

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 смазки двигателя

Шифр ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.00. ПЗ

Студент группы С251-07


подпись

Балясников С.А.
Ф.И.О.

Руководитель доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Ф.Х.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 11 от 17 июня 2020 г.)

и.о. Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Хафизов Р.Н.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация «Автомобили и тракторы»

«УТВЕРЖДАЮ»

и.о.Зав. кафедрой

/Хафизов Р.Н./

« 12 » 05 20 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Балясникову Сергею Александровичу

Тема ВКР Проектирование грузового автомобиля категории N2 с модернизацией системы смазки двигателя

утверждена приказом по вузу от «22» мая 2020 г. № 178

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 09.06.2020 г.

3. Исходные данные

1. Литературные источники по теме ВКР;

2. База данных патентов;

3. Интернет ресурсы

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Анализ состояния вопроса;

2. Технологический раздел;

3. Конструкторский раздел

4.БЖД

5. Экономика

5. Перечень графических материалов _____
1. Анализ состояния вопроса; _____
2. Патентный поиск; _____
3. Сборочный чертеж конструкции; _____
4. Рабочие чертежи деталей; _____
5. Технологическая часть; _____
6. Экономическая часть _____

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
1. Анализ состояния вопроса	Халиуллин Ф.Х.
2. Технологический раздел	Халиуллин Ф.Х.
3. Конструкторский раздел	Халиуллин Ф.Х.
4. Графическая часть	Халиуллин Ф.Х.

7. Дата выдачи задания _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Анализ состояния вопроса	25.05.2020г.	
2	Технологический раздел	28.05.2020г.	
3	Конструкторский раздел	30.05.2020г.	
4	БЖД	03.06.2020г.	
5	Экономика	06.06.2020г.	
6	Графическая часть	09.06.2020г.	

Студент _____  (Балясников С.А.)

Руководитель ВКР _____  (Халиуллин Ф.Х.)

ВВЕДЕНИЕ

Смазочная система предназначена для подачи масла к трущимся поверхностям с целью уменьшения трения, охлаждения поверхностей и удаления продуктов изнашивания из зон трения.

Если рабочие поверхности деталей абсолютно сухие и непосредственно соприкасаются одна с другой, то такое трение называется сухим. Работа механизмов при сухом трении требует значительных затрат энергии и сопровождается повышенным изнашиванием, а также значительным выделением теплоты.

Трение между рабочими поверхностями, разделенными достаточно толстым слоем масла, называется жидкостным. В этом случае усилие, необходимое для перемещения деталей, значительно сокращается и резко уменьшается их изнашивание. В ДВС жидкостное трение удается осуществить в основном только в подшипниках коленчатого вала на рабочих режимах. Остальные сопряженные пары движутся возвратно-поступательно или качаются, поэтому на их поверхностях не удастся сохранить масляный слой достаточной толщины. Такое трение, когда рабочие поверхности разделены лишь тонкой пленкой масла (0,1 мм и менее), называется граничным. В зависимости от толщины пленки граничное трение может быть полужидкостным или полусухим. Последнее характеризуется возможностью «схватывания» микровыступов трущихся поверхностей, склонностью к задирам и эрозивному изнашиванию.

Нельзя допускать и избыточного смазывания, так как это может привести к попаданию масла в камеру сгорания и на электроды свечей зажигания, вследствие чего увеличивается нагарообразование на днищах поршней, стенках камеры сгорания и клапанах. Это приводит к перегреву и перебоям в работе двигателя, а также к перерасходу масла.

1. Анализ состояния вопроса

Транспортный комплекс является важнейшим сектором любой современной экономики индустриального типа. Его прогрессивное развитие, в свою очередь, обуславливается тенденциями роста базовых отраслей экономики и промышленности.

Формирование с 1999 г. тенденций экономического роста и относительное улучшение благосостояния населения сформировали закономерное увеличение платежеспособного спроса на транспортные услуги. По данным официальной статистики, в гг. транспортный комплекс Российской Федерации в целом удовлетворял растущий спрос на перевозки грузов и пассажиров.

Основным фактором, влияющим на рост объема грузоперевозок, является рост объема промышленного производства. Следует отметить, что почти 70% народнохозяйственных грузов перевозится транспортом отраслей экономики, а в объеме грузооборота более 50% приходится на долю трубопроводного транспорта.

Таким образом, транспортный комплекс является достаточно динамично развивающимся сектором экономики Российской Федерации. Вместе с тем следует отметить наличие ряда серьезных проблем, которые в дальнейшем могут нивелировать в целом позитивные тенденции последних лет. К основным из указанных проблем относятся:

- высокий (до 50-70% в ряде подотраслей и районов) износ подвижного состава;

- ценовая динамика транспортных услуг, устойчиво превышающая уровень инфляции;

- высокие объемы незавершенного строительства и несвоевременного ввода в эксплуатацию объектов магистральной транспортной инфраструктуры;

- относительно низкая степень безопасности функционирования транспортного комплекса.

Указанные проблемы носят общефедеральный характер, в то же время

они типичны и для большинства регионов Российской Федерации. Дальнейшее сохранение указанных проблем может вызвать ситуацию, в которой отечественный транспортный комплекс будет не в состоянии справиться с растущими потребностями экономики, что негативно отразится на интенсивности деловой активности хозяйствующих субъектов, эффективности их деятельности и, в конечном счете, может явиться тормозом роста экономики.

Транспортный комплекс Республики Татарстан включает в себя гражданскую авиацию, внутренний водный, автомобильный, городской электрический (включая метрополитен), промышленный, железнодорожный, трубопроводный транспорт и дорожное хозяйство, насчитывает около 1400 субъектов хозяйственной деятельности. В транспортном комплексе республики трудятся свыше 80 тысяч человек.

Республиканский транспорт обладает потенциалом повышенного воздействия на создание добавленной стоимости и формирование валового регионального продукта (далее – ВРП). Транспортная отрасль республики с позиций инвестиционной активности находится в фазе «оживления».

Протяжённость путей сообщения транспортной системы Татарстана на сегодня составляет:

- 848 км железных дорог общего пользования;
- 18,5 тыс. км автомобильных дорог (в том числе 1086 км – федерального значения, 13486 км – республиканского значения, 4 тыс. км – улично-дорожная сеть) (не считая внутрихозяйственных дорог);
- 152 км трамвайных путей (в двухпутном исчислении);
- 100,6 км троллейбусных линий (в двухлинейном исчислении);
- 843 км обслуживаемых внутренних судоходных путей;
- 58 авиалиний;
- 232 км путей промышленного железнодорожного транспорта.

Автобусным сообщением охвачены 2268 сельских населенных пунктов (73% общего количества). Пассажиров обслуживают 3800 автобусов, 18

автовокзалов, 34 автостанции и стационарные кассовые пункты. Перевозка пассажиров организована на 1484 (в том числе 274 городских) автобусных маршрутах, которые осуществляет 51 специализированное автопредприятие. На маршрутных перевозках используются около 1800 автобусов индивидуальных предпринимателей.

Таблица 1.1 Доля услуг отдельных видов транспорта в себестоимости продукции отдельных отраслей экономики Республики Татарстан, %

Отрасль экономики	Виды транспорта				
	автомобиль- ный	железно- дорожный	речной	воздушный	вся сеть
Промышленность	3,92	1,05	0,39	0,03	5,4
В т.ч. стройматериалов	3,87	3,13	7,9	-	14,9
лесная	12,3	5,18	1,28	0,02	18,5
пищевая	15,75	1,98	0,24	0,03	18
Сельское хозяйство	2,74	0,25	0,03	0,01	3,1
В том числе растениеводство	1,96	0,2	0,04	-	2,2
Из него: зерно	1,82	0,21	0,06	-	2,1
Сахарная свекла	21,3	0,78	0,11	-	22,2
Животноводство	7,36	0,39	0,04	-	7,8
Из него: крупный рогатый скот	14,12	0,99	0,09	-	15,2
Свиноводство	4,33	5,34	0,04	-	9,7
Молочная промышленность	2,34	0,02	0,04	-	2,4
Транспорт	8,49	9,32	5,19	-	23
в т. ч. грузовой транспорт	3,36	3,69	2,06	-	9,1
Прочие	0,08	0,16	0,05	0,01	0,3
Республика в целом	6,02	0,63	0,35	-	7

Как показано в таблице, предприятия практически всех отраслей Республики Татарстан при транспортировке грузов отдают предпочтение автомобильному транспорту. Так, в промышленности Республики Татарстан по комплексному параметру «скорость транспортировки/стоимость перевозки» автомобильный транспорт в среднем в 3,7 раза предпочтительнее железнодорожного. Абсолютное предпочтение автомобильному транспорту уделяют такие подотрасли республиканской промышленности, как легкая, пищевая, молочная, а также все подотрасли агропромышленного комплекса. Железнодорожный транспорт сравнительно более эффективен для

нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей, а также для отдельных предприятий промышленности строительных материалов.

Из 3086 населенных пунктов 1,3% имеют подъезды с асфальтобетонным покрытием. При этом прирост за год составил 13 населенных пунктов. На строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог общего пользования за год было использовано 5,6 млрд. рублей, прирост дорог с асфальтобетонным покрытием составил 157,5 км.

В среднем по Республике Татарстан доля затрат на автоперевозки составляет 6,02% себестоимости продукции отраслей материального производства, а железнодорожного и внутреннего водного видов транспорта - на порядок меньше (0,63% и 0,35%, соответственно). Это наглядно свидетельствует о более высокой конкурентоспособности автомобильного транспорта. Железнодорожный же транспорт становится сравнительно более конкурентоспособным при перевозке отдельных видов грузов на большие расстояния.

