторного двигателя отдельно по каждой составляющей. С электронной частью, в целом, все просто. Датчики собирают информацию о скорости вращения коленчатого вала, воздуха (поступившего в цилиндры, а также остаточной его части в отработанных газах), положения дросселя (связанного с педалью акселератора), температуры ОЖ. Эти данные датчики передают постоянно на электронный блок, благодаря чему и достигается высокая точность дозирования бензина.

Поступающую с датчиков информацию ЭБУ сравнивает с данными, внесенными в карты, и уже на основе этого сравнения и ряда расчетов осуществляет управление исполнительной частью. В электронный блок внесены так называемые карты с оптимальными параметрами работы силовой установки (к примеру, на такие условия нужно подать столько-то бензина, на другие – столько-то).

Чтобы было понятнее, рассмотрим более подробно алгоритм работы электронного блока, но по упрощенной схеме, поскольку в действительности при расчете используется очень большое количество данных. В целом, все это направлено на высчитывание временной длины электрического импульса, который подается на форсунки.

Поскольку схема – упрощенная, то предположим, что электронный блок ведет расчеты только по нескольким параметрам, а именно базовой временной длине импульса и двум коэффициентам – температуры ОЖ и уровне кислорода в выхлопных газах. Для получения результата ЭБУ использует формулу, в которой все имеющиеся данные перемножаются.

Для получения базовой длины импульса, микроконтроллер берет два параметра – скорость вращения коленчатого вала и нагрузку, которая может высчитываться по давлению в коллекторе.

Обороты (RPM)	Нагрузка				
	1	2	3	4	5
1000	1	2	3	4	5
2000	2	4	6	8	10
3000	3	6	9	12	15
4000	4	8	12	16	20

К примеру, обороты двигателя составляют 3000, а нагрузка 4. Микроконтроллер берет эти данные и сравнивает с таблицей, внесенной в карту. В данном случае получаем базовую временную длину импульса 12 миллисекунд.

Но для расчетов нужно также учесть коэффициенты, для чего берутся показания с датчиков температуры ОЖ и лямбда-зонда. К примеру, температура составляет 100 град, а уровень кислорода в отработанных газах составляет 3. ЭБУ берет эти данные и сравнивает с еще несколькими таблицами. Предположим, что температурный коэффициент составляет 0,8, а кислородный – 1,0.

Датчик температуры ОЖ		Датчик кислорода	
t°С	коэффициент	O ₂	коэффициент
0	1,2	0	1
25	1,1	1	1
50	1,0	2	1
75	0,9	3	1
100	0,8	4	0,75

Получив все необходимые данные электронный блок проводит расчет. В нашем случае 12 множится на 0,8 и на 1,0. В результате получаем, что импульс должен составлять 9,6 миллисекунды.

Описанный алгоритм – очень упрощенный, на деле же при расчетах может учитываться не один десяток параметров и показателей.

Поскольку данные поступают на электронный блок постоянно, то система практически мгновенно реагирует на изменение параметров работы мотора и подстраивается под них, обеспечивая оптимальное смесеобразование.

Стоит отметить, что электронный блок управляет не только подачей топлива, в его задачу входит также регулировка угла зажигания для обеспечения оптимальной работы мотора.

Теперь о механической части. Здесь все очень просто: насос, установленный в баке, закачивает в систему бензин, причем под давлением, чтобы обеспечить принудительную подачу. Давление должно быть определенным, поэтому в схему включен регулятор.

По магистралям бензин подается на рампу, которая соединяет между собой все форсунки. Подающийся от ЭБУ электрический импульс приводит к открытию форсунок, а поскольку бензин находится под давлением, то он через открывшийся канал просто впрыскивается.

2.4 Виды и типы инжекторов

Инжекторы бывают двух видов:

1. С одноточечным впрыском. Такая система является устаревшей и на автомобилях уже не используется. Суть ее в том, что форсунка только одна, установленная во впускном коллекторе. Такая конструкция не обеспечивала равномерного распределения топлива по цилиндрам, поэтому ее работа была сходной с карбюраторной системой.

2. Многоточечный впрыск. На современных авто используется именно этот тип. Здесь для каждого цилиндра предусмотрена своя форсунка, поэтому такая система отличается высокой точностью дозировки. Устанавливаться форсунки могут как во впускной коллектор, так и в сам цилиндр (инжекторная система непосредственного впрыска).

На многоточечной инжекторной системе подачи топлива может использоваться несколько типов впрыска:

1. Одновременный. В этом типе импульс от ЭБУ поступает сразу на все форсунки, и они открываются вместе. Сейчас такой впрыск не используется.

2. Парный, он же попарно-параллельный. В этом типе форсунки работают парами. Интересно, что только одна из них подает топливо непосредственно в такте впуска, у второй же такт не совпадает. Но поскольку двигатель – 4-тактный, с клапанной системой газораспределения, то несовпадение впрыска по такту на работоспособность мотора влияния не оказывает.

3. Фазированный. В этом типе ЭБУ подает сигналы на открытие для каждой форсунки отдельно, поэтому впрыск происходит с совпадением по такту.

Примечательно, что современная инжекторная система подачи топлива может использовать несколько типов впрыска. Так, в обычном режиме используется фазированный впрыск, но в случае перехода на аварийное функционирование (к примеру, один из датчиков отказал), инжекторный двигатель переходит на парный впрыск.

2.5 Обратная связь с датчиками

Одним из основных датчиков, на показаниях которого ЭБУ регулирует время открытия форсунок, является лямбда-зонд, установленный в выпускной системе. Этот датчик определяет остаточное (не сгоревшее) количество воздуха в газах.

Благодаря этому датчику обеспечивается так называемая «обратная связь». Суть ее заключается вот в чем: ЭБУ провел все расчеты и подал импульс на форсунки. Топливо поступило, смешалось с воздухом и сгорело. Образовавшиеся выхлопные газы с не сгоревшими частицами смеси выводятся из цилиндров по системе отвода выхлопных газов, в которую установлен лямбда-зонд. На основе его показаний ЭБУ определяет, правильно ли были проведены все расчеты и при надобности вносит корректировки для получения оптимального состава. То есть, на основе уже проведенного этапа подачи и сгорания топлива микроконтроллер делает расчеты для следующего.

Стоит отметить, что в процессе работы силовой установки существуют определенные режимы, при которых показания кислородного датчика будут некорректными, что может нарушить работу мотора или требуется смесь с определенным составом. При таких режимах ЭБУ игнорирует информацию с лямбда-зонда, а сигналы на подачу бензина он отправляет, исходя из заложенной в карты информации.

На разных режимах обратная связь работает так:

- Запуск мотора. Чтобы двигатель смог завестись, нужна обогащенная горючая смесь с увеличенным процентным содержанием топлива. И электронный блок это обеспечивает, причем для этого он использует заданные данные, и информацию от кислородного датчика он не использует;
- Прогрев. Чтобы инжекторный двигатель быстрее набрал рабочую температуру ЭБУ устанавливает повышенные обороты мотора. При этом он постоянно контролирует его температуру, и по мере прогрева корректирует состав горючей смеси, постепенно ее обедняя до тех пор, пока состав ее не

станет оптимальным. В этом режиме электронный блок продолжает использовать заданные в картах данные, все еще не используя показания лямбда-зонда;

- Холостой ход. При этом режиме двигатель уже полностью прогрет, а температура выхлопных газов – высокая, поэтому условия для корректной работы лямбда-зонда соблюдаются. ЭБУ уже начинает использовать показания кислородного датчика, что позволяет установить стехиометрический состав смеси. При таком составе обеспечивается наибольший выход мощности силовой установки;

- Движение с плавным изменением оборотов мотора. Для достижения экономичного расхода топлива при максимальном выходе мощности, нужна смесь со стехиометрическим составом, поэтому при таком режиме ЭБУ регулирует подачу бензина на основе показания лямбда-зонда;

- Резкое увеличение оборотов. Чтобы инжекторный двигатель нормально отреагировал на такое действие, нужна несколько обогащенная смесь. Чтобы ее обеспечить, ЭБУ использует данные карт, а не показания лямбда-зонда;

- Торможение мотором. Поскольку этот режим не требует выхода мощности от мотора, то достаточно, чтобы смесь просто не давала остановиться силовой установке, а для этого подойдет и обедненная смесь. Для ее проявления показаний лямбда-зонда не нужно, поэтому ЭБУ их не использует.

Как видно, лямбда-зонд хоть и очень важен для работы системы, но информация с него используется далеко не всегда.

Напоследок отметим, что инжектор хоть и конструктивно сложная система и включает множество элементов, поломка которых сразу же сказывается на функционировании силовой установки, но она обеспечивает более рациональный расход бензина, а также повышает экологичность автомобиля. Поэтому альтернативы этой системе питания пока нет.

3. Расчет автомобиля

3.1 Подбор аналогов двигателя и формирование исходных данных расчетов

Подбор аналогов проектируемого двигателя осуществляется с целью выяснения компоновки, основных параметров и геометрических размеров двигателей, сходных с проектируемым двигателем. Это позволяет при проведении расчетов грамотно задавать необходимые величины из рекомендуемого диапазона, использовать дополнительные сведения о выпускающихся серийно двигателях.

Таблица 3.1

Модель	V _л , см ³	Комп. сх. -число кл. на цилиндр	S/D, мм	ε	Сис. пи- та- ния	Ne _п , кВт	n _N , об/мин	Me _{max} , Нм	n _M , об/мин	V _л кВт/л
Citroen Xsara 1,6i SX	1587	R4-2	82,0/78,5	10,2	PВ	65	5600	135	2600	40,95
FORD (eu) Escort Classic 1,6i	1597	R4-4	88,0/76,0	10,3	PВ	66	5250	138	2500	41,33
Hyundai Accent 1500 LS (RUS)	1495	R4-3	83,5/75,5	10	PВ	63	5500	129	3000	42,41
Peugeot 206 XT Auto	1361	R4-2	77,0/75,0	10,2	PВ	55	5500	111	2600	40,41
Citroen Xsara Picasso 1,6	1587	R4-2	82,0/78,5	10,2	PВ	70	5700	135	3000	44,10
Renault Megane Break 1,4-16 V	1390	R4-4	77,0/75,8	10	PВ	70	6000	127	3750	50,35
Проект	1315	R4-4	76/72,5	10	PВ	69	5900	140	2900	52,47

Проанализировав таблицу аналогов, склонимся к двигателю, имеющему компоновку R образного четырех цилиндрового. Данный выбор обуславливается тем, что данная компоновка имеет более компактную компоновку. Размеры автомобиля оказывают немаловажное влияние на его динамичность и маневренность, размеры подкапотного пространства, следовательно, занимают не последнее место в проектировании автомобиля, а появление всё новых систем в двигателе требуют все большего его увеличения. Выбор данной компоновки двигателя разумен, для легкового автомобиля среднего класса.

Современные бензиновые двигатели и их проектирование сводится к получению максимальной его эффективности, соответствия нормам и стандартам токсичности *Euro*. Одним из наиболее используемых методов повышения эффективности двигателя является повышение степени сжатия “ ε ”, это ведёт к повышению экономичности и экологичности. Анализируя аналоговую таблицу, склонимся к принятию степени сжатия проектируемого двигателя равной; $\varepsilon = 10$

После ознакомления с мировыми аналогами, мной были выбраны следующие характеристики проектируемого двигателя:

Номинальная мощность $N_e = 69$ кВт, при частоте вращения коленчатого вала $n_N = 6300$ об/мин;

Максимальный крутящий момент $M_e = 140$ Н·м, при частоте вращения коленчатого вала $n_M = 2900$ об/мин.

Расположение и число цилиндров – R-образное, 4-х цилиндровое;

Для улучшения наполнения цилиндров число клапанов – 16;

Вид охлаждения – жидкостное;

Система питания – распределенный впрыск топлива.

3.2 Тепловой расчет двигателя

Для бензинового двигателя принимаем:

1. Режим минимальной частоты вращения $n_{\min} = 800$ об/мин

2. Режим максимального крутящего момента при

$$n_M = 0,5 \cdot n_N = 0,5 \cdot 5800 = 2900 \text{ об/мин}$$

3. Режим максимальной (номинальной) мощности при

$$n_N = 5800 \text{ об/мин}$$

3. Режим максимальной скорости движения автомобиля при

$$n_{\max} = 6380 \text{ об/мин}$$

4. Промежуточные режимы: $n = 1500; 2200; 4060; 4800$ об/мин

Все промежуточные вычисления будут приведены для режима номинальной мощности двигателя при n_N , остальные значения приведены в соответствующих таблицах.

Топливо.

В соответствии со степенью сжатия $\varepsilon = 10$.

Можно использовать бензин Премиум-92.

Средний элементарный состав и молекулярная масса бензина:

$C = 0,855$; $H = 0,145$ и $m_T = 115$ кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания топлива:

$$H_u = 33,91C + 125,60H - 10,89(O - S) - 2,51(9H + W) =$$

$$= 33,91 \cdot 0,855 + 125,6 \cdot 0,145 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,145 = 43,93 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 43\,930 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Параметры рабочего тела.

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) =$$

$$= 0,517 \text{ кмоль} \frac{\text{возд}}{\text{кг топлива}}$$

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,957 \frac{\text{кг возд}}{\text{кг топл}}$$

Коэффициент избытка воздуха выбираем из соображений стремления получить полную мощность от двигателя при полностью открытой дроссельной заслонкой, что позволяет принять $\alpha = 0,95$ на основных режимах, а на режимах минимальной частоты вращения с учетом плохих условий смесеобразования $\alpha = 0,75$. Строим график изменения коэффициента избытка воздуха

Количество горючей смеси:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 + \frac{1}{m_T} = 0,948 \cdot 0,517 + \frac{1}{115} = 0,498 \frac{\text{кмоль гор. см}}{\text{кг топл}}$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания при $K = 0,46$ и принятых скоростных режимах:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} + 2 \cdot \frac{1 - \alpha}{1 + K} \cdot 0,208 L_0 = \frac{0,855}{12} - 2 \cdot \frac{1 - 0,948}{1 + 0,46} \cdot 0,208 \cdot 0,517 =$$

$$= 0,0636 \text{ кмоль } CO_2 / \text{кг топл.};$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1 - \alpha}{1 + K} 0,208L_0 = 2 \frac{1 - 0,948}{1 + 0,46} 0,208 \cdot 0,517 =$$

$$= 0,0077 \text{ кмоль } CO/\text{кг топл.};$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2K \frac{1 - \alpha}{1 + K} 0,208L_0 = \frac{0,145}{2} - 2 \cdot 0,46 \frac{1 - 0,948}{1 + 0,46} 0,208 \cdot 0,517 =$$

$$= 0,069 \text{ кмоль } H_2O/\text{кг топл}$$

$$M_{H_2} = 2K \frac{1 - \alpha}{1 + K} 0,208L_0 = 2 \cdot 0,46 \frac{1 - 0,948}{1 + 0,46} 0,208 \cdot 0,517 =$$

$$= 0,0035 \text{ кмоль } H_2/\text{кг топл.};$$

$$M_{N_2} = 0,792\alpha L_0 = 0,792 \cdot 0,948 \cdot 0,517 = 0,388 \text{ кмоль } N_2/\text{кг топл.}$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,792\alpha L_0 =$$

$$= 0,0636 + 0,0077 + 0,069 + 0,0035 + 0,388 =$$

$$= 0,5318 \text{ кмоль пр.сг/кг топл.};$$

Параметры окружающей среды и остаточные газы.

Давление и температура окружающей среды при работе двигателей без наддува $p_k = p_0 = 0,101325 \text{ МПа}$ и $T_k = T_0 = 293 \text{ К}$.

По рис. 5.1 стр. 106 [1] выбираем значение T_r для расчетных режимов двигателя.

Давление остаточных газов p_r за счет расширения фаз газо-распределения и снижения сопротивления при конструктивном оформлении выпускных трактов рассчитываемого двигателя можно принять на номинальном скоростном режиме: $p_{rN} = 0,112 \text{ МПа}$. Величина на остальных режимах работы двигателей можно подсчитать по формуле:

$$p_r = p_0 (1,035 + A_p \cdot 10^{-8} \cdot n^2)$$

Где:

$$A_p = (p_{rN} - p_0 \cdot 1,035) \cdot \frac{10^8}{n_N^2 p_0} = (0,112 - 0,101325 \cdot 1,035) \cdot 10^8 / (5800^2 \cdot 0,101325) = 0,209$$

Процесс впуска.

С целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальных режимах, учитывая наличие системы впрыска топлива, принимаем температуру подогрева свежего заряда $\Delta T_N = 3 \text{ }^\circ\text{C}$. На остальных режимах значения ΔT рассчитываются:

$$\Delta T = \frac{A_T}{110 - 0,0125n} = \frac{0,08}{110 - 0,0125 \cdot 5800} = 3 \text{ }^\circ\text{C},$$

где:
$$A_T = \frac{\Delta T_N}{110 - 0,0125n_N} = \frac{3}{110 - 0,0125 \cdot 5800} = 0,08.$$

Плотность заряда на впуске:

$$\rho_0 = p_0 \cdot \frac{10^6}{R_B T_0} = 0,101325 \cdot \frac{10^6}{287 \cdot 293} = 1,2049 \text{ кг/м}^3,$$

где $R_B = 287 \text{ Дж/ (кг} \cdot \text{град)}$ – удельная газовая постоянная для воздуха.

Потери давления на впуске при учете качественной обработки внутренних поверхностей впускных каналов, наличие системы впрыска топлива и четырех клапанов на цилиндр, можно принять. Гидравлическое сопротивление $\beta_2 + \xi_{вп} = 2,45$, скорость заряда через клапанную щель $\omega_{вп} = 86 \text{ м/с}$. Тогда потери давления ΔP_a на всех скоростных режимах двигателей рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_a = \frac{(\beta_2 + \xi_{вп}) A_n^2 n^2 \rho_k 10^{-6}}{2}; \quad \text{где } A_n = \omega_{вп} / n_N.$$

$$A_n = \frac{86}{5800} = 0,0148,$$

тогда $\Delta P_a = 2,45 \cdot 0,0148^2 \cdot 5800^2 \cdot 1,205 \cdot \frac{10^{-6}}{2} = 0,01091 \text{ МПа}.$

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_0 - \Delta P_a = 0,101325 - 0,010916 = 0,09041 \text{ МПа}.$$

Коэффициент очистки принимаем $\varphi_{оч} = 1$. Коэффициент дозарядки на номинальном режиме – $\varphi_{доз} = 1,119$, что вполне возможно получить при подборе угла запаздывания впускного клапана в пределах $40 - 70^\circ$. При этом на минимальном скоростном режиме ($n_{\min} = 800 \text{ об/мин}$) возможен обратный выброс поэтому принимаем $\varphi_{доз} = 0,96$.

Тогда коэффициент остаточных газов при $n_N = 5800 \text{ об/мин}$ равен:

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \frac{\varphi_{оч} P_r}{\varepsilon \varphi_{доз} P_a - \varphi_{оч} P_r} = \frac{293 + 3}{968,768} \cdot \frac{0,112}{10 \cdot 1,119 \cdot 0,09041 - 0,112} = 0,0359$$

Температура в конце впуска:

$$T_a = \frac{(T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r)}{1 + \gamma_r} = \frac{293 + 3 + 0,0359 \cdot 966,562}{1 + 0,0359} = 310,272 \text{ К}$$

Коэффициент наполнения:

$$\begin{aligned} \eta_v &= \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} \cdot (\varphi_{доз} \varepsilon p_a - \varphi_{оч} p_r) = \\ &= \frac{293}{293 + 3} \cdot \frac{1}{10 - 1} \cdot \frac{1}{0,101325} \cdot (1,119 \cdot 10 \cdot 0,09041 - 1 \cdot 0,112) = 0,977 \end{aligned}$$

. Процесс сжатия.

Средний показатель адиабаты сжатия k_1 определяется по номограмме (Рис. 4.4, стр. 73, [1]), средний показатель политропы сжатия n_1 принимается несколько меньше k_1 . При выборе n_1 учитывается, что с уменьшением частоты вращения теплоотдача от газов в стенки цилиндра увеличивается, а n_1 уменьшается по сравнению с k_1 более значительно. Так при $n_N=5800$ об/мин, $T_a=310,272$ К и $\varepsilon=10$ показатель адиабаты сжатия определен по номограмме (Рис. 4.4, стр. 73, [1]).