Кроме того, более полная потенциальная способность автомобильного транспорта удовлетворять потребности хозяйствующих субъектов Республики Татарстан в перевозке грузов обуславливается еще и наличием конкурентного, в полной мере рыночного, механизма ценообразования на услуги автотранспортных предприятий. В то же время на железнодорожном транспорте имеет место не всегда экономически эффективная монополия в области установления тарифов.

С учетом вышеизложенного, исходя из сравнительной конкурентоспособности отдельных видов транспорта и тенденций развития отраслей экономики и промышленности Республики Татарстан целесообразно по железнодорожному и внутреннему водному транспорту в качестве программного принять инерционный вариант прогноза. Соответственно структура перевозки грузов транспортом отраслей экономики Республики Татарстан будет иметь следующий вид.

Таблица 1.2- Прогноз структуры грузоперевозок транспортом отраслей экономики с учетом программных приоритетов, %

Виды транспорта	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
1. Автомобильный	69,36	70,11	70,97	70,68	70,40	70,08	69,81	69,79
2. Железнодорожный	8,09	8,24	8,16	8,34	8,59	8,83	9,85	10,61
3. Трубопроводный	18,75	17,99	17,41	17,62	17,71	17,84	16,43	15,18
4. Внутренний водный	3,79	3,66	3,45	3,36	3,31	3,25	3,91	4,42
Всего	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0

Данная структура в максимальной степени соответствует как утвержденным темпам роста отраслей экономики, так и потребностям хозяйствующих субъектов в качественных и доступных грузоперевозках.

Транспортный комплекс Республики Татарстан тесно интегрирован в систему экономических отношений в целом

2Анализ существующих конструкций

Масляный насос предназначен для создания оптимального давления в системе смазки двигателя внутреннего сгорания, нуждающейся в постоянной циркуляции масла. Устройство приводит в движение распределительный или коленчатый вал с помощью вала привода.

Виды маслонасосов двигателей внутреннего сгорания

Большое разнообразие моделей автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, их рабочих параметров и типов моторов обуславливают отличия в

конструкции масляных насосов. По типу управления все модификации разделяются на регулируемые и нерегулируемые.

- У регулируемых маслонасосов можно изменять производительность для получения оптимального давления масла в системе.
- При использовании нерегулируемых маслонасосов коррекция параметров осуществляется при помощи редуционных клапанов.

По типу конструкции масляные насосы двигателей внутреннего сгорания разделяются на шестеренные и роторные. Во втором случае транспортировка масла по системе и создание определенного давления осуществляется при помощи роторных лопастей, а в шестеренных конструкциях аналогичные функции выполняются шестеренками.

Шестеренные модели масляных насосов, в свою очередь, разделяются на конструкции с внешним и внутренним зацеплением.

- Шестеренные маслонасосы с внешним зацеплением имеет шестерни, расположенные рядом друг с другом.
- В моделях с внутренним зацеплением меньшая шестерня размещается внутри большой. Это позволяет уменьшить габариты конструкции без снижения эксплуатационных параметров.

Шестеренные масляные насосы и их конструктивные особенности

Отличием конструкции масляных насосов с шестернями является ее простота и минимальное количество деталей. Основными элементами являются:

- две шестерни (ведущая и ведомая),
- каналы нагнетания и всасывания масла,
- привод.

Шестерни располагаются в корпусе и передают смазку с канала всасывания на канал нагнетания, после чего смазка двигается дальше по

системе. Производительность маслонасосов этого типа определяется характером работы коленвала (частотой).

При увеличении давления сверх допустимого значения выполняется автоматический сброс части смазки в картер. Для этих целей используется редукционный клапан. Регулировка параметров работы шестеренного маслонасоса вручную невозможна.

Масляные насосы роторного типа и их особенности

Основными элементами конструкции маслонасосов роторного типа являются:

- два ротора (внутренний и внешний),
- нагнетательная и всасывающая полости,
- вал привода.

Принцип работы масляных насосов роторного типа основан на взаимодействии роторов. Роторные лопасти при вращении передают масло в систему, образуя разрежение, которое засасывает новую порцию масла из нагнетательной полости. Если модель нерегулируемая, при образовании избыточного давления часть масла сбрасывается через открывающийся автоматически редукционный клапан.

Регулируемые роторные маслонасосы отличаются наличием подвижного статора с регулировочной пружиной. Изменяя степень ее сжатия можно корректировать объем камеры, в которой заключены роторы, изменяя тем самым общее давление масла в системе.

Использование такого статора дает возможность получить стабильность давления масла в системе, вне зависимости от частоты вращения коленвала. Дополнительные элементы регулируемых маслонасосов незначительно усложняют конструкцию, но позволяют достичь заметно большей эффективности.

Преимущества масляных насосов с возможностью регулирования

Использование регулируемых маслонасосов более предпочтительно, поскольку такие модели дают ряд заметных преимуществ:

- снижение доли мощности, отбираемой у двигателя (примерно на 33%),
- снижение интенсивности отработки масла благодаря уменьшению количества оборотов, снижению частоты,
- снижение вспенивания масла.

Регулируемый масляный насос дает возможность получить равномерную циркуляцию масла в системе смазки и увеличить срок его службы (реже требуется замена), что дает заметную экономическую выгоду.

Неисправности маслонасосов и их признаки

Наличие нарушений в работе масляной системы можно заметить по миганию лампы индикации давления масла.

Основные причины нарушений:

- выход из строя приборов контроля,
- засорение фильтра системы,
- использование масла, несоответствующего установленного производителем маслонасоса требованиям,
- снижение уровня в картере,
- засорение самого маслонасоса.

Внешними признаками неисправности маслосистемы являются:

- увеличение расхода масла,
- падение давления в системе.

Эксплуатировать автомобиль с неисправной маслосистемой (в первую очередь – при сниженном давлении масла) недопустимо, такое транспортное

средство необходимо экстренно отправить в сервис для полной диагностики, выяснения и устранения причин поломки.

Виды неисправностей

Основными поломками маслонасоса являются разгерметизация клапана и износ деталей.

Самые распространенные повреждения – это:

- износ шестерней или роторов (в зависимости от типа конструкции),
- выход из строя редукционного клапана,
- засорение фильтра,
- недостаточно качественная фиксация фильтра,
- износ прокладки.

Если условия эксплуатации оборудования не нарушаются, маслонасосы отличаются долгим сроком службы благодаря тому, что работают в комфортной среде.

К сокращению периода безаварийной эксплуатации узла могут привести:

- несвоевременная диагностика и предельный износ деталей
- низкое качество технического обслуживания или сервисного вмешательства.

Масляный насос можно без преувеличения отнести к наиболее выносливым узлам автомобиля, хотя пренебрежение установленными требованиями и рекомендациями может привести и к его износу, поломке, требующей серьезного и дорогостоящего ремонта.

При отсутствии заводских дефектов или повреждений, вызванных непрофессиональным вмешательством, вероятность нарушений работы системы смазки минимальна, если за двигателем осуществляется надлежащий и своевременный уход.

3. Расчет автомобиля

3.1 Классификация автомобилей

Современная классификация автомобилей по категориям является более точной и четкой. Данная форма распределения полностью соответствует общей сводной резолюции подразделения автомобилей от ЕЭК ООН. На основании данной квалификации ко всем транспортным средствам предъявляются особые нормативные правовые акты.

Все современные авто подразделяются на признаки по их основному назначению. Транспортные средства служат для перевозки пассажиров или для перевозки грузов в виде специального оборудования. Существует две основные категории авто: пассажирские; предназначенные для транспортировки грузов. Современные пассажирские автомобили – это средства передвижения, конструкция которых и оснащение предназначены для перевозки определенного количества пассажиров и багажа. При этом пассажирам обеспечивается высокий уровень комфорта и оптимальной безопасности.

Классификация автотранспортных средств по Соглашению, принятому Европейским экономическим комитетом ООН (Женевское Соглашение)

Согласно этого документа, а также ГОСТ Р 52051-2003, автотранспортные средства подразделяются на следующие категории:

M1—АТС для перевозки пассажиров, имеющие не более 8 мест для сиденья, кроме места водителя;

M2до 5,0АТС для перевозки пассажиров, имеющие более 8 мест для сиденья, кроме места водителя;

M3свыше 5,0АТС для перевозки пассажиров, имеющие более 8 мест для сиденья, кроме места водителя;

N1до 3,5АТС, предназначенные для перевозки грузов;

N2св. 3,5 до 12,0АТС, предназначенные для перевозки грузов;

N3свыше 12,0АТС, предназначенные для перевозки грузов;

O1до 0,75Буксируемые АТС – прицепы;

O2св. 0,75 до 3,5Буксируемые АТС – прицепы и полуприцепы;

О3св. 3,5 до 10,0 Буксируемые АТС – прицепы и полуприцепы;

О4свыше 10,0 Буксируемые АТС – прицепы и полуприцепы.

Рассмотрим автомобиль категории N3.

3.2 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя автомобиля

3.2 Тепловой расчет двигателя

Номинальная мощность: $N_e = 90 \text{ кВт}$;

Номинальная частота вращения: $n = 2400 \text{ мин}$;

Степень сжатия: $\varepsilon = 17$;

Количество цилиндров: $i = 4$

Для проведения теплового расчета выберем скоростные режимы

$n = 960, 1200, 1440, 1680, 1920, 2160, 2400 \text{ об/мин}$.

Для определения эффективности конструкторской разработки, необходимо произвести тепловой расчет и определить тепловой баланс двигателя при работе штатного насоса системы охлаждения на номинальном режиме и с учетом работы насоса переменной производительности.

Топливо в соответствии с ГОСТ 305-82 для рассчитываемого двигателя принимаем дизельное топливо (для работы в летних условиях – марки Л и для работы в зимних условиях – марки З).

Средний элементарный состав дизельного топлива

$C = 0,870$; $H = 0,126$; $O = 0,004$

Низшая теплота сгорания топлива

$H_{и} = 33,91 \cdot C + 125,6 \cdot H - 10,89 \cdot (O - S) - 2,51 \cdot (9H + W) = 33,91 \cdot 0,870 + 125,6 \cdot 0,126 - 10,89 \cdot 0,004 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,126 = 42437 \text{ кДж/кг} (1.1)$

Определение параметров рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, L_0 , вычисляется формулой:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right), \quad (3.1)$$

где 0,23 – массовое содержание кислорода в 1 кг воздуха.

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,497 \text{ кмоль.}$$

Коэффициент избытка воздуха принимают в диапазоне $\alpha = 1,6 \dots 1,8$.

Уменьшение коэффициента избытка воздуха до возможных пределов уменьшает размеры цилиндра и, следовательно, повышает литровую мощность дизеля, но одновременно с этим значительно возрастает теплонапряженность двигателя, особенно деталей поршневой группы, увеличивается дымность выпускных газов. На дизельных двигателях применяют неразделённые камеры сгорания и разделенные с предкамерой. Для нашего случая мы применим неразделённую камеру сгорания, так как у неё можно достичь наибольшего коэффициента избытка воздуха. Принимаем: коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,7$.

Действительный расход воздуха L , для номинального режима работы двигателя вычисляется по формуле:

$$L = \alpha \cdot L_0; \quad (3.2)$$

$$L = 1,7 \cdot 0,497 = 0,8449 \text{ кмоль.}$$

Количество свежего заряда, M_1 вычисляется по формуле:

$$M_1 = L + \frac{1}{m_T}, \quad (3.3)$$

где m_T – молекулярная масса топлива;

$$m_T = 190.$$

$$M_1 = 0,8449 + \frac{1}{190} = 0,8502 \text{ кмоль.}$$

При неполном сгорании топлива продукты сгорания представляют собой смесь углекислого газа CO_2 , водяного пара H_2O , кислорода O_2 и азота N_2 .

Количество отдельных компонентов, входящих в состав продуктов сгорания:

– углекислый газ;

$$(3.4)$$

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12};$$

где C – количество углерода в кг. топлива;

$$C = 0,87 \text{ кмоль.}$$

$$M_{CO_2} = \frac{0,87}{12} = 0,0725 \text{ кмоль.}$$

– водяной пар;

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2}; \quad (3.5)$$

где H – количество водорода в кг. топлива;

$$H = 0,126 \text{ кмоль.}$$

$$M_{H_2O} = \frac{0,126}{2} = 0,063 \text{ кмоль.}$$

– кислород;

$$M_{O_2} = 0,209 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0; \quad (3.6)$$

$$M_{O_2} = 0,209 \cdot (1,7 - 1) \cdot 0,497 = 0,0728 \text{ кмоль.}$$

– азот;

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0;$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot 1,7 \cdot 0,497 = 0,6732 \text{ кмоль.}$$

Общее количество продуктов сгорания, M_2 вычисляется по формуле:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}; \quad (3.7)$$

$$M_2 = 0,0725 + 0,063 + 0,0728 + 0,6732 = 0,8815 \text{ кмоль.}$$

Химический коэффициент молекулярного изменения, β' , вычисляется по формуле:

$$\beta' = \frac{M_2}{M_1}; \quad (3.8)$$

$$\beta' = \frac{0,8815}{0,8502} = 1,0368.$$

Параметры окружающей среды и остаточные газы.

Атмосферные условия

$$P_0 = 0,1 \text{ МПа. } T_0 = 293 \text{ К.}$$

Давление окружающей среды для дизелей с наддувом $p_0 = 1,7 \text{ МПа}$.

Температура окружающей среды для дизелей;

$$\text{с наддувом } T_k = T_0 (p_k / p_0)^{(p_k - 1)/n_k} = 293(0,17 / 0,1)^{(1,65 - 1)/1,65} = 361 \text{ К}$$

Температура и давление остаточных газов.

$$\text{с наддувом } T_r = 850 \text{ К } p_r = 0,94 \quad p_k = 0,94 \cdot 0,17 = 0,159 \text{ МПа}$$

Процесс впуска

Параметры окружающей среды:

- давление окружающей среды $P_0 = 1,7 \text{ МПа}$;
- температура окружающей среды $T_0 = 361 \text{ К}$.

Степень подогрева свежего заряда на номинальном режиме двигателя

$$\Delta T_N = 10^\circ. \text{ Среднюю скорость поршня принимаем } C_N = 8,86 \text{ м/с.}$$

Температура воздуха после компрессора вычисляется по формуле:

$$T_{kN} = T_0 \cdot \left(\frac{P_{kN}}{P_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, \quad (3.9)$$

P_{kN} – давление наддува, МПа;

$$P_{kN} = 0,17 \text{ МПа};$$

n_k – показатель политропы сжатия компрессора;

$$n_k = 1,7;$$

Плотность заряда, поступающего в двигатель, на номинальном режиме вычисляется по формуле:

$$\rho_k = \frac{P_{kN} \cdot 10^6}{R_B \cdot T_{kN}}, \quad (3.10)$$

где R_B – удельная газовая постоянная для воздуха, Дж/кгК;

$$R_B = 287 \text{ Дж/кгК};$$

Потери давления на впуске в двигателе:

Температура охлаждения надувочного воздуха выбрана на основе данных современных систем ОНВ.

$$T_{\kappa}' = T_{\kappa} - \Delta T_{\text{ОНВ}} = 421,34 - 108,34 = 313 \text{ K}$$

Потери давления во впускном трубопроводе:

—

где $\Delta P_{\text{тр max}} = 0,002 \dots 0,004 = 0,002 \text{ МПа}$.

Давление во впускном трубопроводе, перед клапаном:

Плотность заряда во впускном трубопроводе перед клапаном:

— — —

Давление остаточных газов:

$$P_{\Gamma} = P_{\text{тр}} \cdot 0,95 = 0,233 \cdot 0,95 = 0,222 \text{ МПа}$$

С целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальных режимах принимаем температуру подогрева свежего заряда $\Delta T_N = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. На остальных режимах значения ΔT рассчитываются по формуле:

$$\Delta T = A_T(110 - 0,0125n) = 0,1159 \cdot (110 - 0,0125 \cdot 1900) = 10 \text{ K},$$

где: $A_T = \Delta T_N / (110 - 0,0125n_N)$

При $n_N = 1900 \text{ об/мин}$:

$$A_T = 10 / (110 - 0,0125 \cdot 1900) = 0,1159.$$

Потери давления на впуске при учете качественной обработки внутренних поверхностей впускных систем можно принять: $\beta^2 + \xi_{\text{вп}} = 2,4$ и $\omega_{\text{вп}} = 80 \text{ м/с}$. Тогда ΔP_a на всех скоростных режимах двигателей рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta P_a &= (\beta^2 + \xi_{\text{вп}}) \cdot (\omega_{\text{вп}} \cdot n / n_N)^2 \cdot \rho_{\text{тр}} \cdot 10^{-6} / 2 = 2,4 \cdot (80 \cdot 1900 / 1900)^2 \cdot 2,599 \cdot 10^{-6} / 2 = \\ &= 0,01996 \text{ МПа.}; \end{aligned}$$

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_{\text{тр}} - \Delta P_a = 0,2335 - 0,01996 = 0,21354 \text{ МПа}$$

Задаемся значением коэффициента [2], а также значением коэффициента очистки [2] для каждой из расчетных частот вращения, данные которых приведены в таблице 3.2.

Тогда при $n_N = 1900 \text{ мин}^{-1}$:

$$\gamma_r = \frac{T_k' + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\xi_{oc} P_r}{\varepsilon \theta_{\partial \partial z} P_a - \xi_{oc} P_r} = \frac{313 + 10}{711} \cdot \frac{0,94 \cdot 0,222}{18 \cdot 1,08 \cdot 0,2135 - 0,94 \cdot 0,222} = 0,024$$

Коэффициент использования теплоты для современных дизелей с неразделенными камерами сгорания и хорошо организованной струйным смесеобразованием можно принять для двигателей с наддувом в связи с повышением теплонапряженности двигателя и созданием более благоприятных условий для протекания процесса сгорания $\xi = 0,86$, при использовании помпы с изменяемыми характеристиками коэффициент использования теплоты можно принять $\xi = 0,92$.

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 $n_N = 1900 \text{ мин}^{-1}$, $T_a = 333,44 \text{ К}$ и $\varepsilon = 18$ показатель адиабаты сжатия определен по номограмме (Рис. 4.4, стр. 73, [1]) k_1 .