Давление в конце сжатия при $n_N = 5800$ об/мин:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} = 0,09041 \cdot 10^{1,371} = 2,0947 \text{ МПа}$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1} = 310,272 \cdot 10^{1,371-1} = 726,145 \text{ К}$$

Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия:

Свежей смеси (воздуха):

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{св.см}} &= 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} t_c = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} \cdot (726,145 - 273) = \\ &= 21,795 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

CO₂ в продуктах сгорания:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{CO}_2} &= 27,941 + 0,019 t_c - 0,5487 \cdot 10^{-6} \cdot t_c^2 = \\ &= 27,941 + 0,019 \cdot 453,145 - 0,5487 \cdot 10^{-6} \cdot 453,145^2 = \\ &= 36,438 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

CO в продуктах сгорания:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{CO}} &= 20,597 + 2,67 \cdot 10^{-3} t_c = \\ &= 20,597 + 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 453,145 = 21,807 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

H₂O в продуктах сгорания:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{H}_2\text{O}} &= 24,953 + 5,359 \cdot 10^{-3} t_c = 24,953 + 5,359 \cdot 10^{-3} \cdot 453,145 = \\ &= 27,381 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

H₂ в продуктах сгорания:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{H}_2} &= 20,684 + 0,206 \cdot 10^{-3} \cdot t_c - 0,588 \cdot 10^{-6} \cdot t_c^2 = \\ &= 20,684 + 0,206 \cdot 10^{-3} \cdot 453,145 - 0,588 \cdot 10^{-6} \cdot 453,145^2 = \\ &= 20,898 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

N₂ в продуктах сгорания:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{N}_2} &= 20,398 + 2,5 \cdot 10^{-3} t_c = \\ &= 20,398 + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 453,145 = 21,531 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

Остаточных газов:

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{ост.г}} &= \frac{1}{M_2} [M_{\text{CO}_2} \cdot (mc_v)_{\text{CO}_2} + M_{\text{CO}} \cdot (mc_v)_{\text{CO}} + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (mc_v)_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{H}_2} \\ &\cdot (mc_v)_{\text{H}_2} + M_{\text{N}_2} \cdot (mc_v)_{\text{N}_2}] = 24,072 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С} \end{aligned}$$

$$(mc_v)_{\text{раб.см}} = [(mc_v)_{\text{св.см}} + \gamma_r \cdot (mc_v)_{\text{ост.г}}] \frac{1}{1 + \gamma_r} = \frac{[21,795 + 0,0359 \cdot 24,072]}{1 + 0,0359} = 21,874 \text{ кДж/кмоль}^\circ\text{С}$$

Процесс сгорания.

Коэффициент молекулярного изменения горючей $\mu_0 = M_2/M_1$ и рабочей смеси $\mu = (\mu_0 + \gamma_r)/(1 + \gamma_r)$.

$$\mu_0 = \frac{0,5318}{0,4986} = 1,066$$

$$\mu = \frac{1,066 + 0,0359}{1 + 0,0359} = 1,064$$

Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания, и теплота сгорания рабочей смеси:

$$\Delta H_u = 119950(1 - \alpha)L_0$$

$$H_{\text{раб.см}} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1(1 + \gamma_r)}$$

$$\Delta H_u = 119950(1 - 0,948)0,517 = 3223,66 \text{ кДж/кг}$$

$$H_{\text{раб.см}} = \frac{43930 - 3223,66}{0,4986(1 + 0,0359)} = 78808,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль раб.см.}}$$

Температура в конце видимого процесса сгорания находим по формуле:

$$At_z^2 + Bt_z + C = 0$$

$$\text{Где } A = \mu b; B = \mu a; C = -(\zeta_z H_{\text{дл.м}} + (mc_v)_{\text{дл.м}} t_c)$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{M_2} (M_{CO_2} \cdot 0,003349 + M_{CO} \cdot 0,00143 + M_{H_2O} \cdot 0,004438 + \\ &+ M_{H_2} \cdot 0,001758 + M_{N_2} \cdot 0,001457) = \\ &= \frac{1}{0,5381} (0,0636 \cdot 0,003349 + 0,0077 \cdot 0,00143 + 0,069 \cdot \\ &\cdot 0,004438 + 0,0035 \cdot 0,001758 + 0,388 \cdot 0,001457) = 0,00207 \end{aligned}$$

$$b = \frac{1}{M_2} (M_{CO_2} \cdot 0,003349 + M_{CO} \cdot 0,00143 + M_{H_2O} \cdot 0,004438 + M_{H_2} \cdot 0,001758 + M_{N_2} \cdot 0,001457) =$$

$$= \frac{1}{0,5318} (0,0636 \cdot 0,003349 + 0,0077 \cdot 0,00143 + 0,069 \cdot 0,004438 + 0,0035 \cdot 0,001758 + 0,388 \cdot 0,001457) = 0,00207$$

$$a = \frac{1}{M_2} (M_{CO_2} \cdot 39,123 + M_{CO} \cdot 22,49 + M_{H_2O} \cdot 26,67 + M_{H_2} \cdot 19,678 + M_{N_2} \cdot 21,951) =$$

$$= \frac{1}{0,533} (0,0636 \cdot 39,123 + 0,0077 \cdot 22,49 + 0,069 \cdot 26,67 + 0,0035 \cdot 19,678 + 0,388 \cdot 21,951) = 24,609$$

$$A = 1,0642 \cdot 0,00207 = 0,0022$$

$$B = 1,0642 \cdot 24,609 = 26,189$$

$$C = -(0,886 \cdot 78802,2 + 21,874 \cdot 453,145) = -79736,3$$

$$t_z = \frac{(-B + \sqrt{B^2 - 4AC})}{2A} = \frac{(-26,189 + \sqrt{26,184^2 - 4 \cdot 0,0022 \cdot (-79736,3)})}{2 \cdot 0,0022} = 2513,09 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_z = t_z + 273 = 2513,09 + 273 = 2786,09 \text{ K}$$

Давление в конце сгорания:

$$p_z = \frac{p_c \mu T_z}{T_c} = \frac{2,094 \cdot 1,0642 \cdot 2786,09}{726,145} = 8,553 \text{ МПа}$$

Действительное давление в конце сгорания:

$$p_{z_d} = 0,85 p_z = 0,85 \cdot 8,553 = 7,27 \text{ МПа}$$

Степень повышения давления:

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c} = \frac{8,553}{2,095} = 4,083$$

Процесс расширения и выпуска.

Средний показатель адиабаты расширения k_2 определяется по номограмме (см. рис. 4.8, стр. 82, [1]) при заданном ε для соответствующих значений α и T_z , а средний показатель политропы расширения n_2 оценивается по величине среднего показателя адиабаты. Так для номинального режима при $\varepsilon = 10$, $\alpha = 0,948$ и $T_z = 2786,09$, $k_2 = 1,248$, что позволяет принять $n_2 = 1,247$.

Давление и температура в конце расширения:

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{8,553}{10^{1,247}} = 0,49 \text{ МПа}$$

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = \frac{2786,09}{10^{1,247-1}} = 1581,15 \text{ К}$$

Уточнённое значение температуры остаточных газов:

$$T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} = \frac{1581,15}{\sqrt[3]{\frac{0,49}{0,112}}} = 966$$

Индикаторные параметры рабочего цикла.

Теоретическое среднее индикаторное давление:

$$\begin{aligned} p_i' &= \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = \\ &= \frac{2,0947}{10 - 1} \left[\frac{4,083}{1,247 - 1} \left(1 - \frac{1}{10^{1,247-1}} \right) - \frac{1}{1,371 - 1} \left(1 - \frac{1}{10^{1,371-1}} \right) \right] = \\ &= 1,3169 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Среднее индикаторное давление:

$$p_i = 0,97 p_i' = 0,97 \cdot 1,3169 = 1,2774 \text{ МПа}$$

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива:

$$\begin{aligned} \eta_i &= \frac{p_i i_o \alpha}{H_u \rho_o \eta_V} = \frac{1,2774 \cdot 14,957 \cdot 0,948}{43,93 \cdot 1,205 \cdot 0,9769} = 0,35, \\ g_i &= \frac{3600}{H_u \eta_i} = \frac{3600}{43,93 \cdot 0,35} = 0,2339 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}. \end{aligned}$$

Эффективные показатели двигателя.

Среднее давление механических потерь для бензиновых двигателей с числом цилиндров до шести с отношением $S/D \leq 1$

$$p_M = 0,034 + 0,0113 v_{п.ср}$$

Предварительно принимаем ход поршня 72,5 мм и средняя скорость поршня на номинальном режиме:

$$v_{п.ср} = \frac{S n_N}{10^4 \cdot 3} = 72,5 \cdot \frac{5800}{10^4 \cdot 3} = 14,02 \text{ м/с}$$

$$p_M = 0,034 + 0,0113 \cdot 14,02 = 0,1924 \text{ МПа}$$

Среднее эффективное давление и механический КПД:

$$p_e = p_i - p_M \text{ и } \eta_M = \frac{p_e}{p_i}$$

Получаем значение: $p_e = 1,277 - 0,1924 = 1,085$ МПа

$$\eta_M = \frac{1,085}{1,277} = 0,8494$$

Эффективный КПД:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M = 0,35 \cdot 0,8494 = 0,2975.$$

Эффективный удельный расход топлива:

$$g_e = \frac{3600}{N_u \eta_e} = \frac{3600}{43,93 \cdot 0,2975} = 0,2754 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$

Основные параметры цилиндра и двигателя.

Литраж:

$$V_n = \frac{30 \tau N_e}{p_e n} = \frac{30 \cdot 4 \cdot 69}{1,085 \cdot 5800} = 1,298 \text{ л}$$

Рабочий объем одного цилиндра:

$$V_h = \frac{V_n}{i} = \frac{1,298}{4} = 0,329 \text{ л}$$

Диаметр цилиндра:

$$D^* = 2 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{V_h}{\pi S}} = 2 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{0,329}{3,14 \cdot 72,5}} = 75,6 \text{ мм}$$

Принятый диаметр цилиндра:

$$D = 76 \text{ мм}; S = 72,5 \text{ мм}$$

Площадь поршня:

$$F_n = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 100} = \frac{\pi \cdot 76^2}{4 \cdot 100} = 45,364 \text{ см}^2$$

Литраж двигателя:

$$V_n = \frac{\pi D^2 S i}{4 \cdot 10^6} = \frac{\pi \cdot 76^2 \cdot 72,5 \cdot 4}{4 \cdot 10^6} = 1,315 \text{ л}$$

$$\text{Отношение: } \frac{S}{D} = \frac{72,5}{76} = 0,954$$

Мощность двигателя:

$$N_e = \frac{p_e V_n n}{30 \tau} = \frac{1,085 \cdot 1,315 \cdot 5800}{30 \cdot 4} = 69,15 \text{ кВт}$$

Литровая мощность двигателя:

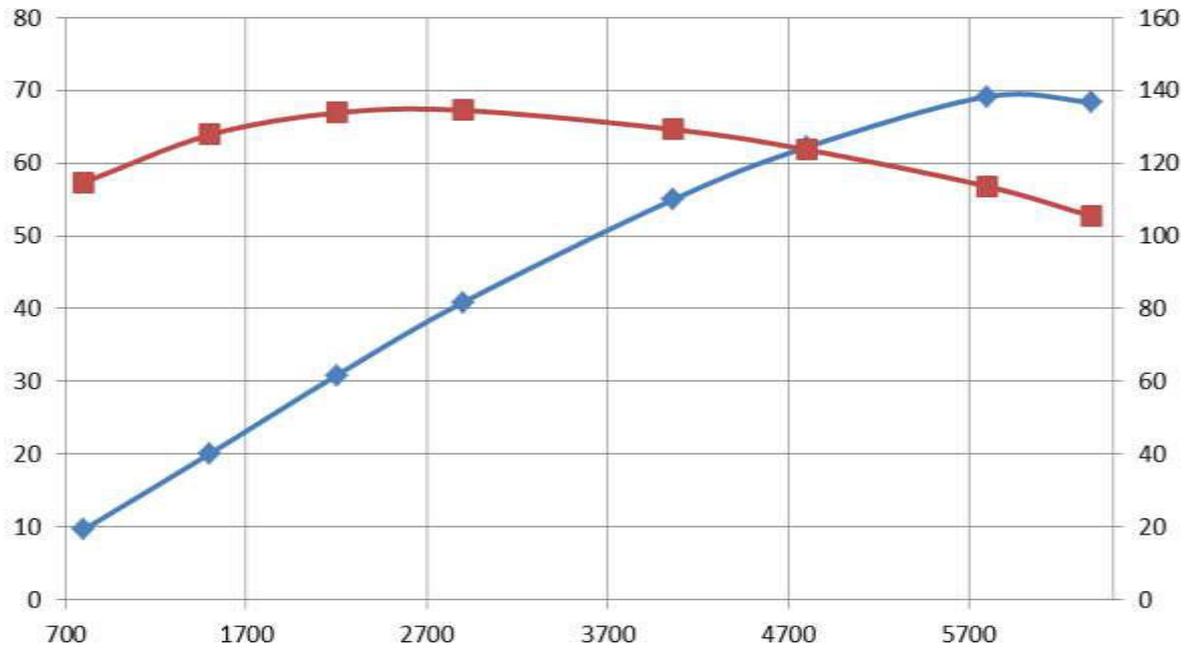
$$N_n = \frac{N_e}{V_n} = \frac{69,15}{1,315} = 52,444 \frac{\text{кВт}}{\text{л}}$$

Крутящий момент:

$$M_e = \frac{(3 \cdot 10^4)}{\pi} \cdot \frac{N_e}{n} = \frac{(3 \cdot 10^4)}{\pi} \cdot \frac{69,15}{5800} = 113,604 \text{ Нм}$$

Часовой расход топлива:

$$G_T = N_e g_e \cdot 10^{-3} = 69,15 \cdot 0,275 \cdot 10^{-3} = 19,006 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$



Графики изменения мощности и крутящего момента по оборотам коленчатого вала

Коэффициенты приспособляемости по моменту и мощности:

$$k_{M_e} = \frac{n_M}{n_N} = \frac{134,535}{113,604} = 1,184 \quad \text{и} \quad k_{N_e} = \frac{n_M}{n_N} = \frac{40,857}{69,15} = 0,592$$

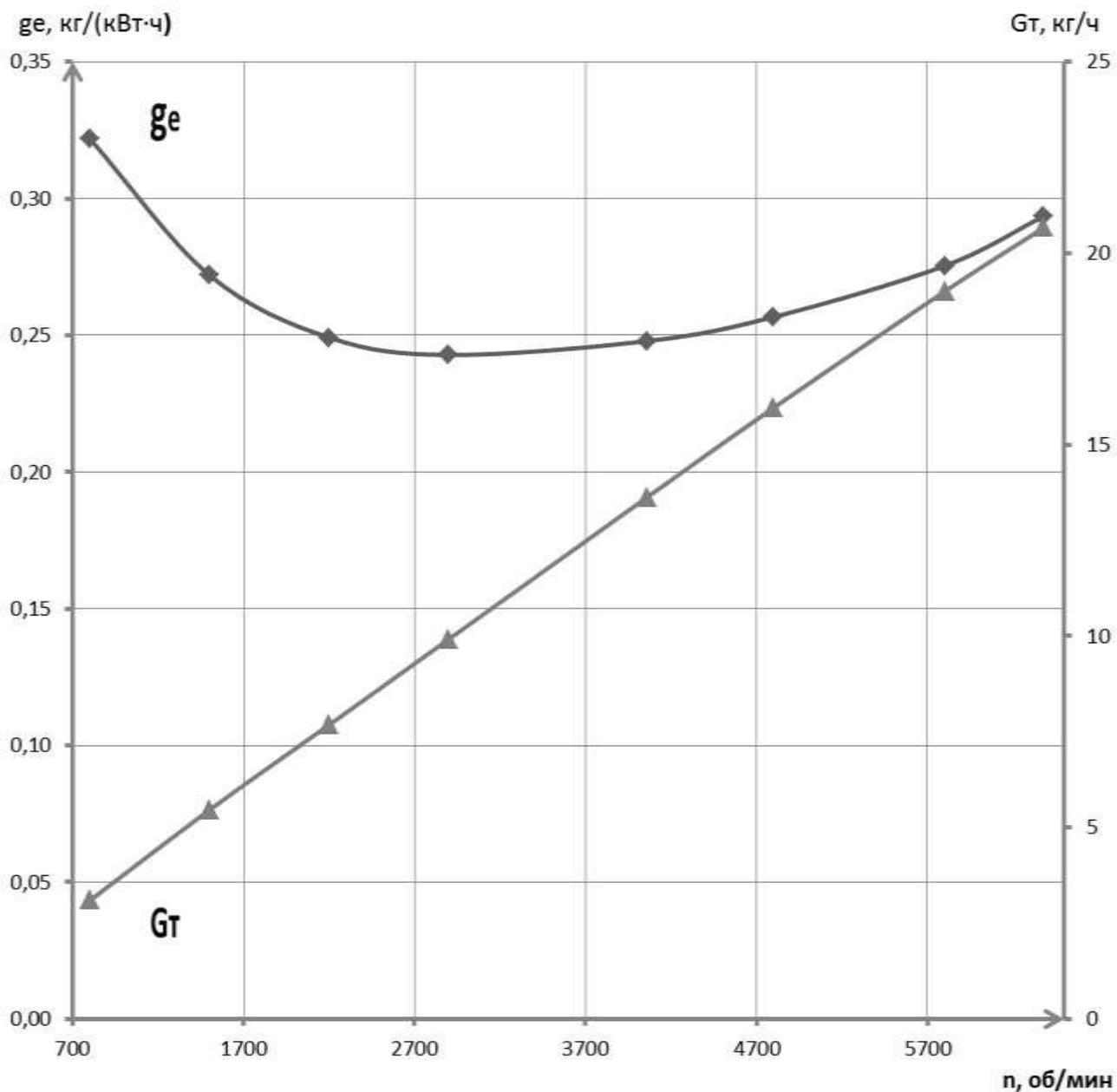


График изменения часового и эффективного удельного расхода топлива по оборотам коленчатого вала

n , об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
N_e , кВт	9,607	20,077	30,839	40,857	54,973	62,186	69,151	68,411
M_e , Н·м	114,672	127,814	133,858	134,535	129,300	123,716	113,604	105,389
g_e , гр/кВт·ч	321,946	271,982	249,182	242,849	247,925	256,746	275,447	293,593
G_t , кг/ч	3,093	5,461	7,684	9,922	13,629	15,966	19,006	20,672

3.3 Расчет автомобиля

Исходные данные

Данный расчет выполнен для автомобиля класса N3/

Известны следующие значения необходимых параметров.

Колесная формула – 4х2.

Колея автомобиля – $B = 1539$ мм;

Высота автомобиля – $H_a = 1431$ мм;

Ширина автомобиля – $B_a = 1769$ мм;

Передаточные числа трансмиссии:

- первой передачи основной коробки – $u_1 = 3,3$;

- второй передачи основной коробки – $u_2 = 1,944$;

- третьей передачи основной коробки – $u_3 = 1,308$;

- четвертой передачи основной коробки – $u_4 = 1,029$;

- пятой передачи основной коробки – $u_5 = 0,837$;

- главной передачи – $u_g = 4,235$;

Коэффициент аэродинамического сопротивления – $C_X = 0.31$;

$N_{\max} = 76$ кВт при $n_N = 6380$ об/мин, $M_{e \max} = 140$ Нм при $n_M = 2900$ об/мин;

Скорость встречного ветра - $V_B = 0$ м/с;

Покрытие дороги – сухой асфальт в хорошем состоянии ($f_0 = 0.01$; $\phi_x = 0.85$);

Уклон дороги – $\alpha = 00$.

Динамическая характеристика автомобиля

Для определения динамической характеристики автомобиля, необходимо определить значения свободной силы тяги. Для этого, ниже проведены расчеты, в которых определяется скорость – V , тяговая сила – P_t , сила сопротивления воздуха – P_B , свободная сила тяги – $P_{св}$, коэффициент сопротивления качению – f , сила сопротивления дороги – P_D ,

Определяется скорость движения автомобиля в зависимости от частоты вращения коленчатого вала

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot r_k}{30 \cdot U_{тр}}, \frac{м}{с}$$

где r_k – радиус качения колеса,

$U_{тр} = u_{икг}$ – передаточное число трансмиссии;

u_k – передаточное число коробки передач;

u_g – передаточное число главной передачи.

Радиус колеса определяется по маркировке шин – 205/55 R15

$$r_k = \frac{d}{2} + \Delta(1 - \lambda)B$$

где d – посадочный диаметр колеса (1 дюйм = 0,0254 м), $d = 0.381$ м;
 $\Delta = H/B$ – отношение высоты H профиля шины к ее ширине B , $\Delta = 0.55$;
 $\lambda = 0.10 \dots 0.16$ – коэффициент радиальной деформации шины, $\lambda = 0.13$.

$$r_k = \frac{0.381}{2} + 0.55 \cdot (1 - 0.13) \cdot 0.205 = 0.298 \text{ м}$$

Определим скорость движения при $n = 6380$ об/мин вращения коленчатого вала на первой передаче:

$$U_{\text{тр}} = U_1 \cdot U_r = 3,3 \cdot 4,235 = 13,076$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot n \cdot r_k}{30 \cdot U_{\text{дв}}} = \frac{3.14 \cdot 6380 \cdot 0.3108}{30 \cdot 17.1} = 14,73 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Данные, полученные для остальных передач, при различных оборотах, представлены в таблице 14.1.

Таблица 14.1

п, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
V1 передача	1,785	3,348	4,910	6,472	9,061	10,713	12,945	14,239
V2 передача	3,031	5,683	8,335	10,987	15,382	18,185	21,974	24,171
V3 передача	4,505	8,446	12,388	16,329	22,861	27,027	32,658	35,924
V4 передача	5,726	10,736	15,746	20,756	29,059	34,356	41,513	45,664
V5 передача	7,039	13,199	19,358	25,518	35,725	42,236	51,036	56,139

Сила тяги представляет отношение тягового момента M_T , подводимого при равномерном движении к полуосям ведущих колес, к радиусу ведущих колес:

$$P_T = \frac{M_T}{r_k} = \frac{M_e \eta_{\text{тр}} U_{\text{тр}}}{r_k}, \text{ Н}$$

Величина крутящего момента M_e берется по внешней скоростной характеристике с теплового расчета:

Таблица 14.2

п, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
$M_e, \text{ Н}\cdot\text{м}$	118,00	132,00	138,00	140,00	135,00	130,00	121,80	114

КПД механической трансмиссии при передаче тягового момента выбирается из рекомендаций. Рассчитаем для 1-ой передачи:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_k \cdot \eta_{\text{г}} = 0.94 \cdot 0.94 = 0.88$$

Тяговую силу P_T рассчитывают для всех ступеней основной коробки передач. В расчет берутся те же значения частот вращения коленчатого вала,

которые использовались ранее. Рассчитаем тяговую силу для первой ступени коробки передач при $n = 6380$ об/мин.

$$P_T = \frac{M_e \eta_{\text{од}} U_{\text{од}}}{r_k} = \frac{114,686 \cdot 0,88 \cdot 13,076}{0,289} = 4935,9, \text{ Ё}$$

Данные, полученные для остальных передач представлены в таблице 14.3.