Давление в конце сжатия при $n_N = 1900 \text{ об/мин}$:

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1} = 0,2135 \cdot 18^{1,358} = 10,818 \text{ МПа.}$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 333,44 \cdot 18^{1,358 - 1} = 938,43 \text{ К.}$$

Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия:

a) Свежей смеси (воздуха)

$$(mc_v)_{t_0}^{tc} = 20,6 + 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,355 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С},$$

где $t_c = T_c - 273 = 938,43 - 273 = 665,43^\circ\text{С}$;

b) CO_2 в продуктах сгорания

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{CO}_2} &= 27,941 + 0,019 \cdot 665,43 - 0,0005487 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = \\ &= 38,155 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С}; \end{aligned}$$

c) CO в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{\text{CO}} = 20,597 + 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,374 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С};$$

d) H_2O в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{H_2O} = 24,953 + 5,359 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 28,519 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

e) H_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{H_2} = 20,684 + 0,000206 \cdot 665,43 + 0,000588 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = 21,081 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

f) N_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{N_2} = 20,398 + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,062 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

g) O_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{O_2} = 20,93 + 0,004641 \cdot 665,43 - 0,000084 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = 23,646 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

h) $(mc_v'')_{t_0}^{tc}$ остаточных газов

$$\begin{aligned} (mc_v'')_{t_0}^{tc} &= (1/M_2) \cdot (M_{CO_2} \cdot (mc_v)_{CO_2} + M_{H_2O} \cdot (mc_v)_{H_2O} + M_{N_2} \cdot (mc_v)_{N_2} + M_{O_2} \cdot (mc_v)_{O_2}) = \\ &= (1/0,88) \cdot (0,0725 \cdot 38,155 + 0,063 \cdot 28,519 + 0,672 \cdot 22,062 + 0,073 \cdot 23,646) = \\ &= 23,979 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

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 принимается несколько меньше k_2

Степень последующего расширения:

$$\delta = \varepsilon / \rho = 18/1,884 = 9,555$$

Давление и температура в конце расширения:

$$P_b = P_z / \delta^{n_2} = 12,5 / 9,555^{1,287} = 0,68 \text{ МПа.}$$

$$T_b = T_z / \delta^{n_2-1} = 1971,019 / 9,555^{1,287-1} = 1031,243 \text{ К.}$$

$$T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{1031,243}{\sqrt[3]{\frac{0,68}{0,222}}} = 708,36 \text{ К.}$$

Индикаторные параметры рабочего цикла:

Теоретическое среднее индикаторное давление:

$$P_i' = \frac{P_a \cdot \varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\rho \lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{0,2135 \cdot 18^{1,358}}{18 - 1} \left[1,16 \cdot (1,884 - 1) + \frac{1,884 \cdot 1,16}{1,287 - 1} \left(1 - \frac{1}{9,555^{1,287 - 1}} \right) - \frac{1}{1,358 - 1} \left(1 - \frac{1}{18^{1,358 - 1}} \right) \right] = 1,805 \text{ МПа};$$

Среднее индикаторное давление:

$$P_i = \varphi_u P_i' = 0,95 \cdot 1,805 = 1,715 \text{ МПа};$$

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива:

$$\eta_i = (P_i \cdot T_k' \cdot M_1 \cdot 8,315) / (P_k' \cdot H_u \cdot \eta_v \cdot 10^3) =$$

$$= (1,715 \cdot 313 \cdot 8,315 \cdot 0,849) / (42437 \cdot 0,9503 \cdot 0,2355) = 0,399$$

$$g_i = 3600 / (H_u \eta_i) = 3600 / (42,437 \cdot 0,399) = 212,63 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}.$$

Среднее индикаторное давление для дизельных двигателей с штатной помпой:

$$p_i = \varphi_{II} p_i' = 0,95 \cdot 0,854 = 0,811 \text{ МПа};$$

Среднее индикаторное давление для дизельных двигателей с помпой с регулируемыми характеристиками:

$$p_i = \varphi_{II} p_i' = 0,95 \cdot 1,309 = 1,243 \text{ МПа};$$

Индикаторный КПД для дизельного двигателя с штатной помпой:

$$\eta_i = 0,96 \cdot 14,453 \cdot 1,7 / (0,001 \cdot 42437 \cdot 2,02 \cdot 42437 \cdot 0,79) = 0,29$$

Индикаторный КПД для дизельного двигателя с помпой с изменяемой характеристикой:

$$\eta_i = 1,23 \cdot 14,453 \cdot 1,7 / (0,001 \cdot 42437 \cdot 2,42 \cdot 42437 \cdot 0,89) = 0,46$$

Индикаторный удельный расход топлива (кВт ч):

$$g_i = 3600 / (H_u \eta_i) \quad (3.18)$$

Для дизельного двигателя с штатной помпой системы охлаждения:

$$g_i = 3600 / (0,001 \cdot 42437 \cdot 0,29) = 291$$

Для дизельного двигателя с помпой с изменяемыми характеристиками:

$$g_i = 3600 / (0,001 \cdot 42437 \cdot 0,46) = 181$$

Эффективные показатели двигателя. Среднее давление механических потерь. МПа,

$$p_M = 0.089 + 0.0118v_{n.c.p.}$$

$$p_M = 0,089 + 0,0118 \cdot 10,2 = 0,209$$

где средняя скорость поршня предварительно принята $v_{cp} = 10,2 \text{ м/с}$

Средне эффективное давление и механический КПД для дизельного двигателя с штатной помпой:

$$p_e = p_i - p_M = 0,811 - 0,209 = 0,602 \text{ МПа};$$

$$\eta_M = p_e / p_i = 0,602 / 0,811 = 0,74$$

Средне эффективное давление и механический КПД для дизельного двигателя с помпой с регулируемыми характеристиками.

$$p_e = p_i - p_M = 1,243 - 0,209 = 1,03 \text{ МПа};$$

$$\eta_M = p_e / p_i = 1,03 / 1,243 = 0,82$$

Основные параметры цилиндра и двигателя:

Рабочий объем одного цилиндра(л):

$$V_h = V'_h / i \quad V_h = 4,7493 / 4 = 1,1873 \text{ л}$$

Примем отношение $S/D = 1,13$. Тогда диаметр и ход поршня:

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{4V_h / (\pi S / D)} = 100 \cdot \sqrt[3]{4 \cdot 1,1873 / (3,14 \cdot 1,13)} = 110,2 \text{ мм}$$

Примем $D = 110 \text{ мм}$, тогда

$$S = 125 \text{ мм}$$

Действительный полный рабочий объем:

$$V_n = \pi D^2 S i / (4 \cdot 10^6) = 3,14 \cdot 110^2 \cdot 125 \cdot 4 / (4 \cdot 10^6) = 4,7493 \text{ л}$$

Площадь поршня:

$$F_{\Pi} = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 110^2 / 4 = 95,03 \text{ см}^2$$

Средняя скорость поршня:

$$v_{n.c.p.} = S n / (3 \cdot 10^4) = 110 \cdot 2400 / (3 \cdot 10^4) = 10 \text{ м/с}$$

Эффективная мощность:

$$N_e = p_e V_n n / (30 \tau) = 0,94 \cdot 4,7493 \cdot 2400 / (30 \cdot 4) = 89,8 \text{ кВт}$$

Эффективный крутящий момент:

$$M_e = 3 \cdot 10^4 N_e / (\pi \cdot n) = 3 \cdot 10^4 \cdot 89,8 / (3,14 \cdot 2400) = 357,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Часовой расход топлива:

$$G_T = N_e g_e = 89,8 \cdot 179,79 / 1000 = 16,14 \text{ кг/ч}$$

Литровая мощность:

$$N_{\text{л}} = N_e / V_{\text{л}} = 89,8 / 4,74 = 18,9 \text{ кВт} / \text{л}$$

3.3 Расчет автомобиля

Для выполнения расчета известны следующие данные:

1. Марка автомобиля и его колесная формула.
2. Масса загруженного автомобиля - m_a ;
3. База автомобиля - L ;
4. Высота автомобиля - H_a ;
5. Ширина автомобиля - B_a ;
6. Передаточные числа трансмиссии:
 - первой передачи основной коробки – u_1 ;
 - второй передачи основной коробки - u_2 ;
 - третьей передачи – u_3 ;
 - высшей передачи основной коробки - u_v ;
 - главной передачи - u_{Γ} ;
7. Коэффициент аэродинамического сопротивления – c_x ;
8. Значения максимальной мощности N_{max} при соответствующей частоте вращения вала n_N и максимального крутящего момента M_{max} при соответствующей частоте вращения вала n_M ;
9. Привод - задний;
10. Колесная формула 215/75 R17,5.

Таблица 3.2 – Исходные данные

m_a кг	L , мм	B_a , мм	H_a , мм	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_{Γ}	c_x	N_{max} кВт	M_{max} Нм
7400	3310	2164	2245	6,55	3,93	2,37	1,44	1	3,41	0,65	90	422

3.3.1 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса является формой записи уравнения движения автомобиля. Оно связывает тяговую силу P_T на ведущих колесах с силами сопротивления движению:

$$P_T = P_K + P_{\Pi} + P_B + P_{\text{и}} = P_{\text{д}} + P_B + P_{\text{и}},$$

где P_K - сила сопротивления качению; P_{Π} - сила сопротивления подъему, P_B - сила сопротивления воздуха, $P_{\text{и}}$ - приведенная сила инерции; $P_{\text{д}} = P_K + P_{\Pi}$ - сила сопротивления дороги. Для удобства решения и графического представления уравнение силового баланса может быть записано с использованием свободной силы тяги $P_{\text{св}} = P_T - P_B$:

$$P_{\text{св}} = P_{\text{д}} + P_{\text{и}}$$

Это связано с тем, что зависимость $P_{\text{св}}$ от скорости V движения автомобиля определяется только параметрами автомобиля и его двигателя; скоростной характеристикой двигателя, передаточным числом $u_{\text{тр}}$ и КПД трансмиссии, динамическим радиусом r_K колес и аэродинамической формой и площадью F лобового сопротивления автомобиля. Эта сила не зависит от ускорения автомобиля и дорожных условий. Часто уравнение силового баланса решают при условии полной подачи топлива в двигатель, используя внешнюю скоростную характеристику двигателя.

Графоаналитическое решение уравнения силового баланса осуществляется следующим образом.