Таблица 14.3

n, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
1 передача	5091,2	5695,3	5954,1	6040,4	5824,7	5609,0	5255,2	4935,9
2 передача	2999,2	3355,0	3507,5	3558,4	3431,3	3304,2	3095,8	2907,7
3 передача	2018,0	2257,4	2360,0	2394,2	2308,7	2223,2	2083,0	1956,4
4 передача	1587,5	1775,9	1856,6	1883,5	1816,2	1749,0	1638,7	1539,1
5 передача	1291,3	1444,5	1510,2	1532,1	1477,4	1422,6	1332,9	1251,9

Сила сопротивления воздуха при установившемся движении:

$$P_B = \frac{C_x \cdot F \cdot \rho_B \cdot V_{\text{от}}^2}{2}, \text{ Н}$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления, $C_x = 0.1$;

F – Площадь лобового сопротивления,

$$F = 0.8 \cdot B_a \cdot H_a = 0.8 \cdot 1.769 \cdot 1.431 = 2.025 \text{ м}^2;$$

ρ_B – плотность воздуха, $\rho_B = 1,225$ кг/м³;

$V_{\text{от}} = v + v_B$ – относительная скорость ветра при наличии встречного ветра;

v_B – скорость ветра.

Рассчитаем силу сопротивления воздуха для первой ступени коробки передач при $n = 6380$ об/мин:

$$V_{\text{от}} = 13,617 + 0 = 13,617 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$P_{1B} = \frac{C_x \cdot F \cdot \rho_B \cdot V_{\text{от}}^2}{2} = \frac{0,31 \cdot 2,025 \cdot 1,225 \cdot 13,617^2}{2} = 71,285 \text{ Н};$$

Данные, полученные для остальных передач, представлены в таблице 14.4.

Таблица 14.4

n, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
1 передача	1,2	4,3	9,3	16,1	31,6	44,1	64,4	78,0
2 передача	3,5	12,4	26,7	46,4	91,0	127,2	185,7	224,7
3 передача	7,8	27,4	59,0	102,5	201,0	280,9	410,1	496,2
4 передача	12,6	44,3	95,3	165,7	324,7	453,9	662,7	801,8

5 передача	19,1	67,0	144,1	250,4	490,8	686,0	1001,6	1211,9
------------	------	------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

Зная тяговую силу P_T и силу сопротивления воздуха P_B можно рассчитать свободную силу тяги таблица 14.5:

$$P_{CB} = P_T - P_B, \text{ Н}$$

Таблица 14.5

n, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
1 передача	5090,0	5690,9	5944,9	6024,3	5793,1	5564,8	5190,7	4857,9
2 передача	2995,7	3342,6	3480,8	3511,9	3340,3	3177,0	2910,1	2683,0
3 передача	2010,2	2230,0	2301,0	2291,7	2107,7	1942,3	1672,8	1460,2
4 передача	1574,9	1731,6	1761,3	1717,8	1491,5	1295,1	976,0	737,3
5 передача	1272,3	1377,5	1366,1	1281,7	986,6	736,7	331,4	40,0

Вычисляется сила P_d сопротивления дороги при равномерном движении:

$$P_d = G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \text{ Н}$$

где G – вес автомобиля, $G = m \cdot g = 1270 \cdot 9.81 = 12458,7 \text{ Н}$;

α – угол продольного наклона дороги, $\alpha = 00$;

f – коэффициент сопротивления качению колес, $f_0 = 0.01$ (асфальтовое покрытие).

При $V \leq 15 \dots 20 \text{ м/с}$ коэффициент сопротивления качению можно считать постоянным – $f = f_0$, при больших скоростях движения он зависит от скорости – $f \approx f_0 + k_f \cdot V^2$ ($k_f \approx 7 \cdot 10^{-6} \text{ с}^2/\text{м}^2$). Рассчитывается сила сопротивления дороги на скоростях первой передачи при $n = 6380 \text{ об/мин}$:

$$f = f_0 + k_f V^2 = 0.01 + 7 \cdot 10^{-6} \cdot 13,617^2 = 0.0113$$

$$D_{1A} = G \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = 12458,7 \cdot (0.0113 \cdot \cos 0 + \sin 0) = 151,2, \text{ Н}$$

Данные P_d , полученные для остальных передач представлены в таблице 14.6.

Таблица 14.6

n, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
1 передача	132,7	133,5	134,7	136,3	140,0	143,1	148,0	151,2
2 передача	133,3	135,4	138,9	143,6	154,4	163,1	177,2	186,6
3 передача	134,3	139,0	146,7	157,2	180,9	200,2	231,3	252,1
4 передача	135,5	143,1	155,4	172,4	210,7	241,9	292,2	325,7
5 передача	137,0	148,6	167,2	192,8	250,8	297,8	373,9	424,6

Динамической характеристикой автомобиля называется зависимость динамического фактора от скорости движения автомобиля.

$$D_a = \frac{P_{CB}}{G};$$

Для расчета задаем найденные в предыдущих пунктах частоты вращения коленчатого вала, скорости, тяговые силы, силы сопротивления воздуха.

Рассчитывается динамическая характеристика D_a для первой передачи при $n = 6300$ об/мин:

$$D_{1a} = \frac{P_{CB}}{G} = \frac{16481,633}{12458,7} = 0,520;$$

Данные, полученные для остальных передач, представлены в таблице 14.7.

Таблица 14.7

n, об/мин	800	1500	2200	2900	4060	4800	5800	6380
1 передача	0,3843	0,4297	0,4489	0,4549	0,4374	0,4202	0,3919	0,3668
2 передача	0,2262	0,2524	0,2628	0,2652	0,2522	0,2399	0,2197	0,2026
3 передача	0,1518	0,1684	0,1737	0,1730	0,1592	0,1467	0,1263	0,1103
4 передача	0,1189	0,1307	0,1330	0,1297	0,1126	0,0978	0,0737	0,0557
5 передача	0,0961	0,1040	0,1032	0,0968	0,0745	0,0556	0,0250	0,0030

Определяется динамический фактор по условию равномерного движения на данной дороге:

$$D = \psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$$

где ψ – коэффициент сопротивления дороги,

Так как $\alpha = 00$, то:

$$D = \psi = f$$

Рассчитывается динамический фактор по условию равномерного движения на данной дороге для пятой передачи при $n = 6380$ об/мин:

$$D = f_0 + k_f V^2 = 0,01 + 7 \cdot 10^{-6} \cdot 53,685^2 = 0,030$$

В таблице 8 представлены данные расчетов при движении автомобиля на пятой передаче;

Таблица 14.8

n, об/мин	D	V_5 , м/с
800	0,010	7,039
1500	0,012	13,538
2200	0,015	19,359
2900	0,020	25,518
4060	0,030	35,725
4800	0,034	42,236
5800	0,039	63,911
6380	0,041	56,139

Вычисленная зависимость $D_a = f(v)$ наносится на график динамической характеристики. Абсцисса точки пересечения кривых D_a и D определяет максимальную скорость равномерного движения автомобиля на данной дороге. На график динамической характеристики следует нанести динамический фактор по сцеплению:

Производится расчет $D_{сц}$ для пятой передачи при $n = 6300$ об/мин:

$$D_{сц} = \left(\frac{b \cdot \varphi_x \cdot \cos \alpha}{L + h(\varphi_x + f)} \right) - \frac{P_B}{G} = \left(\frac{1545,6 \cdot 0,85 \cdot \cos 0}{2576 + 0,5(0,85 + 0,030)} \right) - \frac{733,256}{12458,7} = 0,34466 ;$$

Данные, полученные для различных оборотов двигателя, представлены в таблице 11.9.

Таблица 14.9

n, об/мин	D сц	V5, м/с
800	0,414	7,039
1500	0,411	13,538
2200	0,405	19,359
2900	0,397	25,518
4060	0,378	35,725
4080	0,363	42,236
5800	0,339	63,911
6380	0,323	56,139

Строится график динамической характеристики по полученным данным (рисунок 14.1).

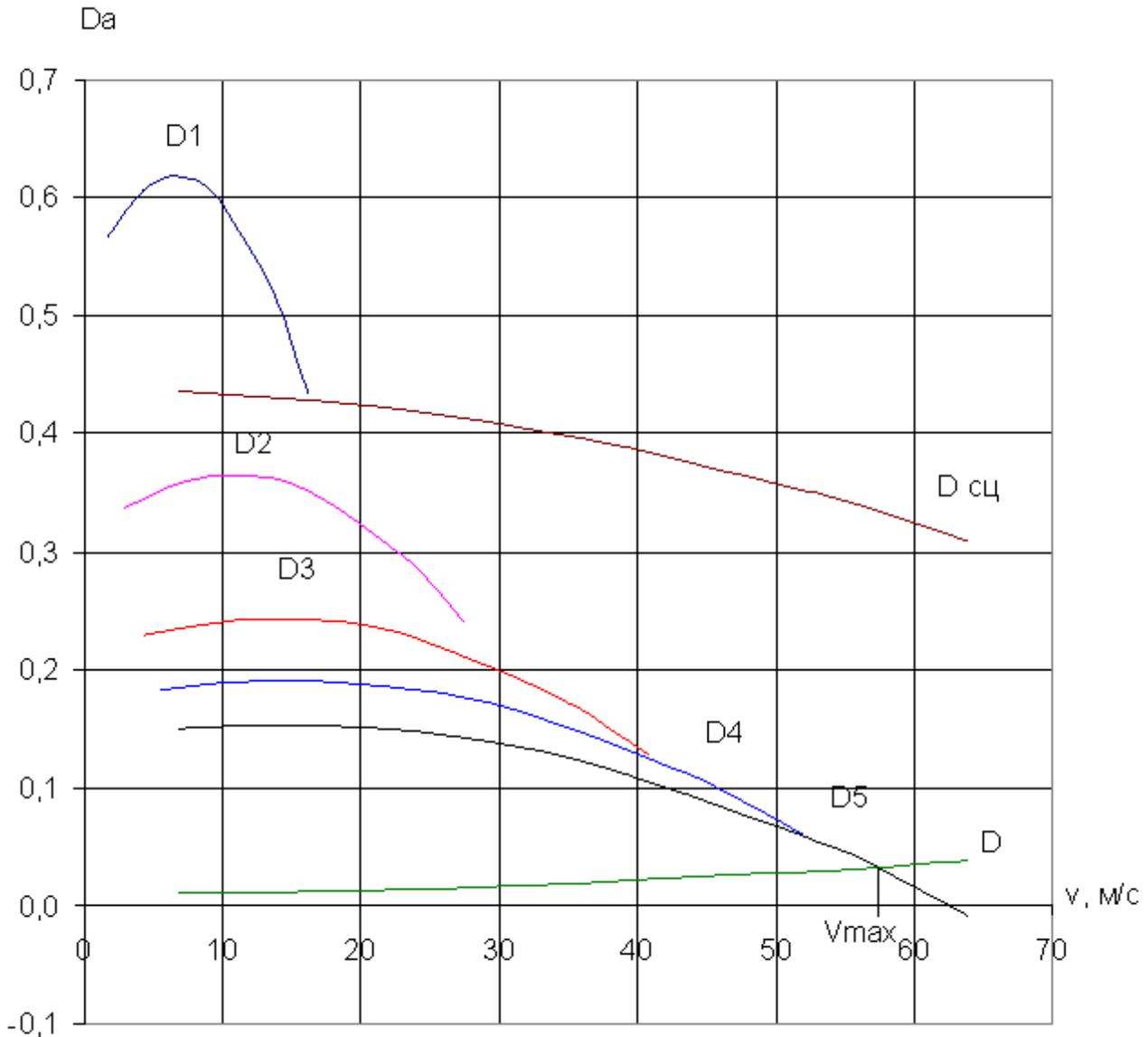


Рисунок. 14.1 График динамической характеристики

Из расчетов и графического построения динамического фактора по условию равномерного движения, фактора зависящего от скорости движения автомобиля, и динамического фактора по сцеплению видно, что максимальная скорость равномерного движения автомобиля равна

$$V_{\max} = 58 \frac{i}{\eta}$$

Приемистость автомобиля

Пользуясь результатами расчета динамической характеристики, можно определить зависимость ускорения автомобиля от скорости движения при разгоне, происходящем при полной подаче топлива в двигатель. Расчет производится для каждой ступени передач. Ускорение автомобиля вычисляется по формуле:

$$j = \frac{(D_a - \psi) \cdot g}{\delta_{BP}} \cdot \frac{m}{c^2}$$

где, δ_{BP} коэффициент учета вращающихся масс, можно определить по эмпирической формуле:

$$\delta_{BP} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2 = 1 + 0,04 + 0,04 \cdot 3,3^2 = 1,476$$

В этой формуле можно принять $\delta_1 \approx \delta_2 = 0,04$.

Коэффициент δ_{BP} учета вращающихся масс рассчитывается для первой ступени коробки передач:

Значения коэффициента учета вращающихся масс для остальных передач представлены в таблице 11.10.

Таблица 14.10

Передачи	δ_{BP}
1	1,476
2	1,191
3	1,108
4	1,082
5	1,068

Производится расчет ускорений для первой ступени коробки передач при $n = 6300$ об/мин:

$$j = \frac{(D_a - \psi) \cdot g}{\delta_{BP}} = \frac{(0,520 - 0,030) \cdot 9,81}{1,476} = 4,192 \cdot \frac{m}{c^2}$$

Значения ускорений для остальных ступеней приведены в таблице 11.11

Таблица 14.11

n , об/мин	j_1 , m/c^2	j_2 , m/c^2	j_3 , m/c^2	j_4 , m/c^2	j_5 , m/c^2
800	4,588	2,696	1,802	1,427	1,151
1975	4,902	2,872	1,901	1,481	1,162
3150	5,000	2,910	1,889	1,426	1,054
4410	4,864	2,797	1,751	1,243	0,806
6300	4,192	2,330	1,303	0,731	0,176
6930	3,843	2,095	1,090	0,497	-0,103
7500	3,474	1,847	0,869	0,258	-0,384

График ускорений представлен на рисунке 14.2.

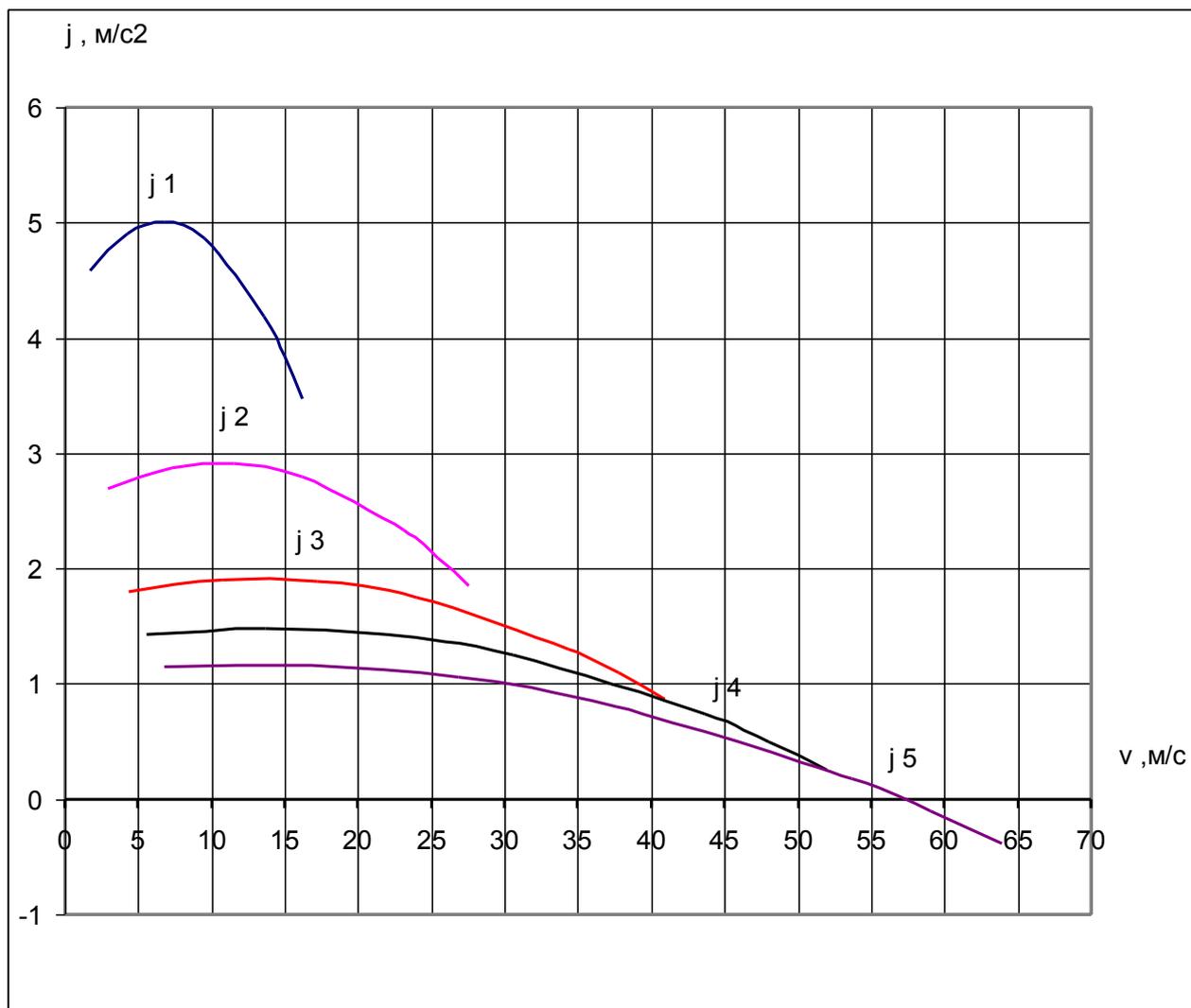


Рисунок 14.2 График ускорений

Для определения времени разгона автомобиля на графике ускорений весь диапазон изменения скорости от V_{\min} до V_{\max} разбиваем на i участков. Точность расчета при увеличении числа участков разбиения увеличивается. Считаем, что движение началось при $V = V_{\min}$.

Сначала находится среднее ускорение на этих участках (в качестве примера будет взят первый участок разбиения):

$$j_{\text{CP}} = 0.5 \cdot (j_{\text{H}} + j_{\text{K}}) = 0.5 \cdot (4,588 + 4,902) = 4,745 \text{ м/с}^2,$$

где j_{H} – ускорение в начале, а j_{K} – в конце 1-го участка.

Затем вычисляем время разгона автомобиля при изменении скорости от скорости V_{H} в начале i -го участка до скорости V_{K} в конце 1-го участка:

$$\Delta t_1 = \frac{V_{\text{K}} - V_{\text{H}}}{j_{\text{CP}}} = \frac{4,269 - 1,729}{4,745} = 0.535 \text{ ,с}$$

Полное время разгона автомобиля до скорости V_{\max} рассчитывается так:

$$\tau_{\text{P}} = \sum \Delta t_1 + (n - 1) \cdot \tau_{\text{II}} = 48,827 + (5 - 1) \cdot 1 = 52,827 \text{ с}$$

где, $\tau_{п} = 1, с$ - время затрачиваемое при переходе на высшую передачу.

Падение скорости при движении накатом во время переключения передач:

$$\Delta V = -\frac{g\tau_{п}\psi}{1+\delta_1}, \text{ м/с}$$

$$\Delta V_2 = -\frac{9.81 \cdot 1 \cdot 0.015}{1+0.04} = -0.144, \text{ м/с};$$

$$\Delta V_3 = -\frac{9.81 \cdot 1 \cdot 0.022}{1+0.04} = -0.225 \text{ м/с};$$

$$\Delta V_4 = -\frac{9.81 \cdot 1 \cdot 0.029}{1+0.04} = -0.273 \text{ м/с}.$$

$$\Delta V_5 = -\frac{9.81 \cdot 1 \cdot 0.039}{1+0.04} = -0.364 \text{ м/с}$$

Путь разгона при изменении скорости на каждом участке разбиения вычисляется так:

$$\Delta S_i = 0.5 \cdot \Delta t_i \cdot (V_K + V_H), \text{ м}$$

Путь разгона на первом участке находится следующим образом:

$$\Delta S_1 = 0.5 \cdot \Delta t_1 \cdot (V_K + V_H) = 0.5 \cdot 0.535 \cdot (1.729 + 4.269) = 1,605, \text{ м}$$

Полный путь разгона находится как:

$$S_p = \sum \Delta S_i + \sum \Delta S_{пj}, \text{ м}$$

где $S_{пj}$ – путь, пройденный автомобилем за время переключения передач.

$$S_{пj} = (V_{пj} - 0.5\Delta V_{п})\tau_{п}$$

$$\Delta S_{п2} = (16,210 - 0.5 \cdot (-0.144)) \cdot 1 = 9,693, \text{ м};$$

$$\Delta S_{п3} = (27,517 - 0.5 \cdot (-0.225)) \cdot 1 = 16,467, \text{ м}.$$

$$\Delta S_{п4} = (40,897 - 0.5 \cdot (-0.273)) \cdot 1 = 24,477, \text{ м}$$

$$\Delta S_{п5} = (51,986 - 0.5 \cdot (-0.364)) \cdot 1 = 31,110, \text{ м}$$

Значения ускорений, скоростей, времени разгона и путей разгона по участкам представлены в таблице 11.12.

Таблица 14.12

	V, м/с	j, м/с ²	j _{спл} , м/с ²	Δt _i , с	τ _п , с	ΔS _i , м	S _п , м
1 передача	1,729084	4,587599	0	0	0	0	0
	4,268676	4,902127	4,744863	0,53523	0,53523	1,60509	1,6050899
	6,808268	4,99978	4,950953	0,51295	1,04818	2,84096	4,4460496
	9,531575	4,863524	4,931652	0,55221	1,60039	4,51151	8,9575613
	13,61654	4,191539	4,527531	0,902249	2,502639	10,4427	19,400242
	14,97819	3,842851	4,017195	0,338956	2,841595	4,84618	24,246423
	16,21016	3,473648	3,658249	0,336766	3,178361	5,25158	29,498004

Продолжение таблицы 14.12

2 передача	16,09848	3,136	3,304824	0,6	3,778361	9,69259	39,190598
	16,18014	2,797441	2,966721	0,027525	3,805886	0,44423	39,634829
	23,11449	2,329956	2,563699	2,704821	6,510707	53,1425	92,777309
	25,42594	2,094603	2,212279	1,044827	7,555534	25,3582	118,13548
	27,51725	1,847402	1,971003	1,061039	8,616573	28,0874	146,22288
3 передача	27,37293	1,575	1,711201	0,6	9,216573	16,4671	162,68993
	34,35365	1,303089	1,439045	4,85094	14,06751	149,716	312,40589
	37,78901	1,089572	1,196331	2,871584	16,9391	103,582	415,98774
	40,8972	0,868705	0,979139	3,17441	20,11351	124,891	540,87886
4 передача	40,69243	0,799946	0,834325	0,6	20,71351	24,4769	565,35575
	43,66819	0,731187	0,765567	3,887002	24,60051	163,955	729,3107
	48,03501	0,496906	0,614047	7,111543	31,71205	326,076	1055,3863
	51,98594	0,257549	0,377227	10,47361	42,18566	523,79	1579,1763
5 передача	51,71317	0,216787	0,237168	0,6	42,78566	31,1097	1610,286
	53,68527	0,176024	0,196405	10,04096	52,82661	529,15	2139,4365

Графики времени и пути разгона представлены на рисунке 14.3.

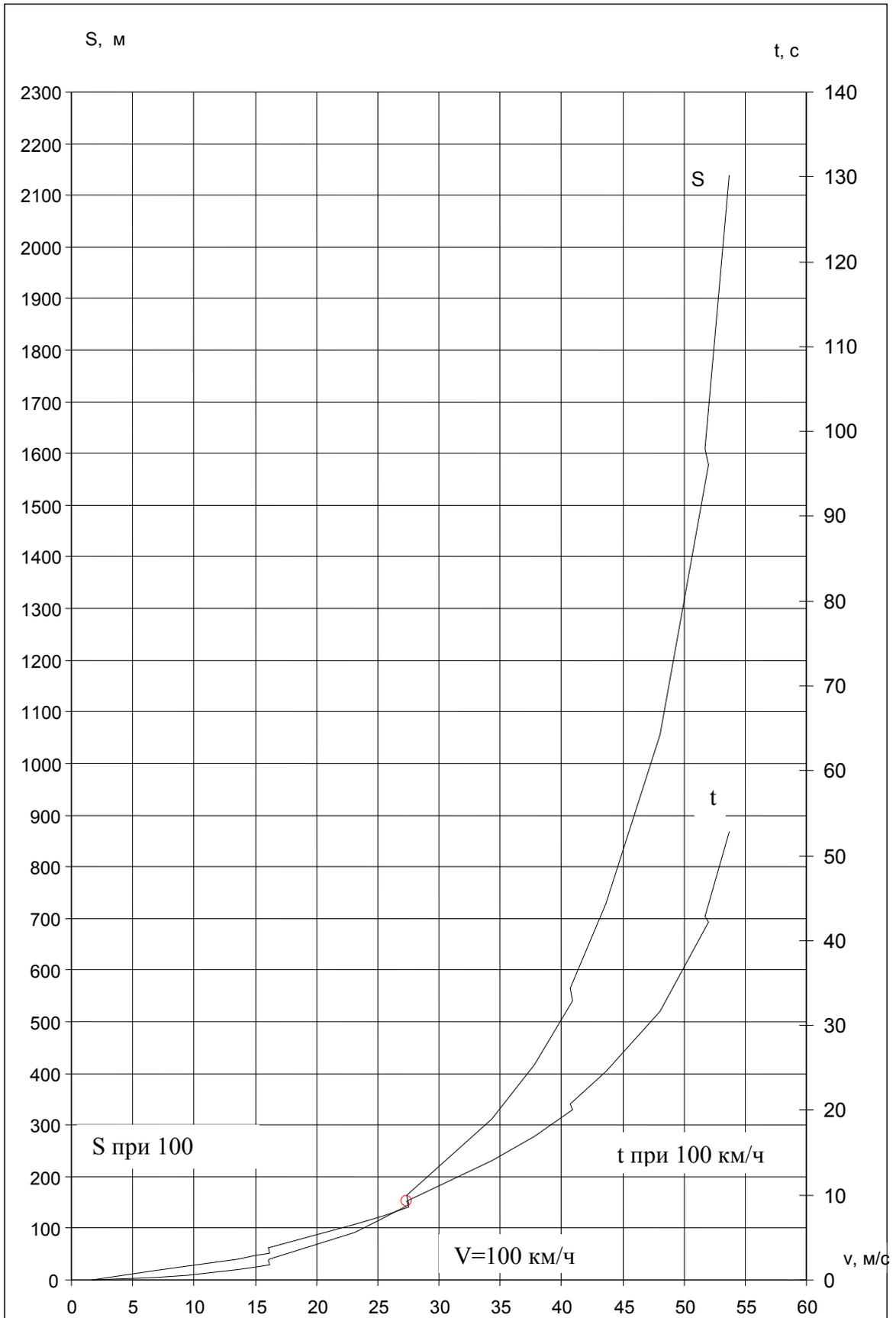


Рисунок 14.3 Графики времени и пути разгона

Входе расчета были определены следующие параметры;

Максимальная скорость

$$V_{\max} = 53,685 \text{ м/с, (193,267, км/ч)}$$

Полный путь разгона

$$SP = 2139,437, \text{ м}$$

Время разгона до максимальной скорости

$$\tau_p = 52,827, \text{ с}$$

Время разгона до 100 км/ч

$$\tau_{p100} = 8,7 \text{ с}$$

Путь, пройденный при разгоне до 100 км/ч

$$SP_{100} = 147, \text{ м}$$

4. Конструкторская часть

4.1 Устройство системы топливопитания

Подача топлива осуществляется посредством распределенного впрыска топлива во впускную трубу в зону расположения впускных клапанов электромагнитными форсунками, работающими по сигналу электронного блока управления. Блок управления в зависимости от режима работы двигателя изменяет длительность открытия топливных форсунок.

Принципиальная схема системы распределенного впрыска EURO – 4 показана на рисунке 4.1

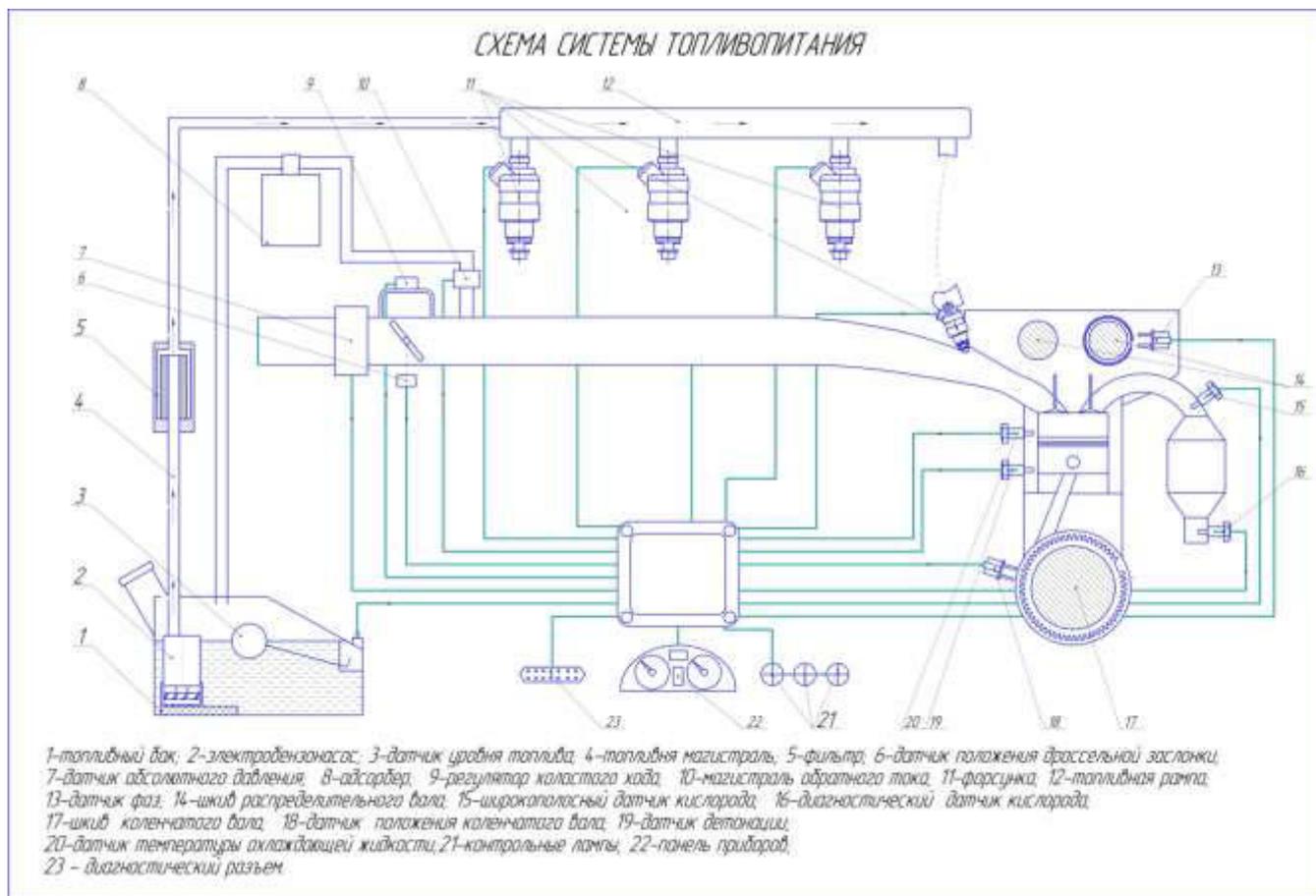


Рисунок 4.1 Схема системы топливопитания

Форсунка (другое название - *инжектор*), являясь конструктивным элементом системы впрыска, предназначена для дозированной подачи топлива, его распыления в камере сгорания (впускном коллекторе) и образования топливно-воздушной смеси.

Форсунка используется в системах впрыска как бензиновых, так и дизельных двигателей. На современных двигателях устанавливаются форсунки с электронным управлением впрыска.

В зависимости от способа осуществления впрыска различают следующие виды форсунок: электромагнитная, электрогидравлическая и пьезоэлектрическая.

Электромагнитная форсунка

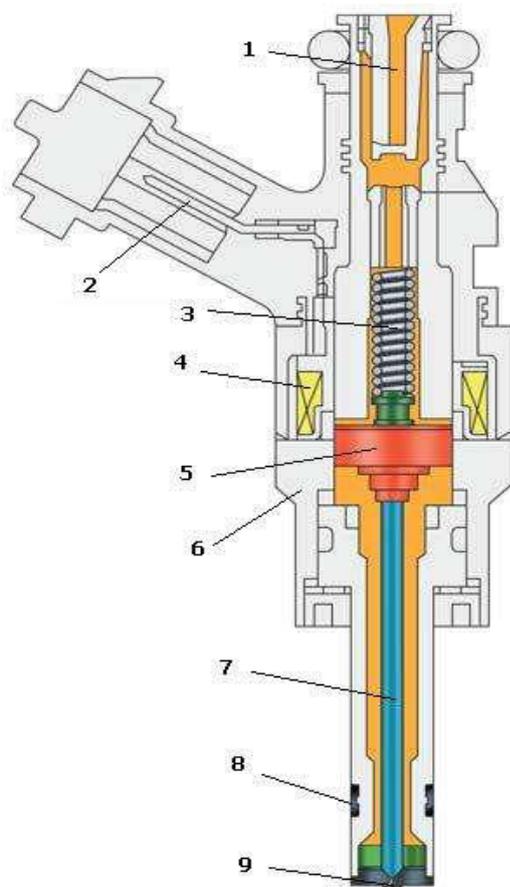


Рисунок 4.2 - Форсунка

1. сетчатый фильтр; 2. электрический разъем; 3. пружина; 4 обмотка возбуждения; 5 якорь электромагнита; 6 корпус форсунки; 7 игла форсунки; 8 уплотнение; 9 сопло форсунки.

Электромагнитная форсунка устанавливается, как правило, на бензиновых двигателях, в т.ч. оборудованных системой непосредственного

впрыска. Форсунка имеет достаточно простое устройство, включающее электромагнитный клапан с иглой и сопло.

Работа электромагнитной форсунки осуществляется следующим образом. В соответствии с заложенным алгоритмом электронный блок управления обеспечивает в нужный момент подачу напряжения на обмотку возбуждения клапана. При этом создается электромагнитное поле, которое преодолевая усилие пружины, втягивает якорь с иглой и освобождает сопло. Производится впрыск топлива. С исчезновением напряжения, пружина возвращает иглу форсунки на седло.

4.2 Функционирование типовой системы инжекторного впрыска

При включении зажигания, электрический бензиновый насос, расположенный в топливном баке, через топливный фильтр подает бензин под давлением (от 1 до 3-5 атм) к инжекторам.

Инжекторы расположены во впускном коллекторе двигателя, они осуществляют распыление и впрыск топлива в коллектор, где и начинается формирование топливно-воздушной смеси (в отличие от карбюраторного двигателя). Из впускного коллектора смесь попадает в цилиндры двигателя.

Бортовой компьютер управляет инжектором, подавая электрические импульсы на обмотку электромагнитного клапана инжектора. Количество бензина и обогащение топливно-воздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя, зависит от длительности импульсов и частоты их следования.

Угол опережения зажигания определяется компьютером таким образом, чтобы избежать детонации топлива в цилиндрах, о чем извещает датчик детонации.

Частота управляющих импульсов зависит, обычно, от частоты вращения коленчатого вала двигателя - это так называемый синхронный режим управления инжектором. В асинхронном режиме управляющие импульсы следуют с постоянной частотой независимо от частоты вращения вала

двигателя.

Длительность импульсов рассчитывается компьютером непрерывно в зависимости от режима работы двигателя, на основании сигналов различных датчиков топлива.

Пуск двигателя- инжектор работает в синхронном режиме, длительность импульса определяется компьютером в зависимости от температуры двигателя исходя из необходимости создания более обогащенной топливно-воздушной смеси (от 1 : 1,5 при -36°C до 1 : 12 при $+94^{\circ}\text{C}$). В этом режиме компьютер использует информацию от датчика температуры двигателя (для определения длительности импульса) и от датчика положения коленвала (для определения частоты импульсов и их синхронизации с работой цилиндров).

Продувка цилиндров- в некоторых случаях необходимо очистить цилиндры двигателя от избытка бензина(например, после нескольких неудачных попыток пуска двигателя). При открывании дроссельной заслонки более чем на 80% (компьютер принимает информацию от датчика дроссельной заслонки) и частоте вращения двигателя менее 400 об/мин компьютер обеспечит обеднение смеси до 1 : 20.

Работа двигателя в рабочем диапазоне- после достижения частоты вращения вала двигателя свыше 400 об/мин компьютер переходит в рабочий диапазон управления инжектором. Первоначально компьютер рассчитывает время открытого состояния инжектора(длительность импульса) используя сигналы датчика температуры двигателя и датчика давления воздуха во впускном коллекторе. При изменении нагрузки двигателя изменяется давление во впускном коллекторе и, соответственно, изменяется длительность управляющего импульса. Но через некоторое время(при достижении двигателем определенной температуры) компьютер начинает принимать сигнал от датчика кислорода, расположенного в магистрали выпуска отработанных газов, и вести расчет длительности импульсов базирясь на информации кислородного датчика. В зависимости от количества кислорода в выхлопных газах (не принявшего участия в окислении бензина) компьютер изменяет

длительность импульсов таким образом, чтобы обогащение топливно-воздушной смеси оставалось всегда оптимальным (1 : 14,7). Остатки несгоревшего бензина окисляются в каталитическом конверторе, который устанавливается перед глушителем.

Обогащение смеси на период ускорения- при резком нажатии на педаль газа происходит быстрое изменение давления во впускном коллекторе. Компьютер, анализируя изменение сигналов датчиков дроссельной заслонки и давления во впускном коллекторе, переводит инжекторы в асинхронный режим работы и обогащает смесь.

Обеднение смеси - происходит при закрытии дроссельной заслонки (например, торможение двигателем на спуске).

Режим отсечки подачи топлива- для предотвращения повреждений двигателя, при достижении максимально допустимых оборотов компьютер отключает подачу топлива в цилиндры.

5. Технологическая часть

Разработка технологического процесса изготовления детали.

При технологическом анализе рабочего чертежа рассматривается каждая поверхность детали, и определяются предъявляемые к ней требования по точности размеров, шероховатости и другим показателям качества поверхностного слоя.

В рассматриваемом чертеже требования по точности размеров в основном невысокие (14 квалитет). Наиболее точный размер - это диаметр поверхности (13,5 Н8), которая в дальнейшем используется как база для позиционного допуска. Требования по шероховатости также невысоки (неуказанная шероховатость – Ra6,3) Однако, базовая поверхность имеет высокие требования по шероховатости - Ra3,2.

Анализируя чертеж, необходимо установить взаимосвязи расположения поверхностей. В донном чертеже присутствует одно требование к расположению поверхностей – позиционный допуск на конус относительно базовой поверхности.

В донном чертеже нет поверхностей, применительно к которым оговорены требования точности их формы. Материал детали – 30X13

В технических требованиях донного чертежа находятся следующие требования- по неуказанной точности размеров, о коэффициенте покрытия KдЗхр и твердости.

Штуцер входит в перепускной клапан коробки приводов моторных агрегатов. Используется в двигателе НК-16 СТ для газоперекачивающей станции. Является составной частью перепускного клапана установленный на подкачивающий насос коробки приводов моторных агрегатов. Клапан препятствует перетекания масла из маслобака в маслосистему при не работающем двигателе. Штуцер изготавливается из стали 30X13.

Анализ технологичности конструкции детали.

Форма детали является правильной геометрической, является телом вращения. Значение шероховатостей поверхностей соответствует классам точности их размеров и методам обработки этих поверхностей.

Для обработки детали достаточно использовать токарную, фрезерную и сверлильную операции. Имеется свободный отвод и подвод режущего и мерительного инструмента к обрабатываемым поверхностям. Многообразие размеров отверстий сведено к минимуму.

Так как количество недостатков минимально, то деталь в целом можно считать технологичной.

Обоснование вида способа получения и формы заготовки

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технические условия на изготовление. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения напусков и припусков, повышения точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается технологическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоемкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования материала. Заготовки простой конфигурации дешевле, так как не требуют при изготовлении сложной и дорогой технологической оснастки, однако такие заготовки требуют последующей трудоемкой обработки и повышенного расхода материала.

Технологические процессы получения заготовок определяются технологическими свойствами материала конструктивными формами и размерами детали и программой выпуска.

Для данной детали выбирается вид получения заготовки – прокат (горяча катаный) способ получения заготовки – разрезать пруток $l=1200$ на заготовки $l=55,5$, форма заготовки - пруток.

Вид и способ получения заготовки обусловлены тем, что получают точные заготовки, ограниченности форм заготовки. Этот способ обеспечивает невысокий КИМ.

Определяем коэффициент использования материала

$$m_{\text{дет}}=0,1\text{кг}$$

$$m_{\text{заг}}=0,55\text{кг}$$

$$K=0,1/0,55=0,18$$

Определение планов(ступеней) обработки основных поверхностей

Технологический процесс обработки данной детали будет состоять из двух этапов - черновой и чистовой(окончательный).

Черновой этап предусматривает снятие относительно большого количества металла с заготовки. Здесь удаляются дефекты поверхностного слоя и другие погрешности формы. Такая обработка является грубой с допусками размеров по качеству IT14 и шероховатостью Ra12,5.

Чистовой (окончательный) этап предусматривает снятие небольшого слоя металла. На этом этапе будут выдержаны требования по точности размеров и требования по шероховатости.

Так как заготовка данной детали является телом вращения, тогда основные поверхности будут обрабатываться методом точения на токарном станке. Как правило, точение осуществляется в начале технологического процесса это позволяет наиболее точно получить технологические базы, а следовательно и точность установки заготовки в приспособление, что повышает точность получение конструкторских размеров.

Исходя из чертежа, необходимо просверлить отверстия, данная операция сверления будет осуществляться на сверлильном станке.

Контур детали будет получен фрезерованием поверхности, на чертеже детали показаны которые также будут получены методом фрезерования.