Определяется скорость движения автомобиля в зависимости от частоты вращения коленчатого вала

$$V = \frac{\pi n r_K}{30 u_{\text{тр}}}$$

где r_K - радиус качения колеса.

$u_{\text{тр}} = u_K \cdot u_{\text{Г}}$ - передаточное число трансмиссии;

u_K - передаточное число коробки передач;

$u_{\text{Г}}$ - передаточное число главной передачи.

Радиус колеса может быть определен по маркировке шин как:

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
2передатча							
$v, \text{ м/с}$	2,748	3,434	4,121	4,808	5,495	6,182	6,869
$P_t, \text{ Н}$	11971,9	13698,8	12850,0	11942,6	11269,3	10801,0	10449,8
$P_b, \text{ Н}$	14,60	22,81	32,85	44,72	58,41	73,92	91,26
$P_{cb}, \text{ Н}$	11957,2	13676,0	12817,1	11897,9	11210,9	10727,1	10358,5
$P_{т.сц}, \text{ Н}$	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9
$P_{cb.сц}, \text{ Н}$	71069,3	71061,1	71051,0	71039,2	71025,5	71010,0	70992,6
$P_d, \text{ Н}$	580,75	580,75	580,75	580,75	580,75	580,75	580,75
3передатча							
$v, \text{ м/с}$	4,548	5,685	6,822	7,959	9,096	10,233	11,370
$P_t, \text{ Н}$	7232,4	8275,7	7762,9	7214,7	6808,0	6525,1	6312,9
$P_b, \text{ Н}$	40,01	62,51	90,02	122,53	160,03	202,54	250,05
$P_{cb}, \text{ Н}$	7192,4	8213,2	7672,9	7092,2	6648,0	6322,6	6062,8
$P_{т.сц}, \text{ Н}$	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9
$P_{cb.сц}, \text{ Н}$	71043,9	71021,4	70993,9	70961,4	70923,9	70881,4	70833,8
$P_d, \text{ Н}$	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8
4передатча							
$v, \text{ м/с}$	7,494	9,367	11,241	13,114	14,988	16,861	18,735
$P_t, \text{ Н}$	4389,4	5022,6	4711,3	4378,6	4131,8	3960,1	3831,3
$P_b, \text{ Н}$	108,6	169,7	244,4	332,7	434,5	549,9	678,9
$P_{cb}, \text{ Н}$	4280,8	4852,8	4466,9	4046,0	3697,3	3410,2	3152,4
$P_{т.сц}, \text{ Н}$	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9
$P_{cb.сц}, \text{ Н}$	70975,3	70914,2	70839,5	70751,2	70649,4	70534,0	70405,0
$P_d, \text{ Н}$	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8	580,8
5передатча							
$v, \text{ м/с}$	10,806	13,508	16,209	18,911	21,613	24,314	27,016
$P_t, \text{ Н}$	3043,9	3483,1	3267,2	3036,5	2865,3	2746,3	2656,9
$P_b, \text{ Н}$	225,9	352,9	508,2	691,7	903,5	1143,4	1526,9
$P_{cb}, \text{ Н}$	2818,1	3130,1	2759,0	2344,8	1961,9	1602,8	1130,1
$P_{т.сц}, \text{ Н}$	71083,9	71083,9	71083,9	71083,9	71004,9	70925,9	70689,0
$P_{cb.сц}, \text{ Н}$	70858,0	70731,0	70575,7	70392,2	70101,5	69782,5	69162,1
$P_d, \text{ Н}$	640,1	673,5	714,3	762,5	818,1	881,2	1077,2

3.3.2 Динамическая характеристика автомобиля

Динамической характеристикой автомобиля называется зависимость динамического фактора от скорости движения автомобиля. Эта характеристика удобнее тяговой характеристики при сравнении свойств автомобилей разной массы.

$$Da = \frac{P_{cb}}{G} = \frac{P_t - P_b}{G}$$

Для ее расчета следует задаться несколькими значениями частоты вращения n коленчатого вала и для них вычислить динамический фактор D_a по данному уравнению. Результатом расчета являются зависимости $D_a = f(v)$ для каждой ступени коробки передач. Затем строим график $D_a = f(v)$ динамической характеристики (рис.17.3). Определяется динамический фактор по условию равномерного движения на данной дороге:

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

где ψ - коэффициент сопротивления дороги.

Вычисленная зависимость $D=f(v)$ наносится на график динамической характеристики. Абсцисса точки пересечения кривых $D_a(v)$ и $D(v)$ определяет максимальную скорость равномерного движения автомобиля на данной дороге.

На график динамической характеристики следует нанести динамический фактор по сцеплению $D_{сц}=(P_{т.сц} - P_в)/G$, который определяется как:

$$D_{сц} = \frac{a\varphi \cos \alpha}{L - h(\varphi + f)} - \frac{P_в}{G} \text{ - для заднеприводных автомобилей.}$$

Результаты расчетов динамической характеристики приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Динамическая характеристика автомобиля

1 передача							
$v, \text{ м/с}$	1,648553723	2,0606922	2,4728306	2,88496902	3,29710745	3,70924588	4,12138431
D_{a1}	0,27478618	0,314395	0,2948564	0,27396481	0,25844033	0,24761098	0,23946068
Φ	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
$D_{сц}$	0,173663036	0,1736223	0,1735725	0,17351369	0,17344581	0,17336887	0,17328288
2 передача							
$v, \text{ м/с}$	2,747589539	3,4344869	4,1213843	4,80828169	5,49517908	6,18207646	6,86897385
D_{a1}	0,164714015	0,1883906	0,1765591	0,16389595	0,15443343	0,14776827	0,14269083
Φ	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
$D_{сц}$	0,173534307	0,1734212	0,1732829	0,17311946	0,17293089	0,17271718	0,17247833
3 передача							
$v, \text{ м/с}$	4,548093289	5,6851166	6,8221399	7,95916326	9,09618658	10,2332099	11,3702332
D_{a1}	0,099077251	0,1131391	0,105696	0,09769696	0,09157771	0,08709469	0,08351715
Φ	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
$D_{сц}$	0,17318432	0,1728743	0,1724954	0,17204762	0,17153094	0,17094537	0,17029091

продолжение таблицы 3.4

4 передача							
$v, \text{ м/с}$	7,49394567	9,3674321	11,240919	13,1144049	14,9878913	16,8613778	18,7348642
D_{a1}	0,058968415	0,066849	0,0615331	0,0557345	0,05093152	0,04697635	0,04342549
Φ	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
$D_{сн}$	0,172239164	0,1713975	0,1703688	0,16915308	0,16775032	0,16616052	0,16438368
5 передача							
$v, \text{ м/с}$	10,80626966	13,507837	16,209404	18,9109719	21,6125393	24,3141067	27,0156741
D_{a1}	0,03881982	0,0431185	0,0380063	0,03230021	0,02702537	0,02207926	0,01556692
Φ	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,00456971	0,00543823	0,00640893
$D_{сн}$	0,170624132	0,168874	0,166735	0,16420705	0,16129019	0,15798442	0,15270232

Также, основываясь на особенностях характерной классификации масляных насосов, можно утверждать, что более эффективной и надежной конструкцией является регулируемый тип роторного масляного насоса.

Кроме того к типам масляных насосов в зависимости от конструкции можно отнести коловратные, трехвинтовые, ручные крыльчатые, ручные шиберные насосы и т.п.

В современных поршневых ДВС применяется комбинированный способ смазки: наиболее нагруженные детали (подшипники коленчатого и распределительного валов, оси коромысел, толкатели клапанов, иногда поршневые пальцы) смазываются под давлением, а остальные трущиеся детали (зеркала цилиндров, поршневые компрессионные кольца и др.) — разбрызгиванием.

Необходимо, чтобы смазочная система двигателя в любых условиях его эксплуатации и на всех режимах работы обеспечивала надежный и бесперебойный подвод моторного масла ко всем трущимся и охлаждаемым маслом деталям двигателя, длительную работу двигателя без перегрева масла и без его долива или замены, малый расход масла (не более 1 % расхода топлива для дизелей), минимальные затраты мощности на функционирование и достаточную степень очистки масла от механических примесей, воды, свободных кислот и щелочей, а также не требовала больших материальных и трудовых затрат на техническое обслуживание, была компактной, не создавала значительных гидравлических сопротивлений и имела небольшую стоимость.

Особенно высокие требования предъявляются к смазочным системам ТС, работающих в тяжелых условиях (очень высокая или очень низкая температура, движение по пересеченной местности с крутыми подъемами и спусками, движение по воде, большие ускорения и замедления). Среди ТС, работающих в наиболее тяжелых условиях, можно выделить армейские машины, гусеничные транспортеры и тягачи, а также амфибийные машины. Например, смазочные системы двигателей армейских машин должны обеспечивать бесперебойную подачу масла к трущимся деталям при подъемах и спусках до 35 %, кренах до 25 % и температурах $-50 \dots +50$ °С.

Система смазки двигателя Д-260

Система смазки дизеля Д-260 (рис. 1) комбинированная: часть деталей смазывается под давлением, часть - разбрызгиванием. Подшипники коленчатого и распределительного валов, втулки промежуточной шестерни, шатунные подшипники коленчатого вала пневмокомпрессора, механизм привода клапанов и подшипник вала турбокомпрессора смазываются под давлением от масляного насоса. Гильзы, поршни, поршневые пальцы, штанги, толкатели, кулачки распределительного вала и детали топливного насоса смазываются разбрызгиванием.

Система смазки Д-260 состоит из масляного насоса, масляного фильтра с бумажным фильтрующим элементом, центробежного масляного фильтра, жидкостно-масляного теплообменника. Масляный насос 3 шестеренчатого типа, односекционный, крепится болтами к блоку цилиндров. Привод масляного насоса осуществляется от шестерни, установленной на коленвале.