План обработки будет осуществляться в следующей последовательности:

- точение;
- сверление;
- фрезерование;

Данная последовательность обработки является наиболее оптимальной.

Анализ схемы простановки размеров и установление последовательности обработки поверхностей

Схемы простановки размеров примененных в плане операции приведены в соответствие с последовательностью обработки поверхностей, т.е. каждый размер мы получаем при обработке соответствующей данному размеру поверхности.

Формирование укрупненной маршрутной технологии

Первой операцией технологического процесса является заготовительная операция, далее происходит черновая обработка после него - чистовая. Окончательной операцией будет контрольная.

При формировании маршрутной технологии будем использовать принцип концентрации, то есть в одной операции будем обрабатывать как можно больше поверхностей. При этом упрощается организация производства уменьшается число переустановок деталей, сокращается номенклатура приспособлений и уменьшается время обработки.

Обоснование выбора оборудования и формирование плана технологического процесса

Применяемое оборудование в значительной степени зависит от типа производства деталей. В серийном производстве используют, главным образом, универсальное оборудование. Важным средством автоматизации серийного производства являются станки с ЧПУ. При невозможности

обработки детали на универсальном станке используют специализированное или специальное оборудование.

Правильный выбор типа и модели оборудования для каждой операции предполагает выполнение следующих основных условий:

1. Основные размеры станка должны соответствовать габаритам обрабатываемых деталей.

2. Мощность станка должна быть достаточной для выполнения операций и не превышать потребную более чем на 25%.

3. Выбранная модель станка должна обеспечивать заданные требования по точности, качеству и производительности обработки.

4. Соответствие станка по мощности.

5. Возможность механизации и автоматизации выполняемой обработки.

6. Соответствие станка по производительности заданному масштабу производства.

7. Возможность работы на оптимальных режимах резания.

8. Необходимость использования имеющихся станков.

В соответствии с этими требованиями произведем подбор станков по справочнику технолога-машиностроителя под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова том 2. По этому справочнику для токарных операций выдираем токарно-винторезный станок с ПУ 16Б16Т1С1, а для сверлильных операций - вертикально-сверлильный станок TS2e, для фрезерования – горизонтально – фрезерный станок 6Н81.

Токарно-винторезный станок 16 Б16Т1С1

Характеристики: $D=320\text{мм}$, $n=40-2000$ об/мин, скорость 21, $S_{\text{продольная}}=2-1200$ мм/об, $S_{\text{поперечная}}=1-1200$ мм/об, $N=2,8\text{кВт}$.

Вертикально-сверлильный станок TS2e

Характеристики: число скоростей шпинделя 12, $n=22-1000$ об/мин, число подач револьверной головки 12, $S=0,05-2,24$ мм/об, мощность электродвигателя $N=2,8\text{кВт}$.

Горизонтально-фрезерный станок 6 Н81

Характеристики: размеры рабочей поверхности стола 250x1000, число скоростей шпинделя 16, $n=50-1600$ об/мин, $S_{\text{продольная}}=35-1020$ мм/мин, $S_{\text{поперечная}}=28-790$ мм/мин, мощность электродвигателя $N=5,5$ кВт.

Обоснование выбора мест операций контроля

Операцию контроля в технологическом процессе обработки донной детали следует поместить в конце, после всех металлорежущих операций. Это сократит время, затрачиваемое на производство донной детали.

Обоснование выбора исходных, установочных и измерительных баз

Установочную базу следует совмещать с исходной, так как при этом будет отсутствовать погрешность дозирования. При обработке двух поверхностей детали при одной установке в приспособлении на точность их взаимного расположения не будут влиять погрешности дозирования и установки. Поэтому обработка поверхностей при одной установке по сравнению со всеми иными способами обеспечивает наиболее высокую точность взаимного расположения поверхностей.

Базой называется поверхность или совокупность поверхностей, ось, точку детали или сборочные единицы по отношению, к которой ориентируются другие детали изделия или поверхности детали, образуемые или собираемые на данной операции. По назначению базы подразделяются на конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторские базы разделяются на основные и вспомогательные, учет которых при конструировании имеет существенное значение.

Основная база определяет положение самой детали в изделии, а вспомогательная база - положение присоединяемой детали относительно

данной. Технологической базой называют поверхность, определяющую положение детали в процессе их изготовления.

Измерительной базой называют поверхность, определяющую положение детали и средств контроля.

По числу лишаемых деталь степеней свободы базы делят на: направляющие, опорные, установочные.

Для повышения точности обработки а, следовательно, и лучших эксплуатационных результатов следует стремиться к выполнению принципа постоянства баз, заключенного в сохранении базовых поверхностей во время всей обработки детали и принципе совмещения баз конструкторских, измерительных и технологических и поверхностей.

В зависимости от служебного назначения все поверхности детали по ГОСТ 21495-76 подразделяются на основные, вспомогательные, исполнительные и свободные.

Основные поверхности - это поверхности, с помощью которых определяют положение данной детали в изделии.

Вспомогательные поверхности - это поверхности, определяющие положение всех присоединяемых деталей относительно данной.

Исполнительные поверхности - это поверхности, выполняющие служебное назначение детали.

Свободные поверхности - это поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей и предназначенные для соединения основных, вспомогательных и исполнительных поверхностей между собой с образованием совместно необходимой для конструкции формы детали.

Обоснование выбора технологической оснастки (станочных приспособлений и вспомогательного инструмента)

Приспособлениями называются дополнительные устройства к оборудованию, при помощи которых можно получить требуемое расположение

детали или сборочной единицы по отношению к оборудованию, инструменту или рабочему месту. Они вместе с режущим и измерительным инструментом составляют технологическую оснастку.

По целевому назначению приспособления подразделяются на приспособления для металлорежущих станков (токарных, фрезерных, сверлильных и др.), для процессов сборки, контроля и испытаний.

В зависимости от степени механизации и автоматизации различают ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические приспособления.

Оснастка выдирается с учетом требуемой точности, усилия закрепления и может быть универсальной и специальной.

Станочные приспособления - трехкулачковый патрон.

Оснастка для сверления - кондуктор. Предназначен для сверления, зенкерования и развертывания отверстий на вертикально-сверлильном станке. Оснастка работает совместно с базовым приспособлением. Приспособление делительное унифицированное переналаживаемое с цанговым зажимом для сверлильных и фрезерных работ. Приспособление служит для фрезеровки канавок, лысок, пазов у деталей типа: колец, гаек, втулок, валиков, а также и для сверления отверстий в подобных типах деталей.

На фрезерном и шлифовальных станках используются специальные приспособления который обеспечивает требуемое расположение детали при обработке.

Обоснование выбора режущего инструмента

Назначение марок материала режущих инструментов производится в зависимости от вида характера условий обработки, а также материала обрабатываемой детали. Для черновых операций рекомендуется назначать твердосплавной инструмент. При обработке нержавеющей и жаропрочных

сплавов и сталей для черновой обработки рекомендуют материал режущего инструмента BK8, T5K10.

Для обработки сплава 30 Х13 назначаем: при токарной обработке - резец BK8, при сверлении - сверло P18.

Для фрезерования контура шестигранника детали используются цилиндрическая фреза $\varnothing 140$. Материал режущих пластин фрезы T5K10.

Обоснование выбора контрольно-измерительных средств

В технологических и контрольных операциях размеры деталей проверяют отсчетными универсальными измерительными инструментами, калибрами или измерительными (контрольными) приспособлениями.

Назначая измерительный инструмент, следует учитывать следующие его метрологические характеристики: цену деления, предел измерения, погрешность измерения, а также экономические показатели - производительность, стоимость.

Следует отметить, что калибры имеют преимущества по сравнению с отсчетными (универсальными) инструментами (штангенциркуль, микрометр, индикаторные часы и др.), заключающиеся в большей производительности и объективности контроля.

Для измерения длиновых размеров и наружных диаметров назначаем штангенциркуль.

Для измерения внутренних диаметров назначаем калибр-пробку

Для контроля радиусов назначаем радиусомеры.

Для контроля фасок назначаем фаскомеры.

Описание методики составления эскиза совмещенных переходов, выявления и построения технологических размерных цепей

ЭСП и схемы размерных цепей представляются графически на ватмане. Формат листа зависит от конфигурации детали и количества операций технологического процесса.

Методика построения ЭСП. Исходными данными для этого являются чертеж детали с конструкторскими размерами, эскиз заготовки с соответствующими размерами, которые необходимо определить и план обработки детали с операционными размерами.

Построение его осуществляется в следующем порядке:

1. Изображается контур заготовки с указанием определяемых линейных размеров

2. Согласно плану обработки для выполнения операции 005 наносится операционный размер A_1 с припуском Z_1 на черновую подрезку торца. Целесообразно размер A_1 наносить в виде вектора с началом от исходной базы.

3. Строится размерная цепь №1. Направление стрелок в цепи произвольное, но лучше придерживаться первоначального вектора. Припуск Z_1 будет замыкающим размером цепи, A_1 -уменьшающим и AN_1 - увеличивающим звеном размерной цепи.

Затем переходим к рассмотрению операции 010; наносим на ЭСП вектор операционного размера A_2 с припуском Z_2 на черновую подрезку торца и строим размерную цепь №2 при этом припуск Z_8 находим в цепи №8, а размер A_{10} находим из цепи №10. Для размера A_3 указываем операционный припуск Z_3 и строим соответствующую размерную цепь №3, при этом припуск Z_8 находим в цепи №8, а размер A_9 находим из цепи №9.

Придерживаясь указанной последовательности, получаем ЭСП с построением четырнадцати размерных цепей. На эскизе совмещенных переходов должны быть указаны и конструкторские размеры, которые входят как составляющие звенья размерных цепей, хотя некоторые из них непосредственно и не выдерживаются в технологическом процессе.

Укажем две особенности составления размерных цепей:

1. Размерная цепь должна быть наикратчайшей. Но при этом в числе ее звеньев должен быть только один припуск, который выполняет функцию замыкающего звена данной цепи.

2. Звенья размерной цепи должны быть взаимно независимыми. Решением размерных цепей определяют операционные размеры, включая и размеры заготовки с назначением на них экономически обоснованных допусков. Начинать расчеты нужно с последней цепи и идти к начальной операции.

Допуски размеров переходов всех операций, кроме окончательных, устанавливают в соответствии с экономическими качествами точности каждого метода обработки. Рекомендуется допуски задавать "в тело", т.е. для охватываемых поверхностей (валов) со знаком "минус", а для охватывающих (отверстий) - со знаком "плюс".

Эскиз совмещенных переходов для линейных размеров.

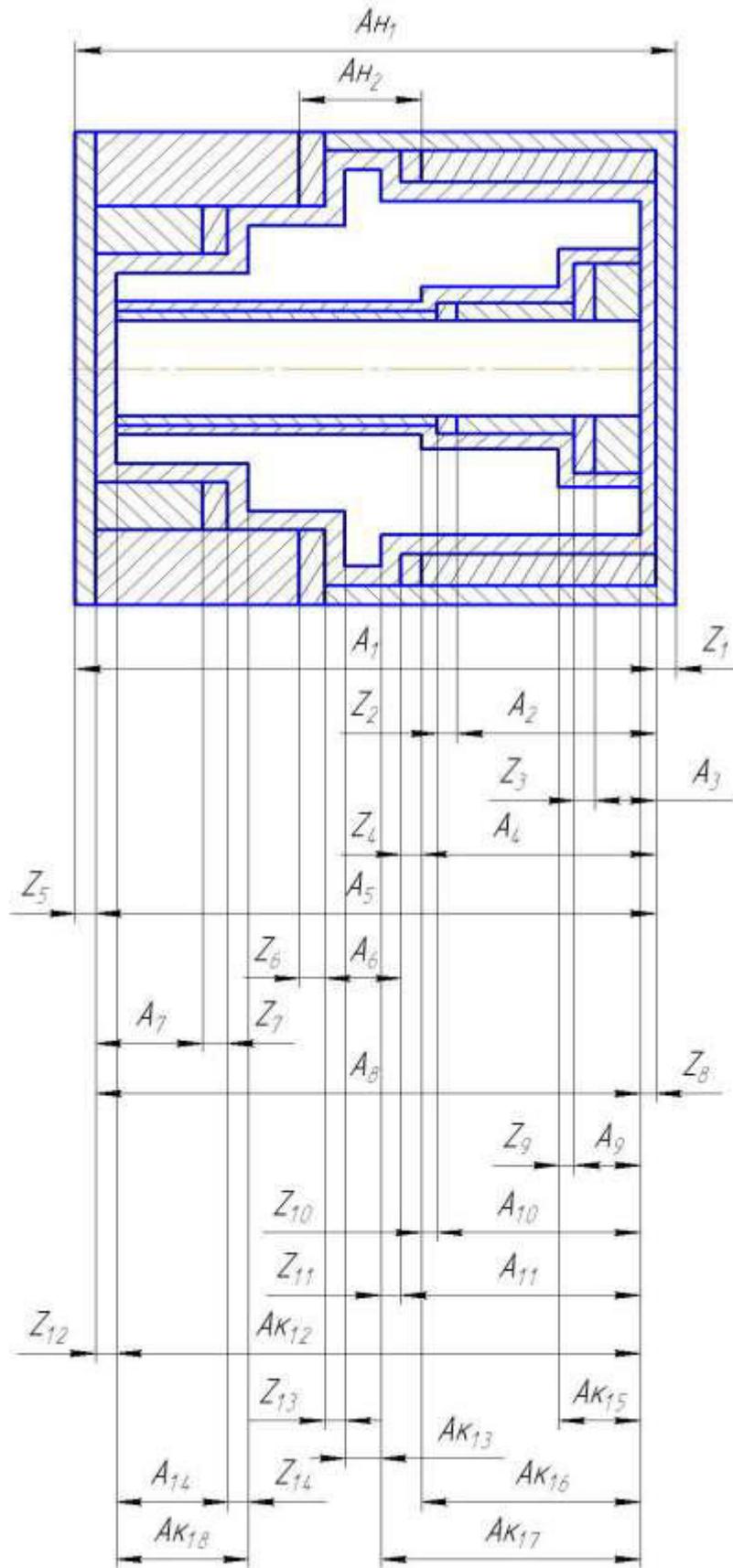


Рис. 1 Эскиз совмещенных переходов для линейных размеров

Эскиз совмещенных переходов для диаметральных размеров.

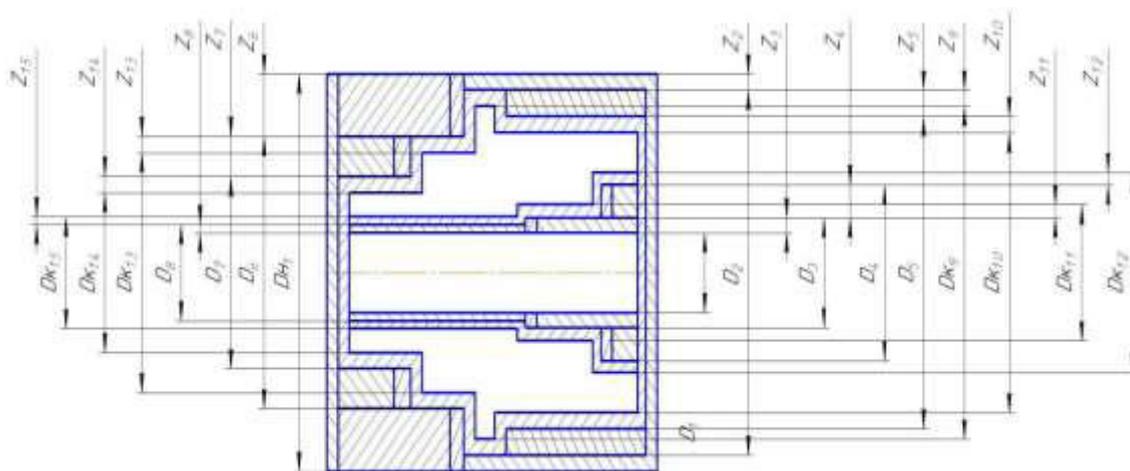
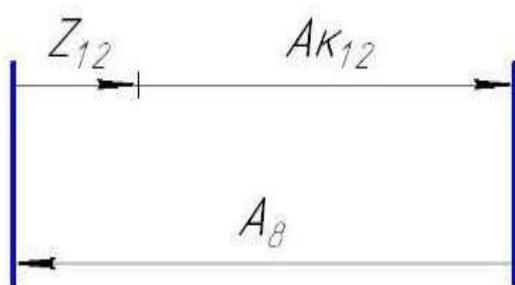


Рис. 2 Эскиз совмещенных переходов для диаметральных размеров

Расчет операционных припусков, назначение операционных допусков и определение операционных размеров. Линейные размеры.

1.



$$A_{K12} = 54_{-0,46} \text{ мм}$$

$$z_{12\text{min}} = 0.4 \text{ мм}$$

$$T_{A_8} = 0,3 \text{ мм}$$

$$z_{12\text{max}} = A_{8\text{max}} - A_{K12\text{min}}$$

$$z_{12\text{min}} = A_{8\text{min}} - A_{K12\text{max}}$$

$$A_{8\text{min}} = A_{K12\text{max}} + z_{12\text{min}}$$

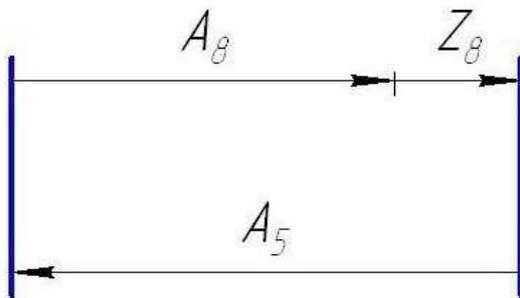
$$A_{8\text{min}} = 54 + 0.4 = 54.4 \text{ мм}$$

$$A_{8\text{max}} = 54.4 + 0.3 = 54.7 \text{ мм}$$

$$A_{8\text{max}} = z_{12\text{max}} + A_{K12\text{min}}$$

$$A_8 = 54,7_{-0,3} \text{ мм}$$

2.



$$A_8 = 54,7_{-0,3} \text{ мм}$$

$$z_{8\text{min}} = 0.4 \text{ мм}$$

$$T_{A_5} = 0,3 \text{ мм}$$

$$z_{8\text{max}} = A_{5\text{max}} - A_{8\text{min}}$$

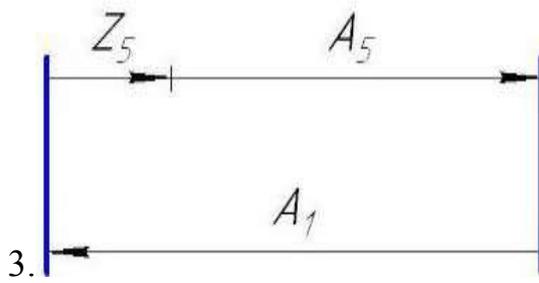
$$z_{8\text{min}} = A_{5\text{min}} - A_{8\text{max}}$$

$$A_{5\text{min}} = A_{8\text{max}} + z_{8\text{min}}$$

$$A_{5\text{min}} = 54.7 + 0.4 = 55.1 \text{ мм}$$

$$A_{5\text{max}} = A_{5\text{min}} + T_{A_5} = 55.1 + 0.3 = 55.4 \text{ мм}$$

$$A_5 = 55,4_{-0,3} \text{ мм}$$



$$A_5 = 54,7_{-0,3} \text{ мм}$$

$$z_{5 \text{ min}} = 1 \text{ мм}$$

$$T_{A_1} = 0,46 \text{ мм}$$

$$z_{5 \text{ max}} = A_{1 \text{ max}} - A_{5 \text{ min}}$$

$$z_{5 \text{ min}} = A_{1 \text{ min}} - A_{5 \text{ max}}$$

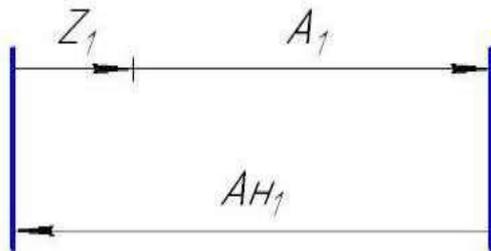
$$A_{1 \text{ min}} = A_{5 \text{ max}} + z_{5 \text{ min}}$$

$$A_{1 \text{ min}} = 55,4 + 1 = 56,4 \text{ мм}$$

$$A_{1 \text{ max}} = A_{1 \text{ min}} + T_{A_1} = 56,4 + 0,46 = 56,86$$

$$A_1 = 56,86_{-0,46} \text{ мм.}$$

4.