В масляном насосе двигателя Д-260 ММЗ тракторов МТЗ-1221 имеется перепускной клапан, отрегулированный на давление 0,7...0,75 МПа. При повышении давления выше указанного масло перепускается из полости нагнетания в полость всасывания. Регулировка производится на стенде с помощью регулировочных шайб.

Масляный насос Д-260 через маслоприемник забирает масло из масляного картера и по каналам в блоке цилиндров подает в полнопоточный масляный фильтр с бумажным фильтрующим элементом, а часть масла - в центробежный масляный фильтр для очистки и последующего слива в картер.

Фильтрующий элемент масляного фильтра Д-260 имеет перепускной клапан 20. В случае чрезмерного засорения бумажного фильтрующего элемента или при запуске дизеля на холодном масле, когда сопротивление фильтрующего элемента становится выше 0,13...0,17 МПа, перепускной клапан открывается, и масло, минуя фильтровальную бумагу, поступает в масляную магистраль. Перепускной клапан нерегулируемый.

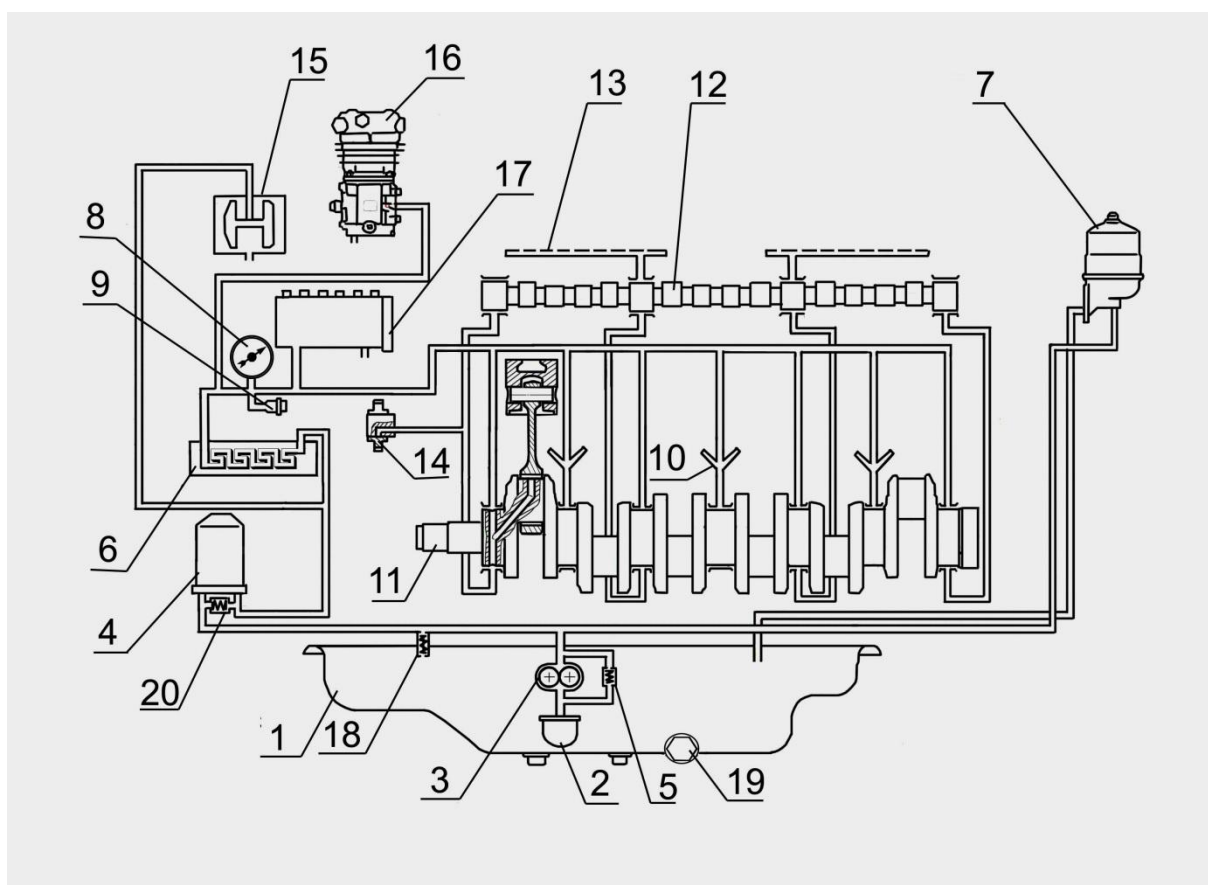


Рисунок 4.1 - Схема системы смазки дизеля Д-260

1 - картер масляный; 2 - маслоприемник; 3 - масляный насос; 4 - фильтр масляный бумажный; 5 - перепускной клапан; 6 - теплообменник жидкостно-масляный; 7 - фильтр масляный центро-бежный; 8 - указатель давления масла;

9 – датчик аварийного давления масла; 10 – форсунки охлаждения поршней; 11 – вал коленчатый; 12 – вал распределительный; 13 – масляный канал оси коромысел; 14 – шестерня промежуточная; 15 – турбокомпрессор; 16 – компрессор; 17 – топливный насос высокого давления; 18 – клапан предохранительный; 19 – пробка для слива масла; 20 – клапан перепускной бумажного фильтрующего элемента.

В корпусе масляного фильтра Д-260 встроен предохранительный нерегулируемый клапан 18. Он предназначен для поддержания давления масла в главной масляной магистрали 0,28...0,45МПа. При давлении масла выше 0,45МПа открывается предохранительный клапан и избыточное масло (запас масла) через предохранительный клапан сливается в картер дизеля. Масло, очищенное в масляном фильтре, поступает в жидкостно-масляный теплообменник 6, встроенный в блок цилиндров дизеля.

Из жидкостно-масляного теплообменника охлажденное масло поступает по каналам в блоке цилиндров двигателя Д-260 трактора МТЗ-1221 в главную масляную магистраль, из которой по каналам в блоке цилиндров масло подается ко всем коренным подшипникам коленчатого вала и опорам распределительного вала. От второго, четвертого и шестого коренных подшипников через форсунки, встроенные в коренных опорах блока цилиндров, масло подается для охлаждения поршней.

От коренных подшипников по каналам в коленчатом валу масло поступает на смазку шатунных подшипников. От первого коренного подшипника масло по специальным каналам в передней стенке блока поступает к втулке промежуточной шестерни 14 и далее по каналу в крышке распределения на смазку деталей топливного насоса.

Детали клапанного механизма Д-260 смазываются маслом, поступающим от второй и третьей опор распределительного вала по каналам в блоке и головках цилиндров, сверлениям в третьей и четвертой стойках коромысел во внутреннюю полость оси коромысел и через отверстия к втулкам коромысел, от

которых по каналу поступает на регулировочный винт и штангу. Масло к подшипниковому узлу турбокомпрессора поступает по трубке, подключенной на выходе из масляного фильтра с бумажным фильтрующим элементом. К пневмокомпрессору масло поступает по маслопроводу, подключенному на выходе из теплообменника. Из компрессора масло сливается в картер дизеля.

Выводя выводы из выше перечисленного, вместо НШ, можно поставить в двигатель Д-260 регулируемый пластинчатый насос. Так как, шестеренчатые масляные насосы приводятся в движение от коленчатого вала двигателя, поэтому при повышении частоты вращения наблюдается повышение их производительности, в то время как потребление масла самим двигателем меняется незначительно. Кроме того, повышается приводная мощность насоса. Таким образом, чтобы регулировать производительность насоса в зависимости от числа оборотов привода, была разработана конструкция пластинчатого (шиберного) масляного насоса (рисунок 2). Имея в своем составе небольшое количество конструктивных элементов, насос такой конструкции позволяет регулировать величину производительности за счет смещения наружного статора относительно центра вращения ротора. При максимальной частоте вращения коленчатого вала пластинчатый масляный насос нуждается лишь в половине приводной мощности по сравнению с шестеренчатыми насосами, что способствует снижению расхода топлива.

1. Когда увеличивается частота вращения коленвала, происходит увеличение необходимого объема масла, что приводит к падению давления в системе.

2. При падении давления регулировочная пружина подвигает статор, посредством изменения положения статора изменяется положение ведомого ротора.

3. Увеличивается объем всасывающей полости, что приводит к повышению производительности насоса.