$$A_1 = 56,86_{-0,46} \text{ мм}$$

$$z_{1 \text{ min}} = 1 \text{ мм}$$

$$T_{A_{H1}} = 0,46 \text{ мм}$$

$$z_{1 \text{ max}} = A_{H1 \text{ max}} - A_{1 \text{ min}}$$

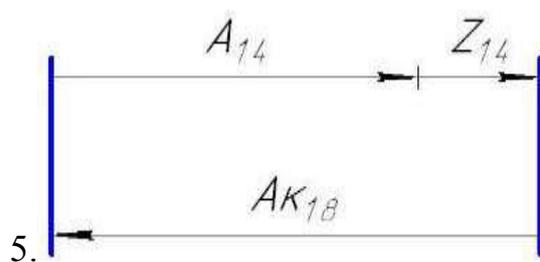
$$z_{1 \text{ min}} = A_{H1 \text{ min}} - A_{1 \text{ max}}$$

$$A_{H1 \text{ min}} = A_{1 \text{ max}} + z_{1 \text{ min}}$$

$$A_{H1 \text{ min}} = 56,86 + 1 = 57,86 \text{ мм}$$

$$A_{H1 \text{ max}} = A_{H1 \text{ min}} + T_{A_{H1}} = 57,86 + 0,46 = 58,32 \text{ мм.}$$

$$A_{H1} = 58,32_{-0,46} \text{ мм.}$$



$$A_{K18} = 21_{-0,33} \text{ мм}$$

$$z_{14\text{min}} = 0,5 \text{ мм}$$

$$T_{A14} = 0,33 \text{ мм}$$

$$z_{14\text{max}} = A_{K18\text{max}} - A_{14\text{min}}$$

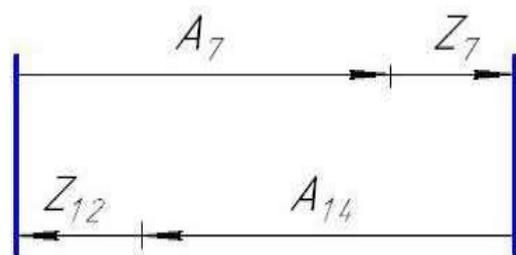
$$z_{14\text{min}} = A_{K18\text{min}} - A_{14\text{max}}$$

$$A_{14\text{max}} = A_{K18\text{min}} + z_{14\text{min}}$$

$$A_{14\text{max}} = 20,67 - 0,5 = 20,17 \text{ мм}$$

$$A_{14\text{min}} = A_{14\text{min}} + T_{A14} = 20,17 + 0,33 = 20,5 \text{ мм.}$$

$$A_{14} = 20,5_{-0,33} \text{ мм}$$



$$A_{14} = 20,5_{-0,33} \text{ мм}$$

$$z_{12\text{min}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$z_{7\text{min}} = 1 \text{ мм.}$$

$$T_{A7} = 0,33 \text{ мм.}$$

$$z_{7\text{min}} = A_{14\text{min}} + z_{12\text{min}} - A_{7\text{max}}$$

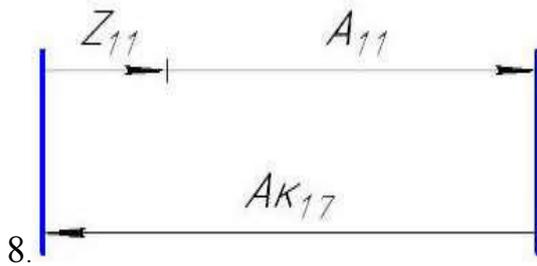
$$z_{7\text{max}} = A_{14\text{max}} + z_{12\text{max}} - A_{7\text{min}}$$

$$A_{7\text{max}} = A_{14\text{min}} + z_{12\text{min}} - z_{7\text{min}}$$

$$A_{7\text{max}} = 20,17 + 0,4 - 1 = 19,57 \text{ мм}$$

$$A_{7\text{min}} = A_{7\text{max}} - T_{A7} = 19,57 - 0,33 = 19,24 \text{ мм.}$$

$$A_7 = 19,57_{-0,33} \text{ мм}$$



$$A_{K17} = 24_{-0,33} \text{ мм}$$

$$z_{11\text{min}} = 0,5 \text{ мм}$$

$$T_{A11} = 0,33 \text{ мм.}$$

$$z_{11\text{min}} = A_{K11\text{min}} - A_{11\text{max}}$$

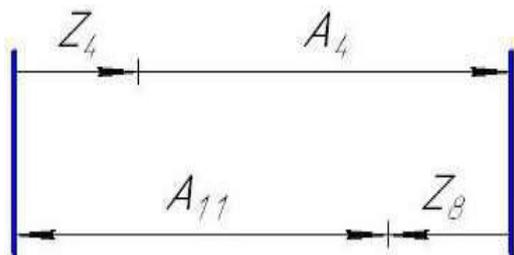
$$z_{7\text{max}} = A_{K17\text{max}} - A_{11\text{min}}$$

$$A_{11\text{min}} = A_{R17\text{min}} - z_{11\text{min}}$$

$$A_{11\text{min}} = 23,67 - 0,5 = 23,17 \text{ мм}$$

$$A_{11\text{max}} = A_{K17\text{max}} - z_{11\text{max}} = 24 - 0,5 = 23,5 \text{ мм.}$$

$$A_{11} = 23,5_{-0,33} \text{ мм}$$



$$A_{11} = 23,5_{-0,33} \text{ мм}$$

$$z_{8\text{min}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$z_{4\text{min}} = 1 \text{ мм.}$$

$$T_{A4} = 0,9 \text{ мм.}$$

$$z_{4\text{min}} = A_{11\text{min}} + z_{8\text{min}} - A_{4\text{max}}$$

$$z_{4\text{max}} = A_{11\text{max}} + z_{8\text{max}} - A_{4\text{min}}$$

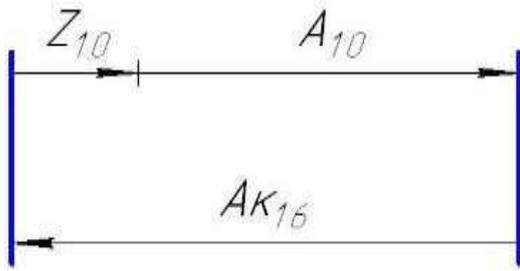
$$A_{4\text{max}} = A_{11\text{min}} + z_{8\text{min}} - z_{4\text{min}}$$

$$A_{4\text{max}} = 23,17 + 0,4 - 1 = 22,57 \text{ мм}$$

$$A_{4\text{min}} = A_{4\text{max}} - T_{A4} = 22,57 - 0,9 = 21,67 \text{ мм.}$$

$$A_4 = 22,12 \pm 0,45 \text{ мм}$$

9.



$$A_{K16} = 23_{-0,52} \text{ мм}$$

$$z_{10\text{min}} = 0,6 \text{ мм}$$

$$T_{A10} = 0,21 \text{ мм.}$$

$$z_{10\text{min}} = A_{K16\text{min}} - A_{10\text{max}}$$

$$z_{10\text{max}} = A_{K16\text{max}} - A_{10\text{min}}$$

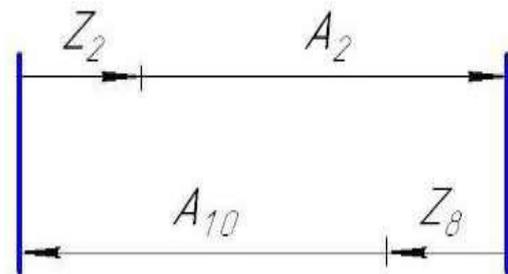
$$A_{10\text{min}} = A_{K16\text{min}} - z_{10\text{max}}$$

$$A_{10\text{min}} = 22,48 - 0,6 = 21,88 \text{ мм}$$

$$A_{10\text{max}} = A_{10\text{min}} + T_{A_{10}} = 21,88 + 0,21 = 22,09 \text{ мм.}$$

$$A_{10} = 22,09_{-0,21} \text{ мм.}$$

10.



$$A_{10} = 22,09_{-0,21} \text{ мм}$$

$$z_{8\text{min}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$z_{2\text{min}} = 1 \text{ мм.}$$

$$T_{A10} = 0,42 \text{ мм.}$$

$$z_{2\text{min}} = A_{10\text{min}} + z_{8\text{min}} - A_{2\text{max}}$$

$$z_{2\text{max}} = A_{10\text{max}} + z_{8\text{min}} - A_{2\text{min}}$$

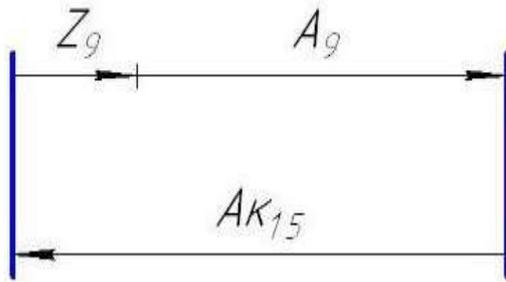
$$A_{2\text{max}} = A_{10\text{min}} + z_{8\text{min}} - z_{2\text{min}}$$

$$A_{2\text{max}} = 22,09 + 0,4 - 1 = 21,49 \text{ мм}$$

$$A_{2\text{min}} = A_{2\text{max}} - T_{A_{10}} = 21,49 - 0,42 = 21,07 \text{ мм.}$$

$$A_2 = 21,49_{-0,42} \text{ мм.}$$

11.



$$A_{K15} = 4_{-0,18} \text{ мм}$$

$$z_{9 \text{ min}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$T_{A9} = 0,12 \text{ мм.}$$

$$z_{9 \text{ min}} = A_{K15 \text{ min}} - A_{9 \text{ max}}$$

$$z_{9 \text{ max}} = A_{K15 \text{ max}} - A_{9 \text{ min}}$$

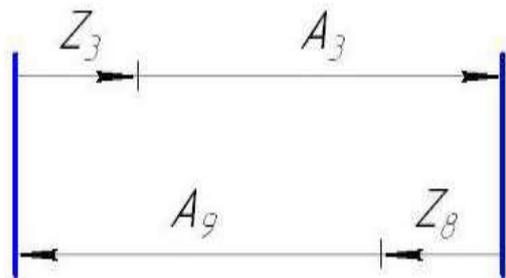
$$A_{9 \text{ max}} = A_{K15 \text{ min}} + z_{9 \text{ min}}$$

$$A_{9 \text{ max}} = 3,82 - 0,4 = 3,42 \text{ мм}$$

$$A_{9 \text{ min}} = A_{9 \text{ max}} - T_{A9} = 3,42 - 0,12 = 3,3 \text{ мм.}$$

$$A_9 = 3,42_{-0,12} \text{ мм.}$$

12.



$$A_9 = 3,42_{-0,12} \text{ мм}$$

$$z_{8 \text{ min}} = 0,4 \text{ мм}$$

$$z_{3 \text{ min}} = 1 \text{ мм.}$$

$$T_{A3} = 0,25 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \text{ min}} = A_{9 \text{ min}} + z_{8 \text{ min}} - A_{3 \text{ max}}$$

$$z_{3 \text{ max}} = A_{9 \text{ max}} + z_{8 \text{ max}} - z_{3 \text{ min}}$$

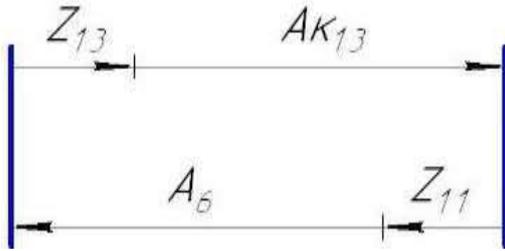
$$A_{3 \text{ max}} = A_{9 \text{ min}} + z_{8 \text{ min}} - z_{3 \text{ min}}$$

$$A_{3 \text{ max}} = 3,3 + 0,4 - 1 = 2,7 \text{ мм}$$

$$A_{3 \text{ min}} = A_{9 \text{ max}} - T_{A3} = 2,7 - 0,25 = 2,45 \text{ мм.}$$

$$A_3 = 2,7_{-0,25} \text{ мм.}$$

13.



$$A_{K13} = 2_{-0,25} \text{ мм}$$

$$z_{11min} = 0,5 \text{ мм.}$$

$$z_{13min} = 0,5 \text{ мм.}$$

$$T_{A6} = 0,21 \text{ мм.}$$

$$z_{13min} = A_{6min} + z_{11min} - A_{K13max}$$

$$z_{13max} = A_{6max} + z_{11max} - A_{K13min}$$

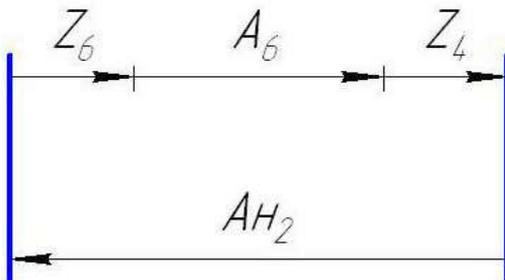
$$A_{6min} = z_{13min} - z_{11min} + A_{K13max}$$

$$A_{6min} = 0,5 - 0,5 + 2 = 2 \text{ мм.}$$

$$A_{6max} = A_{6min} + T_{A6} = 2 + 0,21 = 2,21 \text{ мм.}$$

$$A_6 = 2,21_{-0,21} \text{ мм.}$$

14.



$$A_6 = 2,21_{-0,14} \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = 1 \text{ мм.}$$

$$z_{6min} = 1 \text{ мм.}$$

$$T_{A_{H2}} = 0,25 \text{ мм.}$$

$$z_{6min} = A_{H2min} - A_{6max} - z_{4max}$$

$$z_{6max} = A_{H2max} - A_{6min} - z_{6min}$$

$$A_{H2min} = z_{6min} + A_{6max} + z_{4max}$$

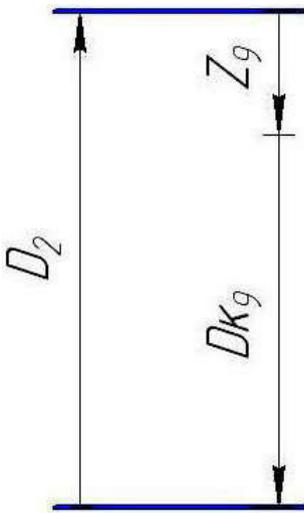
$$A_{H2min} = 1 + 2,21 + 1 = 4,21 \text{ мм}$$

$$A_{H2max} = A_{H2min} + T_{A_{H2}} = 4,21 + 0,25 = 4,46 \text{ мм.}$$

$$A_{H2max} = 4,46_{-0,25} \text{ мм.}$$

Диаметральные размеры.

1.



$$D_{K9} = 41_{-0.62} \text{ мм.}$$

$$z_{9\min} = 0.8 \text{ мм.}$$

$$T_{D_2} = 0.62 \text{ мм.}$$

$$z_{9\min} = D_{2\min} - D_{K9\max}$$

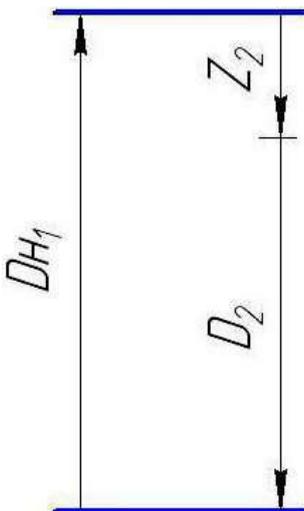
$$D_{2\min} = z_{9\min} + D_{K9\max}$$

$$D_{2\min} = 0.8 + 41 = 41.8 \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} + T_{D_2} = 41.8 + 0.62 = 42.42 \text{ мм.}$$

$$D_2 = 42.42_{-0.62} \text{ мм}$$

2.



$$D_2 = 42,42_{-0.62} \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$T_{D_{H1}} = 0.39 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = D_{H1\min} - D_{2\max}$$

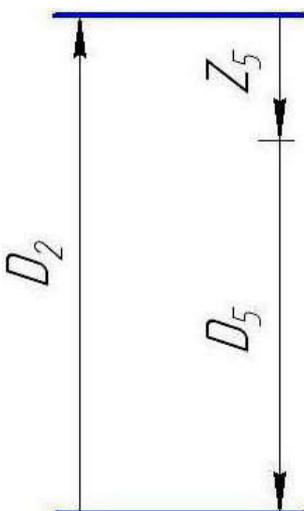
$$D_{H1\min} = z_{2\min} + D_{2\max}$$

$$D_{H1\min} = 1.3 + 42.42 = 43.72 \text{ мм.}$$

$$D_{H1\max} = D_{H1\min} + T_{D_{H1}} = 43.72 + 0.39 = 44.11 \text{ мм.}$$

$$D_{H1} = 44.1_{-0.39} \text{ мм}$$

3.



$$D_2 = 41,8_{-0.62} \text{ мм.}$$

$$z_{5\min} = 2.2 \text{ мм.}$$

$$T_{D_5} = 1.3 \text{ мм.}$$

$$z_{5\min} = D_{2\min} - D_{5\max}$$

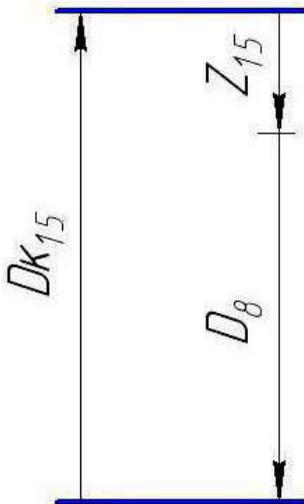
$$D_{5\max} = D_{2\min} - z_{5\min}$$

$$D_{5\max} = 42.42 - 6 * 2.2 = 29.22 \text{ мм.}$$

$$D_{5\min} = D_{5\max} - T_{D_5} = 29.22 + 1.3 = 30.52 \text{ мм.}$$

$$D_5 = 30.52_{-1.3} \text{ мм}$$

4.



$$D_{K15} = 13,5^{+0,027} \text{ мм.}$$

$$z_{15\text{min}} = 0,9 \text{ мм.}$$

$$T_{D8} = 0,43 \text{ мм.}$$

$$z_{15\text{min}} = D_{K15\text{min}} - D_{8\text{max}}$$

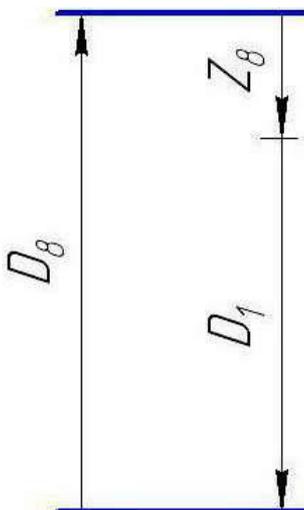
$$D_{8\text{max}} = D_{K15\text{min}} - z_{15\text{min}}$$

$$D_{8\text{max}} = 13,5 - 0,9 = 12,6 \text{ мм.}$$

$$D_{8\text{min}} = D_{8\text{max}} - T_{D8} = 12,6 - 0,43 = 12,17 \text{ мм.}$$

$$D_8 = 12,42^{+0,18} \text{ мм}$$

5.



$$D_8 = 12,42^{+0,18} \text{ мм.}$$

$$z_{8\text{min}} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$T_{D1} = 0,27 \text{ мм.}$$

$$z_{8\text{min}} = D_{8\text{min}} - D_{1\text{max}}$$

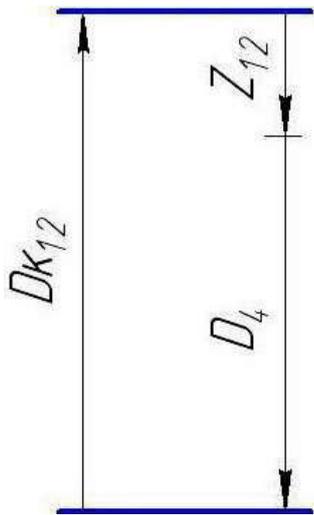
$$D_{1\text{max}} = D_{8\text{min}} - z_{8\text{min}}$$

$$D_{1\text{max}} = 12,42 - 1,3 = 11,12 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{min}} = D_{1\text{max}} - T_{D1} = 11,12 - 0,27 = 10,85 \text{ мм.}$$

$$D_1 = 10,85^{+0,27} \text{ мм}$$

6.



$$D_{K12} = 26^{+0,052} \text{ мм.}$$

$$z_{12\min} = 0,9 \text{ мм.}$$

$$T_{D4} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{12\min} = D_{K12\min} - D_{4\max}$$

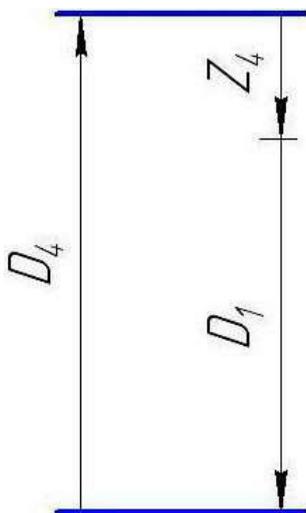
$$D_{4\max} = D_{K12\min} - z_{12\min}$$

$$D_{4\max} = 26 - 0,9 = 25,1 \text{ мм.}$$

$$D_{4\min} = D_{4\max} - T_{D4} = 25,1 - 1,3 = 23,8 \text{ мм.}$$

$$D_4 = 23,8^{+1,3} \text{ мм}$$

7.



$$D_4 = 23,8^{+1,3} \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = 2 \text{ мм.}$$

$$T_{D1} = 0,68 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = D_{4\min} - D_{1\max}$$

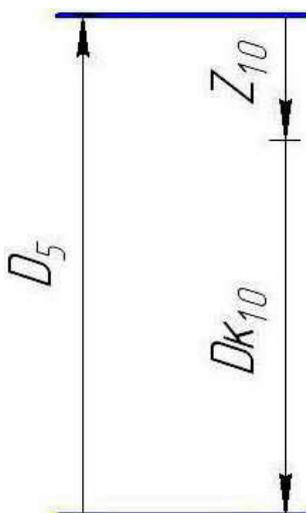
$$D_{1\max} = D_{4\min} - z_{4\min}$$

$$D_{1\max} = 23,8 - 6 * 2 = 11,8 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_{D1} = 11,8 - 0,68 = 11,12 \text{ мм.}$$

$$D_1 = 10,85^{+0,27} \text{ мм.}$$

8.



$$D_{K10} = 30,8_{-0,39} \text{ мм.}$$

$$z_{10\min} = 0,85 \text{ мм.}$$

$$T_{D5} = 0,62 \text{ мм.}$$

$$z_{10\min} = D_{5\min} - D_{K10\max}$$

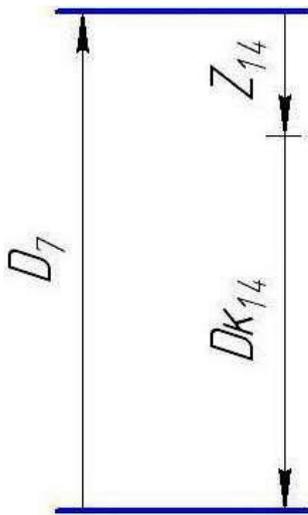
$$D_{5\min} = D_{K10\max} - z_{10\min}$$

$$D_{5\min} = 30,8 - 0,85 = 29,95 \text{ мм.}$$

$$D_{5\max} = D_{5\min} + T_{D5} = 29,95 + 0,62 = 30,57 \text{ мм.}$$

$$D_5 = 30,57_{-0,62} \text{ мм.}$$

9.