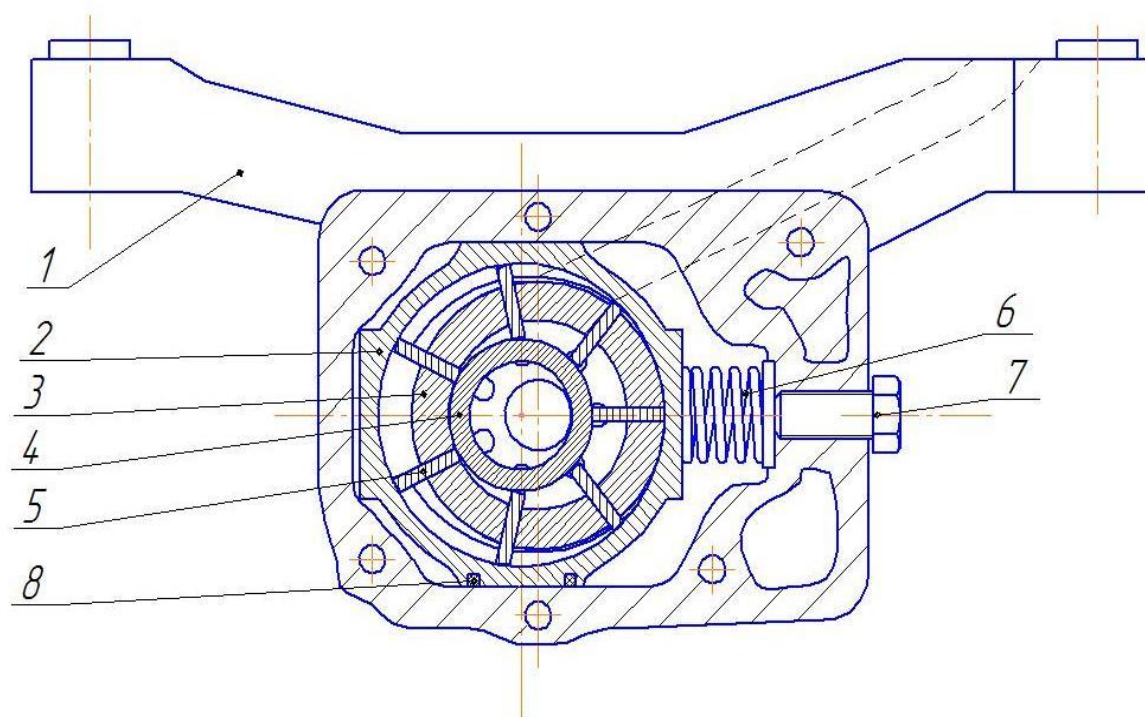


Рисунок 4.2 - Регулируемый пластинчатый масляный насос

1-корпус насоса; 2-статор; 3-Вал; 4-вспомогательная шайба; 5- пластинка; 6- пружина регулятор; 7-регулирующий болт; уплотнительная резина.

4. Конструкторская часть

4.1 Разработка масляного насоса переменной производительности

Типы масляных насосов в зависимости от конструкции можно разделить на: роторные (масло передаётся лопастями роторов) и шестеренные (масло передаётся посредством шестерёнок).

Шестереночные типы масляных насосов создают постоянное давление по принципу нерегулируемого насоса.

К подтипам шестеренных насосов следует отнести насос с наружным зацеплением (шестерня находится около шестерни, причем одна из них ведущая) и с внутренним зацеплением (одна шестерня внутри другой).

Кроме принципа работы различия данных типов масляных насосов заключаются в габаритах – масляный насос с внутренним зацеплением меньше.

Роторный тип масляного насоса регулирует давлением масло в системе смазки с использованием изменений режимов работы двигателя. Сам процесс регулирования осуществляется с помощью подвижного статора, который может сдвигаться относительно оси внутреннего ротора, изменяя объем полостей и количество нагнетаемого масла.

Роторный тип масляного насоса также имеет подвиды. Они разделяется на 2 группы: **регулируемый** и **нерегулируемый роторные насосы**.

Отличием от подобной классификации по характеру регулирования является наличие редукционного клапаны в обоих подвидах роторных типов масляных насосов, которые предохраняют систему смазки от чрезмерно повышенного давления при высокой частоте оборотов двигателя.

					ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.00.ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			
Разраб.		Балясников С.			СИСТЕМА СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ	Лит.	Лист
Руковод.		Халиуллин Ф.Х.					12
Консульт.						КГАУ каф. ТАиЭУ	
Н. контр.		Халиуллин Ф.Х.					
Зав. кафедр.		Хафизов К.А.					

Расчетные данные

Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя 2100 об/мин.

При холостом ходе – 850 об/мин.

Номинальные обороты стандартного НШ системы смазки двигателя Д-260-2910 об/мин.

Номинальные обороты пластинчатого насоса 1800 об/мин.

Минимальные обороты пластинчатого насоса 800 об/мин..

Номинальная объемная подача масла НШ 60 литров в минуту.

Исходя из этих параметров будем создавать пластинчатый насос с такой же подачей масла в систему смазки двигателя Д-260.9.

Через объемную подачу НШ находим подачу масла на холостом ходу $V_{\min}$

$$k = n_{\max} / n_{\min} = 2100 / 850 = 2.47$$

Где, $n_{\max}$ - макс обороты двигателя, $n_{\min}$ - мин. обороты двигателя.

$$V_{\min} = V_{\max} / k = 60 / 2.47 \approx 25 \text{ л/мин.}$$

По своим свойствам масло имеет плотность 0,9. Исходя из этого выражения можно найти объем 1 литра масла:

$$1000000 \text{ мм}^3 = 0,9 \text{ л} \Rightarrow 1 \text{ л} = 1111111 \text{ мм}^3.$$

$$\text{То, } 25 \text{ л} = 1111111 * 25 = 27777775 \text{ мм}^3$$

Находим объем масла за один оборот насоса:

$$V_{\text{1об}} = V_{\text{min}} / n_{x/x} = 27777775 / 800 = 34722,2 \text{ мм}^3.$$

Находим объем одной секций пластинчатого насоса, так как выбран 7 пластинчатый насос, у нас будет 7 отсеков.

$$V_{\text{min2}} = V_{\text{1об}} / n = 34722,2 / 7 \approx 4960 \text{ мм}^3.$$

n-число отсеков.

Для расчета рабочего объема пластинчатого насоса (W_o) может быть использована формула

$$W_o = k z W_k = 1 * 7 * 5040 = 10080 \text{ мм}^3.$$

при этом объем рабочей камеры (W_k) следует определять в ее крайнем левом положении, т. е. когда она изолирована от полостей всасывания и нагнетания. В этом случае

$$W_k = L * h * b = 7 * 24 * 30 = 5040$$

где h — высота рабочей камеры ($h = 2e$); L — средняя длина части окружности, ограниченной двумя пластинами; b — ширина пластины.

Определение диаметров участков вала

С учетом гидромеханических потерь и отсутствия подпора на входе в насос, крутящий момент на валу насоса, [1, стр.38],

где p - давление нагнетания, Па;

- рабочий объём, $\text{м}^3/\text{об}$;

- полный КПД насоса (для данной конструкции насоса , [5, стр.287]).

$$M_{кр} = \frac{16 \cdot 10^6 \cdot 62,2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,85} = 90,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Из условия статической прочности по теории наибольших касательных напряжений определяем диаметр вала, выполненного из материала Сталь 45 ГОСТ 1050-88 и нагруженного только крутящим моментом (эквивалентный момент равен крутящему):

где $\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести материала, [6, т.1, стр. 86] ;

K – коэффициент запаса прочности.

$$d_{\text{с}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 90,5 \cdot 2}{360 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 0,0920 \text{ м} = 20 \text{ мм},$$

Рабочий объём насоса выполненного по схеме, когда в подаче участвуют пластины, определяется,

$$V_0 = 2\pi B \cdot (R - r_0)^2 (R + r_0)$$

где V_0 – рабочий объём насоса, $\text{см}^3/\text{об}$;

R – больший радиус профиля, см ;

r_0 – меньший радиус профиля статора, см ;

B – ширина ротора, см ;

Для устранения возможности отрыва пластин от статора и исходя из опыта использования насосов данного типа, задаёмся следующими соотношениями [1, стр. 29], [2, стр. 98,99]:

$$\frac{R}{r_0} = K_1 = 1,05 \leq 1,27;$$

$$\frac{R}{B} = K_2 = 1,25 = \overbrace{1,25 \dots 2,5}^{\text{Подставляя выбранные}}$$

конструктивные параметры и соотношения в формулу (1), решаем полученное уравнение относительно R .

$$\begin{aligned} \frac{V_0}{R^3} &= 2\pi \frac{1}{K_2} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_1}\right) \left(1 + \frac{1}{K_1}\right) \\ \frac{V_0}{R^3} &= \frac{2\pi}{K_2} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_1^2}\right) \\ R &= \sqrt[3]{\frac{V_0 K_2}{2\pi \cdot \left(1 - \frac{1}{K_1^2}\right)}} = \sqrt[3]{\frac{5040 \cdot 1,25}{2 \cdot 3,14 \cdot \left(1 - \frac{1}{1,05^2}\right)}} = 3,21 \text{ см} = 32 \text{ мм} \end{aligned}$$

Ширину ротора, определяем согласно формуле (1), по уже известным R и r_0 :

$$B = \frac{V_0}{2\pi R^2 - r_0^2} = \frac{5040}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,2^2 - 2,8^2} = 3,01 \text{ см} = 30 \text{ мм}$$

Определяем угол λ , расположении пластинок.

$$\beta = \frac{2\pi}{z} - \text{угол, на котором расположены пластины;}$$

z – количество пластин, согласно рекомендациям, принимаем $z = 7$.

$$\beta = \frac{2\pi}{z} = \frac{2 \cdot 180}{7} = 51,4$$

5. Технологическая часть

Разработка технологического процесса изготовления детали.

5.1. Служебное назначение зубчатого колеса

Зубчатое колесо цилиндрического типа применяется для передачи вращательного движения между валами. Область применения зубчатого колеса со степенью точности 9В. Они работают при незначительных нагрузках, к таким передачам не предъявляются повышенные эксплуатационные требования. Их можно использовать, например, в редукторах общего назначения.

Припуск - слой металла в поковке, предназначенный для удаления механической обработкой с целью получения заданной формы и размеров готовой детали с требуемым качеством обработанной поверхности. При механической обработке с припуском должны быть убраны все дефекты поверхностного слоя поковки - вмятины, забоины, складки, заштампованная окалина, обезуглероженный слой.

Допуск - разность между допускаемым наибольшим и наименьшим значениями одного и того же размера поковки. Допуск включает в себя все элементы отклонений от номинального размера, причинами которых могут быть незаполненные полости ручья, недоштамповка по высоте, износ окончательного ручья, колебание усадки при остывании поковки, кривизна осей, овальность сечений, эксцентричность прошиваемых отверстий и др.