10.

$$D_{K14} = 21,8_{-0,33} \text{ мм.}$$

$$z_{14\min} = 0,8 \text{ мм.}$$

$$T_{D7} = 0,33 \text{ мм.}$$

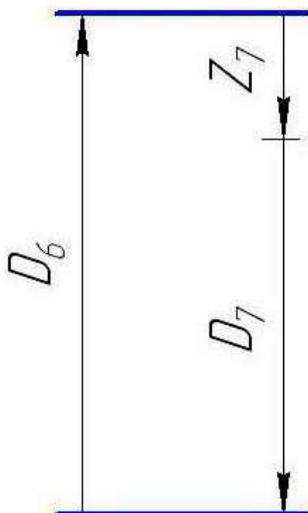
$$z_{14\min} = D_{7\min} - D_{K14\max}$$

$$D_{7\min} = D_{K14\max} + z_{14\min}$$

$$D_{7\min} = 21,8 + 0,8 = 22,6 \text{ мм.}$$

$$D_{7\max} = D_{7\min} + T_{D7} = 22,6 + 0,33 = 22,93 \text{ мм.}$$

$$D_7 = 22,93_{-0,33} \text{ мм}$$



11.

$$D_7 = 22,93_{-0,33} \text{ мм.}$$

$$z_{7\min} = 2,2 \text{ мм.}$$

$$T_{D6} = 1,3 \text{ мм.}$$

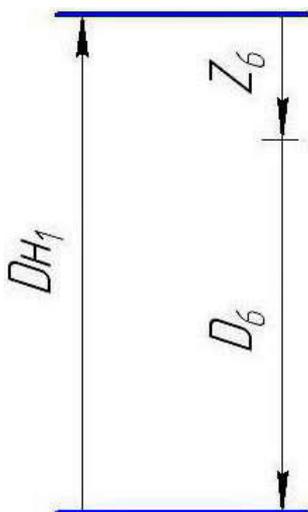
$$z_{7\min} = D_{6\min} - D_{7\max}$$

$$D_{6\min} = D_{7\max} + z_{7\min}$$

$$D_{6\min} = 22,93 + 5 * 2,2 = 32,93 \text{ мм.}$$

$$D_{6\max} = D_{6\min} + T_{D6} = 32,93 + 0,33 = 33,26 \text{ мм.}$$

$$D_6 = 33,26_{-0,33} \text{ мм}$$



12.

$$D_6 = 32,33_{-0,33} \text{ мм.}$$

$$z_{6\min} = 2,2 \text{ мм.}$$

$$T_{DH1} = 0,52 \text{ мм.}$$

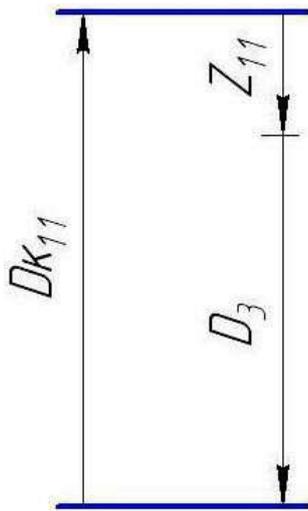
$$z_{6\min} = D_{H1\min} - D_{6\max}$$

$$D_{H1\min} = D_{6\max} + z_{6\min}$$

$$D_{H1\min} = 32,33 + 5 * 2,2 = 43,57 \text{ мм.}$$

$$D_{H1\max} = D_{H1\min} + T_{DH1} = 43,57 + 0,52 = 44,09 \text{ мм.}$$

$$D_{H1} = 44,09_{-0,52} \text{ мм}$$



$$D_{K11} = 22^{+0,33} \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = 0,9 \text{ мм.}$$

$$T_{D3} = 0,21 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = D_{K11\min} - D_{3\max}$$

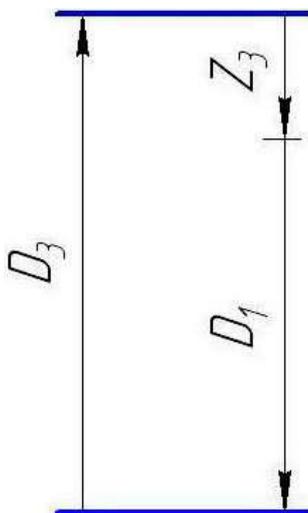
$$D_{3\max} = D_{K11\min} - z_{4\min}$$

$$D_{3\max} = 22 - 0,9 = 21,1 \text{ мм.}$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - T_{D3} = 21,1 - 0,21 = 20,89 \text{ мм.}$$

$$D_3 = 21,1^{+0,21} \text{ мм}$$

13.



$$D_3 = 21,1^{+0,21} \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = 2,0 \text{ мм.}$$

$$T_{D1} = 0,68 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = D_{3\min} - D_{1\max}$$

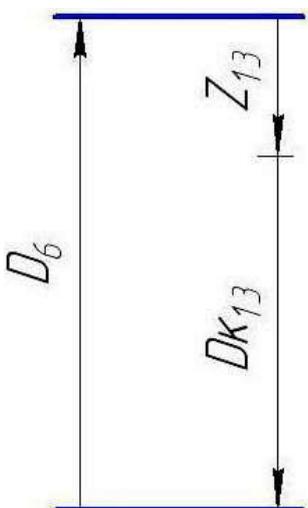
$$D_{1\max} = D_{3\min} - z_{3\min}$$

$$D_{1\max} = 21,1 - 2,0 * 5 = 11,1 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_{D1} = 11,1 - 0,68 = 10,42 \text{ мм.}$$

$$D_1 = 10,42^{+0,68} \text{ мм}$$

14.



$$D_{K13} = 27_{-0,33} \text{ мм.}$$

$$z_{13\min} = 0,8 \text{ мм.}$$

$$T_{D6} = 0,33 \text{ мм.}$$

$$z_{13\min} = D_{6\min} - D_{K13\max}$$

$$D_{6\min} = D_{K13\max} + z_{13\min}$$

$$D_{6\min} = 31,2 + 0,8 = 32 \text{ мм.}$$

$$D_{6\max} = D_{6\min} + T_{D6} = 32 + 0,33 = 32,33 \text{ мм.}$$

$$D_6 = 32,33_{-0,33} \text{ мм}$$

Найденные значения операционных размеров запишем в общую таблицу

№1

A_{H1}	$58.32_{-0.46}$
A_1	$56,86_{-0.46}$
A_2	$21,49_{-0.42}$
A_3	$2,7_{-0.25}$
A_4	$22,12 \pm 0,45$
A_5	$55,4_{-0.3}$
A_6	$2,21_{-0.21}$
A_7	$19,57_{-0,33}$
A_8	$54.7_{-0.3}$
A_9	$3,42_{-0.12}$
A_{10}	$22,09_{-0.21}$
A_{11}	$23,5_{-0.33}$
A_{14}	$20,5_{-0.33}$
D_{H1}	$44.1_{-0.39}$
D_1	$10.85^{+0.27}$
D_2	$42.42_{-0.62}$
D_3	$21,1^{+0,21}$
D_4	$23,8^{+1,3}$
D_5	$30.52_{-1.3}$
D_6	$32.33_{-0.33}$
D_7	$22.93_{-0.33}$
D_8	$12.42^{+0.18}$

Расчет режимов резания

Приведем расчет режима резания для перехода №1 операции 010 (токарная черновая) и перехода №1 операции 015 (токарная черновая), операции 045 (сверлильная), операции 030 фрезерная с обоснованием выданного оборудования. Результаты расчета режимов резания для других операций сведем в общую таблицу.

Операция 010 переход №1.

Глубина резания.

Поскольку данная операция является черновой, то следует назначать, возможно, большую глубину резания, снимая припуск за один рабочий ход. Поэтому $t=z=7$ мм.

Подача.

Для данного обрабатываемого материала (сплав 30X13) рекомендуется выбирать подачи в пределах 0,3 - 0,6 мм/об. Для сокращения времени обработки на черновых операциях назначают, возможно, большую подачу. Поэтому $s=0,6$ мм/об.

Скорость резания и обороты.

Скорость резания рассчитаем по эмпирической формуле, которая при наружном продольном

и поперечном точении и растачивании выглядит следующим образом:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^{x_v} \times S^{y_v}} \times k_v$$

Среднее значение стойкости T при одноинструментной обработке равно 60 мин. Постоянную C_v для данных условий резания и показатели степени m , X_v , Y_v примем по таблице 17 стр.270(5). При наружном точении сплава 30X13 резцом ВК8 постоянная C_v и показатели степени равны: $C_v=215$, $X_v=0.15$, $Y_v=0.45$, $m=0.2$. Общий поправочный коэффициент K_v на скорость резания представляет собой $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{ov}$ произведение из

отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания:

Коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала примем по таблице 3 стр. 262 (5) $K_{mv}=0.85$ того же справочника при марке сплава 30X13.

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, определим по таблице 5 стр. 262 того же справочника $K_{nv}=0.9$

Коэффициент, учитывающий влияние режущей части инструмента определим по таблице 6: для резца ВК8 $K_{uv}=1,0$

Коэффициент, учитывающий главный угол в план резца определим по таблице 7 $K_{fv}=1.0$

Коэффициент, учитывающий вид обработки, определим при поперечном точении $d/D=0.8...1$ равен, $K_{ov}=1.04$

Тогда общий поправочный коэффициент равен:

$$K_v=0.85*0.9*1.0*1.0*1.04=0.795$$

Подставляя найденные значения в формулу для скорости резания, получим:

$$V = \frac{215}{60^{0.2} \times 7^{0.15} \times 0.6^{0.45}} \times 0.795 = 70,8 \text{ м / мин}$$

Определим частоту вращения шпинделя станка по формуле:

$$n = \frac{V \times 1000}{\pi \times D} = \frac{70,8 \times 1000}{3,14 \times 21,8} = 1034,8 \text{ об / мин}$$

Ближайшее число оборотов шпинделя по паспорту станка $n=1000$ об/мин.

По принятым оборотам определим действительную скорость резания:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 21,8 \times 1000}{1000} = 68,45 \text{ м / мин}$$

Обоснование выбранного оборудования.

Выбор оборудования металлорежущего станка обосновывается по его мощности. На основании расчета потребной мощности должно быть выдержано условие: $N_p < N_{см}$.

N_p - мощность, потребляемая нарезания;

$N_{см}$ - эффективная мощность электродвигателя станка.

Мощность, потребляемая на процесс резания с учетом потерь в передачах станка рассчитывается по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \times V}{\eta \times 1020 \times 60}$$

КПД станка принимается равным $\eta=0,85$

Тангенциальную составляющую силы резания определим по формуле:

$$P_z = C_p \times t^{x_p} \times S^{y_p} \times V^{n_p} \times k_p$$

Длина лезвия резца $t=14$ мм

Постоянную C_p для данных условий резания и показатели степени X_p , Y_p , n_p примем по таблице 22 стр.273 справочника технолога-машиностроителя под редакцией А.Г. Косилова том 2. Для обрабатываемого материала 30Х13 при материале режущей части резца ВК8 при наружном поперечном точении получим: $C_p = 204$, $X_p = 1,0$, $y = 0,75$, $n_p = 0$.

Общий поправочный коэффициент K_p на силу резания представляет собой произведение из отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на силу резания:

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{np}$$

Коэффициент, учитывающий влияние качества сплава на силу резания, определим по

таблице 9 стр.264 (5) $K_{mp} = 0,75$.

Коэффициенты, учитывающие геометрические параметры реза, определим по таблице 23 стр.275 (5) при $\varphi=45^\circ$ $K_{\varphi p}=1.0$, при переднем угле $\gamma=15^\circ$ $K_{\gamma p}=1.15$, для расчета тангенциальной силы $K_{\lambda p}=1.0$, K_{np} - не учитывается для резцов с пластинками из твердого сплава.

Подставив найденные значения в выражение для общего поправочного коэффициента, получим:

$$K_p = 0.75 \times 1.0 \times 1.15 \times 1.0 = 0.8625$$

Теперь определим тангенциальную составляющую силы резания:

$$P_z = 204 \times 14^{1.0} \times 0.6^{0.75} \times 0.8625 = 1679.3 \text{ кз}$$

Тогда мощность, потребляемая на процесс резания, равна:

$$N_p = \frac{1679.3 \times 68.45}{0.85 \times 1020 \times 60} = 2.2 \text{ кВт} \leq N_{cm} = 7.1 \text{ кВт} \quad N_p \leq N_{cm}$$

Так как условие соблюдено, то станок выдержит данный режим.

Так же рассчитывается для остальных переходов данной операции и для операции 015 и их переходов. Значения коэффициентов и расчетов введем в таблицу №2.

Операция 030 Фрезерная.

Для данной операции выбираем дисковую фрезу диаметром $D\phi=140$ мм, с числом зубьев $Z=36$.

Выбор материала режущей части инструмента.

Согласно таблице 39 для фрезерования стали 30X13 рекомендуется материал режущего инструмента ВК8.

Подача на зуб $S_{zT}=0,22$ мм/зуб

Определим поправочные коэффициенты:

$K_{szi}=1,0$ – коэффициент, учитывающий материал фрезы;

$K_{sz\phi}=0,66$ – коэффициент, учитывающий форму обрабатываемой поверхности;

$K_{szr}=1,0$ – коэффициент, учитывающий шероховатость обрабатываемой поверхности;

$K_{szc}=0,85$ – коэффициент, учитывающий схему фрезерования;

Определение полные поправочные коэффициенты:

$$K_{sz} = K_{szu} \times K_{szc} \times K_{szr} \times K_{sz\phi} = 1,0 \times 0,85 \times 0,66 \times 1,0 = 0,561$$

Найдем значение скорректированных подач:

$$S_z = S_{Tz} \times K_{sz} = 0,22 \times 0,561 = 0,134 \text{ мм/зуб}$$

Выбор

стойкости фрезы.

Рекомендуемые значения допустимого износа h и стойкости T фрезы выбираем из таблицы 22 (6) стр.306 $h=0,4$, $T=120$ мин.

Назначение скорости резания.

Согласно таблицы 151 стр.333 (6), $B=15$ мм, $t=10$ мм, рекомендуется табличная скорость резания $V=26$ м/мин.

Поправочные коэффициенты выбираем из таблицы 109 стр.302 (6)

$K_{vm}=1,32$ – коэффициент учитывающий марку материала;

$K_{vu}=1,0$ - коэффициент учитывающий материал инструмента;

$K_{vc}=1,08$ - коэффициент учитывающий шифр типовой схемы;

$K_{vn}=0,9$ – коэффициент учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_{v\phi}=1,1$ - коэффициент учитывающий форму обрабатываемой поверхности;

$K_{vo}=1,2$ - коэффициент учитывающий условия обработки

$K_{vb}=0,4$ - коэффициент учитывающий отношение фактической ширины фрезерования к нормальной;

$K_{v\phi}=1,3$ - коэффициент учитывающий главный угол в плане;

Определяем значение полных поправочных коэффициентов.

$$K_v = K_{vm} \times K_{vu} \times K_{vn} \times K_{vc} \times K_{vf} \times K_{vo} \times K_{vg} \times K_{v\varphi} = 1.32 \times 1.0 \times 1.05 \times 0.9 \times 1.1 \times 1.2 \times 0.5 \times 1.3 = 1.22$$

Найдем значение скорректированной скорости резания V с учетом полученной выше значений:

$$V = V \times K_v = 26 \times 1.22 = 31.8 \text{ м / мин}$$

Расчет частот вращения инструмента n :

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 31.8}{3.14 \times 140} = 72.3 \text{ об / мин}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка: $n=70$ об/мин

Рассчитываем фактическую скорость резания.

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3.14 \times 140 \times 70}{1000} = 30.7 \text{ м / мин}$$

Расчет силы резания P_z .

При фрезеровании сила резания P_z равна:

$$P_z = \frac{C_p \times t^x \times S_z^Y \times B^u \times Z}{D^q}$$

Постоянную C_p для данных условий резания и показатели степени примем по таблице 41, стр 291 (5) при обработке сплава 30Х13 фрезой $C_p=68,2$, $q=0,86$, $Y=0,72$, $X=0.86$, $U=1.0$. Определим значение силы резания

$$P_z = \frac{68,2 \times 10^{0,86} \times 0,134^{0,72} \times 15^1 \times 36}{140^{0,86}} = 895,4 \text{ Н}$$

Расчет крутящего момента M_k по формуле:

$$M_k = \frac{P_z \times D}{2 \times 1000} = \frac{895,4 \times 140}{2 \times 1000} = 626 \text{ Н / м}$$

Мощность, потребляемая на процесс резания с учетом потерь в передачах станка равна:

$$N_p = \frac{P_z \times V}{6120} = \frac{895,4 \times 30.7}{6120} = 4,49 \text{ кВт} \leq N_{cm} = 5,5 \text{ кВт}$$

Так как условие $N_p < N_{cm}$, соблюдено, то станок выдержит данный режим.

Операция 045. Сверлильная

Глубина резания.

Глубина резания при сверлении рассчитывается по формуле: $t=0,5 \times D=1,5 \times 0,5=0,75$ мм.

Подача.

Назначим подачу по таблице 25. При сверлении сверлом P18 диаметром 1,5 рекомендуется следующие пределы для выбора подачи 0,03..0,08. Для сокращения времени обработки на черновых операциях назначают, возможно, большую подачу. Поэтому $S=0,08$ мм/об.

Скорость резания рассчитаем по эмпирической зависимости:

$$V = \frac{C_v \times D^{q_v}}{T^m \times t^{x_v} \times S^{y_v}}$$

Значение постоянной C_v и показателей степени определим по таблице 28 (5) при обработке сплава 30X13 сверлом P18 $C_v=3,5$, $q_v=0,38$, $X_v=0$, $Y_v=0,91$, $m=0,36$ Период стойкости T определим по таблице 30(5) при обработке сплава сверлом P18 диаметром 1,5 $T=6$ мин.

Общий поправочный коэффициент K_v на скорость резания представляет собой произведение из отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания:

$$K_v = K_{mv} \times K_{uv} \times K_{tv}$$

Коэффициент на обрабатываемый материал $K_{mv}=0,75$ по таблице 25(5)

Коэффициент на инструментальный материал $K_{uv}=0,3$ по таблице 25(5)

Коэффициент учитывающий глубину сверления $K_{tv}=1,0$ по таблице 25(5)

Тогда:

$$K_v = 0,75 \times 0,3 \times 1,0 = 0,225$$

Подставив все найденные коэффициенты в формулу для скорости резания, получим:

$$V = \frac{3.5 \times 1.5^{0.38}}{6^{0.36} \times 0.75^0 \times 0.08^{0.91}} \times 0.225 = 4.79 \text{ м/мин}$$

Обороты сверла:

$$n = \frac{V \times 1000}{\pi \times D} = \frac{4.19 \times 1000}{3.14 \times 1.5} = 1016.9 \text{ об/мин}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка: $n=1000$ об/мин

По принятым оборотам определяем действительную скорость резания:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \times 1.5 \times 1000}{1000} = 4.71 \text{ м/мин}$$

Обоснование выбранного оборудования

Выбор оборудования металлорежущего станка обосновывается по его мощности. На основании расчета потребной мощности должно быть выдержано условие: $N_p < N_{см}$.

N_p - мощность, потребляемая нарезания;

$N_{см}$ - эффективная мощность электродвигателя станка.

Мощность, потребляемая на процесс резания с учетом потерь в передачах станка рассчитывается по формуле:

$$N_p = \frac{P_o \times V \times 9.8}{\eta \times 1020 \times 60} \quad \text{равным: } \eta=0,85$$

При сверлении осевая сила резания равна:

$$P_o = C_p \times D^{q_p} \times S^{Y_p} \times K_p$$

Постоянную C_p для данных условий резания и показатели степени примем по таблице 28 при обработке сплава 30Х13 сверлом Р18 $C_p=140$, $q_p=1$, $Y_p=0,7$. Коэффициентом $K_p=K_{mp}$ учитываются отличные от табличных механические свойства обрабатываемого материала. Определим значение этого коэффициента по таблице 23 для сплава 30 Х13 $K_{mp}=0,75$.

Тогда:

$$P_o = C_p \times D^{q_p} \times S^{Y_p} \times K_p = 140 \times 1.5^{1.0} \times 0.08^{0.7} \times 0.75 = 28.88 \text{ кг} = 268,8 \text{ Н}$$

Мощность, потребляемая на процесс резания с учетом потерь в передачах станка равна:

$$N_p = \frac{P_o \times V \times 9,8}{\eta \times 1020 \times 60} = \frac{268,8 \times 4,79 \times 9,8}{0,85 \times 1020 \times 60} = 2,42 \text{квт} \leq N_{cm} = 2,8 \text{квт}$$

Так как условие $N_p < N_{cm}$, соблюдено, то станок выдержит данный режим.

6. Безопасность жизнедеятельности

6.1 Безопасность жизнедеятельности на производстве

Охрана труда — система законодательных актов, а также предупредительных и регламентирующих социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, средств и методов, направленных на обеспечение безопасных условий труда .

Непосредственно с темой данной работы связаны недостатки, относящиеся к эксплуатации мобильных машин (прежде всего тракторов и автомобилей). Наиболее распространенные опасные действия работников, приводящие к их травмированию при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственных машин согласно исследований ВНИИОТ [ПОТ Р О-97300-11-97]:

- 1) Использование машин, оборудования, инструмента не по прямому назначению и в неисправном состоянии;
- 2) Несоблюдение требований инструкций по охране труда, технических описаний и инструкций по эксплуатации;
- 3) Перевозка ремонтных бригад к месту работы в кабинах тракторов, шасси, в которых заводом-изготовителем не предусмотрена установка дополнительного сидения для перевозки людей;
- 4) Перевозка ремонтных бригад в кузовах автомобилей, не оборудованных согласно требованиям действующих правил дорожного движения, шасси и тракторных прицепов;
- 5) Буксировка неисправных машин и машинно-тракторных агрегатов по искусственным сооружениям, не соответствующим требованиям строительных норм и правил;
- 6) работа без средств индивидуальной защиты или в специальной одежде, не соответствующей требованиям инструкций по охране труда;
- 7) работа на высоте без предохранительного пояса или организации страховки;

- 8) Выполнение работ при неблагоприятных атмосферных условиях (гроза, ураган, град и т.п.);
- 9) Выполнение работ в состоянии алкогольного или наркотического опьянения;
- 10) Отдых ремонтных бригад в неустановленных местах;
- 11) Работа или нахождение под поднятыми грузом, платформой, рабочим органом и др.;
- 12) Проведение разгерметизации гидросистем механизмов подъема грузовых платформ, сельскохозяйственных орудий и др. без установки под ними прочных опорных страховочных конструкций;
- 13) Устранение технических отказов при работающем двигателе;
- 14) Использование случайных предметов в качестве опор и подставок во время ремонта машин и оборудования.

6.2 Основные мероприятия для улучшения охраны труда при работе на технике

В рамках данного раздела будут освещены только те мероприятия, которые непосредственно влияют на уровень охраны труда при работе на тракторе.

Трактора, автомобили, оборудование и другая сельскохозяйственная техника должны применяться только в тех технологических процессах, для которых они предназначены, в соответствии с паспортными характеристиками. В исключительных случаях они могут применяться на работах, которые изначально официально признаны безопасными [10].

На оборудовании должны использоваться технические средств защиты и устройства, предотвращающие или снижающих тяжесть последствий действия опасных и вредных производственных факторов.

Организация выполнения работ должна исключать или ограничивать физические и нервно-психические перегрузки работников, особенно при контроле за ходом протекания технологического процесса.

Запрещается работать на любом тракторном агрегате, если его топливная система неисправна. Любой тракторный агрегат должен быть оборудован медицинской аптечкой, термосом для питьевой воды объемом не менее 3л, а также средствами пожаротушения.

Обязательно использование средств индивидуальной и коллективной защиты, предусмотренных инструкциями по технике безопасности для различных категорий сотрудников при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте тракторов и других мобильных машин.

В связи с повышенной опасностью отработавших газов (в частности, содержащихся там окисей азота и углерода), не допускается работа трактора в закрытом помещении.

Безопасность также должна достигаться профессиональным отбором, обучением работников, в том числе трактористов, проверкой их знаний и навыков безопасности труда в соответствии с требованиями ГОСТ 2.0.004.

6.3 Обеспечение безопасности конструкции системы топливоподачи, оборудованной электрогидравлической форсункой с двухзатворным клапаном управления

Все современные дизельные двигатели оборудованы электрической пусковой системой для запуска двигателя с рабочего места водителя, что практически исключает риск травмирования при запуске двигателя. Для запуска двигателей в зимнее время используются специальные устройства, безопасные в пожарном отношении.

Конструкции и расположение топливных баков исключают проникновение паров топлива на рабочее место. Заправочные горловины баков находятся на удалении от кабины и приспособлены для механизированной заправки. Все дизельные двигатели оборудуются глушителями шума и искрогасителями. Коллекторы и трубы выпускной системы двигателей выполняются так, что исключают скапливание в них продуктов горения.

Малые габариты электрогидравлической форсунки с двухзатворным клапаном (192x85x35) позволяют полностью закрывать капот двигателя. Форсунка устанавливается в стакан головки цилиндров. Крепление форсунки осуществляется скобой с достаточным запасом прочности, чтобы обеспечить безопасное функционирование устройства в целом. Под торец гайки распылителя устанавливается шайба для уплотнения от прорыва газов.

Подвод топлива осуществляется через штуцер, ввернутый в корпус форсунки, и щелевой фильтр.

Сверху форсунки устанавливается защитный резиновый колпак поз. (см. лист №9 графической части), который обеспечивает надежную изоляцию провода питания электромагнитного клапана управления. Для предотвращения попадания топлива в пространство над клапаном управления устанавливается уплотнительное кольцо поз. (см. лист №9 графической части).

Любое техническое обслуживание и ремонт должны выполняться квалифицированным обслуживающим персоналом в мастерских, имеющих соответствующее оборудование и оснастку. Для предупреждения коррозионного износа прецизионных деталей форсунки, следует своевременно сливать отстой из фильтров грубой и тонкой очистки, а также не допускать попадания воды в топливный бак.

6.4 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [37]. Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное

происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может произойти ЧС.

Главной задачей при обеспечении БЖ в ЧС является защита населения от современных средств поражения и последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, также функционирование народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

В зоне ЧС проводятся аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР) — совокупность первоочередных работ в зоне ЧС, направленных на спасение жизней и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон ЧС и прекращение действия их поражающих факторов [13].

Своевременное выдвижение невоенизированных формирований в район ведения работ может быть достигнуто только при должном транспортном обеспечении. Силами транспортного обеспечения являются в том числе предприятия АПК.

Невоенизированные формирования первой и второй очереди доставляют в район ведения работ автомобильным транспортом, последующие — с использованием других видов транспорта.

При проведении АСДНР к технике предъявляются особые требования. Перед проведением таких работ необходимо провести очередное техническое обслуживание в полном объеме, необходимо провести тщательную герметизацию кабин тракторов и автомобилей.

7. Охрана окружающей среды

В соответствии с требованиями Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ при осуществлении хозяйственной и иной деятельности должны предусматриваться мероприятия по охране

окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности [38].

Деятельность любых предприятий должна осуществляться в соответствии с «Системой стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов», которая включает в себя следующие государственные стандарты и нормативные акты:

1) ГОСТ 17.0.0.01-76 " Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения".

2) ГОСТ 17.1.1.01-77* (СТ СЭВ 3544-82) " Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения"

3) ГОСТ 17.1.1.04-80" Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования"

4) ГОСТ 17.2.1.01-76* " Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу"

5) ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов"

6) ГОСТ 17.2.3.02-78 "Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями"

7) ГОСТ Р ИСО 14004-98 "Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования"

8) Законом РФ «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 13.12.2005г.

9) Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 22 августа 2004 года)

10) Водный кодекс Российской Федерации (в ред. Федеральных законов от 04.12.2006 N 201-ФЗ, от 19.06.2007 N 102-ФЗ, от 14.07.2008 N 118-ФЗ)

Кроме того, деятельность хозяйствующих субъектов регулируется республиканским законодательством. В частности Экологическим кодексом РТ от 15 января 2009 г. № 5–ЗРТ с изменениями от 12.05.2010 (Закон РТ № 20-ЗРТ «О внесении изменений в Экологический кодекс РТ от 15 января 2009 г. № 5–ЗРТ»).

Предлагаемая в работе конструкция – электрогидравлическая форсунка с двухзатворным управляющим клапаном – позволит несколько снизить удельный и часовой расход топлива мобильными машинами и энергосредствами за счет сокращения количества топлива, необходимого для управления форсункой, что приведет к сокращению потерь топлива, повышению мощности и в конечном итоге – к сокращению выбросов в атмосферу. Кроме того, общее внедрение системы Common Rail с такого рода форсунками позволит отечественной технике достичь мировых стандартов в области экологии.

8. Экономическое обоснование работы

8.1 Экономическое обоснование технологии применения конструкции

Экономическая эффективность новых или усовершенствованных машин определяется множеством факторов: трудоемкостью, себестоимостью, фондоемкостью, энерго- и материалоемкостью и пр. применение машин, более эффективных с точки зрения технико-экономических показателей имеет важное значение для сельского хозяйства, поскольку обеспечивает его конкурентоспособность и позволяет снижать издержки производства, что увеличивает рентабельность агропромышленного производства. Проведем расчеты по экономическому обоснованию технологии применения электрогидравлической форсунки с двухзатворным клапаном.

Для внедрения такого рода форсунки потребуется рассчитать также и эффект от капитальных вложений. Эффективность капитальных вложений измеряется набором показателей, в который входит общий эффект капитальных вложений, срок окупаемости, сравнительная эффективность и др. Показатели экономической эффективности капитальных вложений используются для сопоставления предлагаемого проекта и базового (существующего) и выбора оптимального проекта.

Масса конструкции определяется по формуле [16]:

$$G = (G_k + G_r) \cdot K, \quad (8.1)$$

где G_k – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_r – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K = 1,05 \dots 1,15$) [16].

Подставляя числовые значения в формулу (4.1), получим:

$$G = (0 + 0,747) \cdot 1,10 = 0,8271 \text{ кг.}$$

Таблица 8.1 – Расчет массы сконструированных деталей

Наименование детали и материала	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг	Количество деталей, шт	Общая масса, кг
Корпус форсунки, сталь	49,063	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,383	1	0,383
Клапан управления, сталь	10,35	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,081	1	0,081
Распылитель, сталь	6,51	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,051	1	0,051
Штанга с иглой, сталь	15,71	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,122	1	0,122
Гайка распылителя, сталь	5,34	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,042	1	0,042
Штуцер, сталь	8,64	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,068	1	0,068

Определение балансовой стоимости новых конструкций производится на основе сопоставления ее отдельных параметров по сопоставимости массы:

$$C_{\sigma 1} = \frac{C_{\sigma 0} \cdot G_1 \cdot \sigma}{G_0}, (8.2)$$

где $C_{\sigma 0}$, $C_{\sigma 1}$ – соответственно балансовая стоимость существующей и проектируемой конструкции, руб;

G_0 , G_1 – соответственно масса существующей и проектируемой конструкции, кг;

σ – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($\sigma = 0,90 \dots 0,95$) [16].

Подставляя числовые значения в формулу (6.2), получим:

$$C_{\sigma 1} = \frac{854 \cdot 0,747 \cdot 0,9}{0,800} \approx 757 \text{ руб.}$$

Расчет технико-экономических показателей конструкции и их сравнение

Прежде чем приступить к расчету, сведем все исходные данные в таблицу

Таблица 8.2 – Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемый	Базовый
Масса конструкции , кг	0,747	0,800
Балансовая стоимость, руб	757	854
Потребная мощность, кВт	0,024	0,025
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Разряд работы	5	5
Тарифная ставка, руб/час	50	50
Норма амортизации , %	10	10
Норма затрат на ремонт и ТО, %	7,7	7,5
Годовая загрузка конструкции, ч	1350	1350

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности. При расчетах показатели базового варианта обозначаются X_0 , а проектируемого – X_1 .

Часовую производительность конструкции определяем по формуле:

$$W_u = \frac{5,0 \cdot F_y}{\sqrt{\tau}} \cdot \sqrt{\Delta p} \cdot \gamma, (8.3)$$

где F_y , – площадь проходного сечения, м²;

τ – коэффициент сопротивления ($\tau = 0,0121$) [16];

Δp – перепад давлений, кгс/см² ($\Delta p = 0,5$ кгс/см²) [16];

γ – удельный вес жидкости, кг/см³ ($\Delta p = 7,8$ кг/см³) [16].

Подставляя числовые значения в формулу (6.3), получаем:

$$W_u^{x_0} = \frac{5,0 \cdot 0,0000016956}{\sqrt{0,0121}} \cdot \sqrt{0,5} \cdot 7,8 = 4,21 \cdot 10^3 \text{ см}^3;$$

$$W_u^{x_1} = \frac{5,0 \cdot 0,0000016942}{\sqrt{0,0121}} \cdot \sqrt{0,5} \cdot 7,8 = 4,25 \cdot 10^3 \text{ см}^3.$$

Энергоемкость процесса определяем по выражению:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_{\text{ч}}}, \quad (8.4)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность конструкции, ед/час.

Подставляя числовые значения в формулу (8.4), получаем:

$$\mathcal{E}_e^{x0} = \frac{0,025}{4,21 \cdot 10^3} \approx 0,0060 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/ед.}$$

$$\mathcal{E}_e^{x1} = \frac{0,024}{4,25 \cdot 10^3} \approx 0,0057 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/ед.}$$

Металлоемкость продукции определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{ед}}}, \quad (8.5)$$

где G – масса конструкции, кг;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность конструкции, ед/час;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{ед}}$ – срок службы конструкции, лет.

Подставляя числовые значения в формулу (8.5), получаем:

$$M_e^{x0} = \frac{0,800}{4,25 \cdot 10^3 \cdot 1350 \cdot 5} \approx 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ кг/ед.}$$

$$M_e^{x1} = \frac{0,747}{4,21 \cdot 10^3 \cdot 1350 \cdot 5} \approx 2,96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/ед.}$$

Фондоемкость процесса определяем по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (8.6)$$

где $C_{\text{б}}$ – балансовая стоимость конструкции, руб;

Подставляя числовые значения в формулу (8.6), получаем:

$$F_e^{x0} = \frac{854}{4,25 \cdot 10^3 \cdot 1350} \approx 0,1488 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$F_e^{x1} = \frac{757}{4,21 \cdot 10^3 \cdot 1350} \approx 0,1480 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

Трудоемкость процесса находят из выражения:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q}, \quad (8.7)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

Подставляя числовые значения в формулу (8.7), получаем:

$$T_e^{x0} = \frac{1}{4,25 \cdot 10^3} \approx 0,238 \cdot 10^{-3} \text{ чел·ч/ед.}$$

$$T_e^{x1} = \frac{1}{4,21} \approx 0,235 \cdot 10^{-3} \text{ чел·ч/ед.}$$

Себестоимость работ определяется по формуле:

$$S = C_{зп} + C_{э} + C_{рто} + A, \quad (8.8)$$

Затраты на заработную плату определяются по формуле:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e, \quad (8.9)$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{э} = C_{э} \cdot Э_e, \quad (8.10)$$

где $C_{э}$ – комплексная цена электроэнергии, руб/кВт.

Затраты на ремонт и ТО определяют по формуле:

$$C_{рто} = \frac{C_{б} \cdot H_{рто}}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (6.11)$$

где $H_{рто}$ – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

Амортизационные отчисления по конструкции вычисляют по формуле:

$$A = \frac{C_{б} \cdot a}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (8.12)$$

где a – норма амортизации, %.

$$C_{зп}^0 = 120 \cdot 0,238 \cdot 10^{-3} = 11,9 \cdot 10^{-3} \text{ руб / ед}$$

$$C_{зп}^1 = 120 \cdot 0,235 \cdot 10^{-3} = 11,75 \cdot 10^{-3} \text{ руб / ед}$$

$$C_{э}^{x0} = 3,8 \cdot 0,006 \cdot 10^{-3} \approx 0,028 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$C_{э}^{x1} = 3,8 \cdot 0,0057 \cdot 10^{-3} \approx 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$C_{PTO}^{x0} = \frac{854 \cdot 7,7}{100 \cdot 4,25 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,011 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$C_{PTO}^{x1} = \frac{757 \cdot 7,5}{100 \cdot 4,21 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,010 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$A^{x0} = \frac{854 \cdot 10}{100 \cdot 4,25 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,015 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$A^{x1} = \frac{757 \cdot 10}{100 \cdot 4,21 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,014 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

Запишем окончательные числовые значения для формулы (8.8):

$$S^{x0} = (11,9 + 0,028 + 0,011 + 0,015) \cdot 10^{-3} = 11,954 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$S^{x1} = (11,75 + 0,022 + 0,010 + 0,014) \cdot 10^{-3} = 11,796 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_ч \cdot T_{год} \quad (8.13)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (11,954 - 11,796) \cdot 10^{-3} \cdot 4,25 \cdot 10^3 \cdot 1350 = 897,993 \approx 898 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты определяют по формуле:

$$C_{прив} = S + E_H \cdot F_e = S + E_H \cdot F_e, \quad (8.14)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

F_e – фондоемкость процесса, руб/ед;

k – удельные капитальные вложения, руб/ед.

$$C_{прив0} = 11,954 \cdot 10^{-3} + 0,15 \cdot 0,1488 \cdot 10^{-3} = 11,97632 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$C_{прив1} = 11,796 \cdot 10^{-3} + 0,15 \cdot 0,1480 \cdot 10^{-3} = 11,8182 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{год} = (C_{прив0} - C_{прив1}) \cdot W_ч \cdot T_{год}, \quad (8.15)$$

руб.

$$E_{год} = 907,2135 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости (в годах) капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{01}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (8.16)$$

$$T_{ок} = \frac{757}{898} \approx 0,90 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{зод}}{C_{\sigma}}, (8.17)$$

$$E_{эф} = \frac{898}{823} \approx 1,20.$$

Сведем все полученные показатели в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

п/ п	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базов.
	2	3	4	5
	Часовая производительность, ед/час	$4,21 \cdot 10^3$	$4,25 \cdot 10^3$	100,95
	Фондоемкость процесса, руб/ед	$1,49 \cdot 10^{-4}$	$1,48 \cdot 10^{-4}$	99,46
	Энергоемкость процесса, кВт/ед	$0,0060 \cdot 10^{-3}$	$0,0057 \cdot 10^{-3}$	95,00
	Металлоемкость процесса, кг/ед	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$2,96 \cdot 10^{-3}$	94,27
	Трудоемкость процесса, чел·ч/ед	$0,238 \cdot 10^{-3}$	$0,235 \cdot 10^{-3}$	98,74
	Уровень эксплуатационных затрат, руб/ед.	$11,954 \cdot 10^{-3}$	$11,796 \cdot 10^{-3}$	98,68
	Уровень приведенных затрат, руб/ед	$11,97632 \cdot 10^{-3}$	$11,8182 \cdot 10^{-3}$	98,70
	Годовая экономия, руб	898		-
	Годовой экономический эффект, руб	907,2135		-
0	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,90		-
1	Коэффициент эффективности капитальных вложений	1,20		-

Анализируя данные таблицы 8.3 можно прийти к выводу о целесообразности применения конструкции. Следует также учесть, что данные

расчета приведены по отношению к эффекту от одной форсунки. Следовательно, выигрыш в экономическом отношении будет еще выше для разных типов двигателей в зависимости от числа цилиндров.

Общие выводы

1. Проанализированы имеющиеся системы топливоподачи и выбрана наиболее перспективная система, обеспечивающая наименьшие потери мощности, момента, расхода топлива и отвечающая современным тенденциям в развитии систем питания.
2. Выбрана конструктивная схема форсунки для повышения эффективности работы системы питания.
3. Произведены необходимые конструктивные расчеты форсунки, приведены рабочие чертежи деталей.
4. Произведены расчеты технико-экономических показателей, из которых видно, что использование форсунок такого типа эффективно с экономической точки зрения.
5. Разработанная конструкция форсунки в полном объеме отвечает всем техническим требованиям и предлагается к внедрению на искровых двигателях.

Список использованной литературы

1) Сведения о наличии, состоянии сельскохозяйственной техники и поступлении топлива на 1 января 2010-2016 года. / Министерство сельского хозяйства и Продовольствия Республики Татарстан. Государственное унитарное предприятие республиканский информационно-вычислительный центр.

2) Годовой отчет о наличии и возрастном составе сельскохозяйственной техники на 1 января 2010-2016 года. / Министерство сельского хозяйства и Продовольствия Республики Татарстан. Государственное унитарное предприятие республиканский информационно-вычислительный центр.

3) Булгариев Г.Г., Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий в дипломных проектах(для студентов ИМ и ТС). / Г.Г. Булгариев; Р.К. Абдрахманов; М.Н. Калимуллин; Н.В. Булатова. – Казань, 2011. – 21-25 с.

4) Булгариев Г.Г., Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. – Казань: 2009.

5) Республика Татарстан. Транспорт и связь // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан. URL:http://tatstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/tatstat/ru/statistics/enterprises/transport/ (Дата обращения: 10.03.2016).

6) Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко "Пластинчатые и спиральные теплообменники"; Бажан П. И "Справочник по теплообменным аппаратам"2003 – с. 472 .

7) Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: Машиностроение, 1973. - 288 с.

8) Машиностроение. Энциклопедия //Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. — М.: Машиностроение, 2013. - 784 с.

9) Салова Т.Ю. Кудласевич А.А. Метод оценки тепломассообменных процессов энергетических установок //Словацкий международный научный журналСловакия. Slovak international scientific journal Partizanska, 1248/2 Bratislava, Slovakia 811 03 email: info@sis-journal.com site: http://sis-journal.com 2016, №1, с.64-67.

10) Государственные доклады о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан за 2016 год // Официальный сайт Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. URL: <http://eco.tatarstan.ru/>

11) Панов А. А. и др. Обработка металлов резанием. М: Машиностроение, 1988. 736 с.