Напуск - дополнительный объем металла в поковке, предназначенный для упрощения её формы, возможности осуществления процесса штамповки и его упрощения.

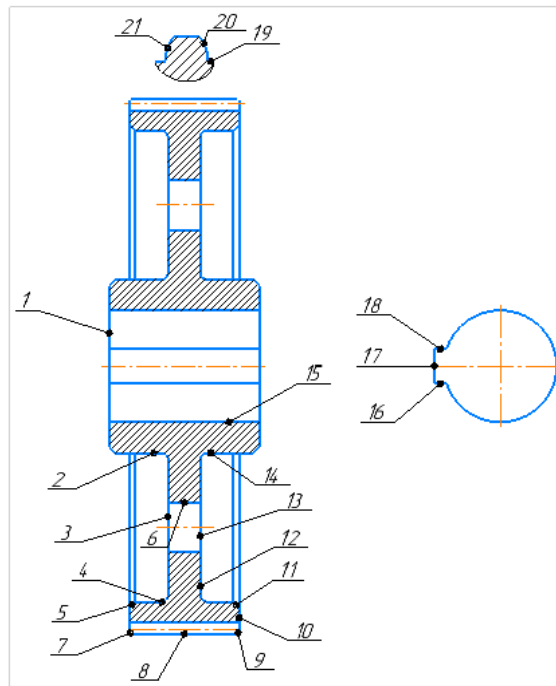


Рисунок 5.1 - Функциональное назначение поверхности зубчатого колеса

Таблица 2.1 - Функциональное назначение поверхностей шестерни

Вид поверхности	№ поверхности
Исполнительные поверхности	20, 21
Основные конструкторские базы	10,15
Вспомогательные конструкторские базы	1
Свободные поверхности	2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,16,17,18,19

5.2. Критический анализ технических требований на деталь

1. Неверно указана шероховатость.
2. Не указаны предельные отклонения размеров отверстий.
3. Некорректно обозначены размеры детали (зубчатое колесо).

5.3. Технические требования на деталь шестерня (зубчатое колесо)

Отклонение расположения поверхностей

1. Перпендикулярность поверхности 10 к поверхности 15 с требуемой точностью 25 мкм.
2. Симметричность 17 поверхности с поверхностью 15 с требуемой точностью 86 мкм.
3. Параллельность 17 поверхности с поверхностью 15 с требуемой точностью 22 мкм.
4. Цилиндричность поверхности 15 с точностью 8мкм.

5.4. Методы контроля основных технических требований на деталь зубчатое колесо

Шагомер типа БВ, ТУ 2-034-340-85 (рис.2.2.)

Предназначен для измерения шага зацепления цилиндрических зубчатых колес и шага цилиндрических и конических зубчатых колес внешнего зацепления с допусками по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 1758-81. Шагомер применяется в цеховых и лабораторных условиях на предприятиях машиностроения.

Условия эксплуатации:

- температура окружающей среды $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ - относительная влажность окружающего воздуха $(60 \pm 20) \%$
- атмосферное давление 101325 ± 4000 Па.

Технические характеристики:

- диапазон модулей измеряемых колес: по шагу зацепления 2...28 мм по разности шагов 2...30 мм
- цена деления по шкале отсчетного устройства 0,001 мм.
- диапазон показаний по шкале $\pm 0,5$ мм.

- среднее время восстановления работоспособного состояния не более четырех часов (включая время на поверку шагомеров после восстановления). - измерительное усилие шагомеров 1,5 ... 3,5 Н.

- колебание измерительного усилия 1,0 Н.

Габаритные размеры, мм, не более:

- шагомера для измерения min 62 x 160 x 176

- шага зацепления max 62 x 170 x 226

- шагомера для измерения min 113 x 154 x 220

- шага max 125 x 176 x 260.

Масса, не более 1,5 кг.

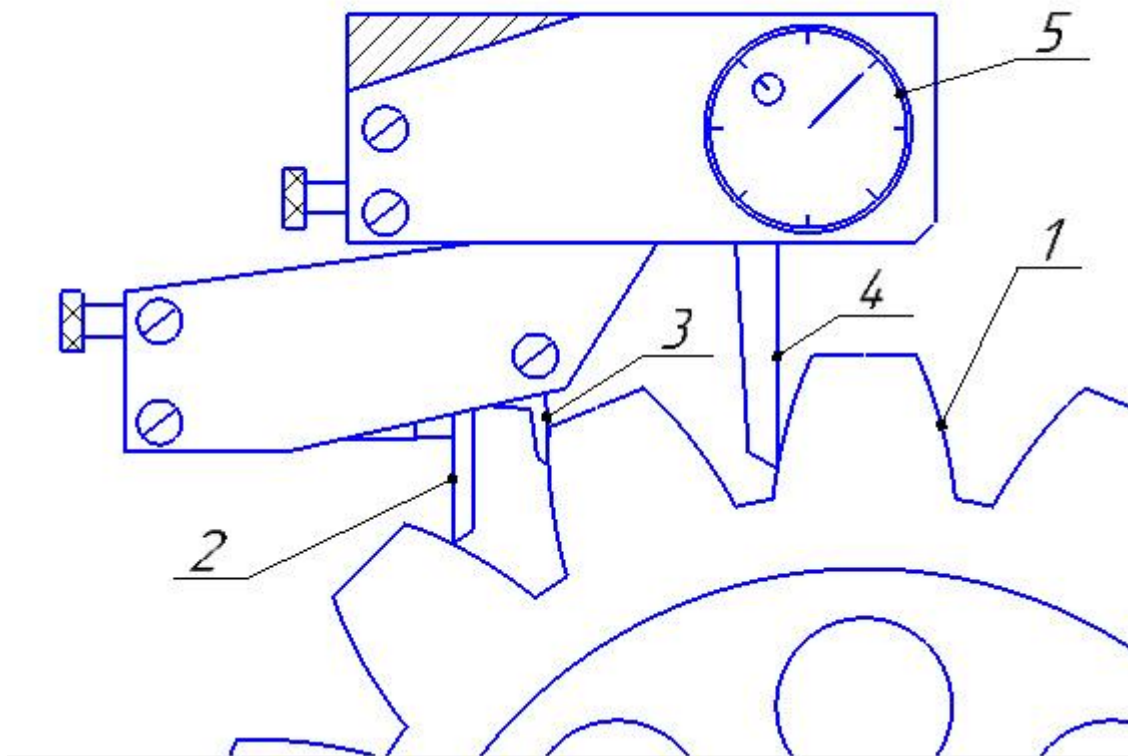


Рисунок 5.2 - Измерение шага зацепления зубчатых колес. 1 — контролируемое колесо; 2, 3 и 4 — измерительные наконечники; 5 — двухстороннее отсчётное устройство.

Контроль перпендикулярности торца к опорной поверхности отверстия с допуском $T=0,040$ мм.

Контроль отклонения от перпендикулярности торца зубчатого колеса относительно оси отверстия производится измерительным устройством на вращающейся оправке, установленной в отверстии – измерительной базе. Схема контроля перпендикулярности (рис. 2.3.).

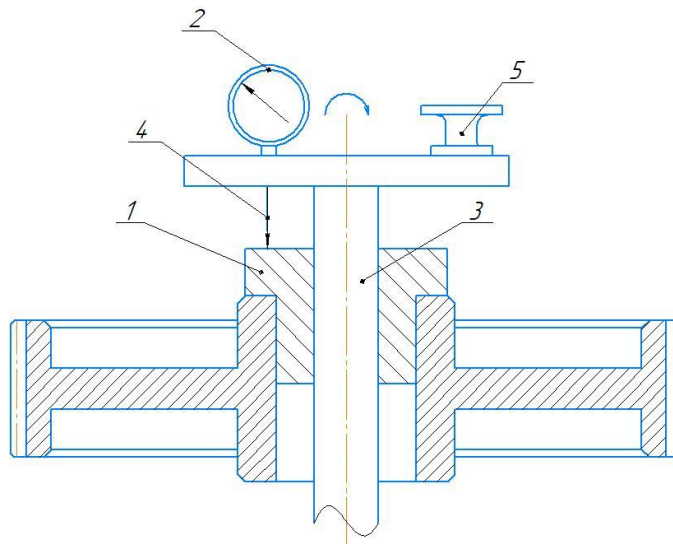


Рисунок 5.3 - Схема контроля отклонения от перпендикулярности торца ступицы относительно оси отверстия (1 – основание (стакан); 2 –индикатор 1МИГ ГОСТ 9696, цена деления 0,001 мм; 3- оправка ГОСТ 1621307; 4- упор; 5-рукоятка)

Измерения элементов зубьев, определяющих боковой зазор в зацеплении.

В основном применяются накладной штангензубомер (рис.2.2.), предназначенный для измерения толщины зубьев на заданном расстоянии от окружности выступов. Штангензубомер имеет две взаимно перпендикулярные шкалы 1 и 5, одну для установки высоты, другую - для измерения длины хорды. Перед измерением упор 3 устанавливают по нониусу 2 на размер, равный высоте, на которой предполагается измерять длину хорды зуба, и закрепляют в этом положении. Измерительные губки раздвигают и после установки штангензубомера упором на окружность выступов колеса сдвигают до соприкосновения с профилями зуба. Длину измеренной хорды отсчитывают непосредственно по нониусу 4 штангензубомера. Измерения рекомендуется

производить по постоянной хорде зуба (постоянная хорда - это хорда между точками касания исходного контура с обоими профилями зуба в нормальном сечении).

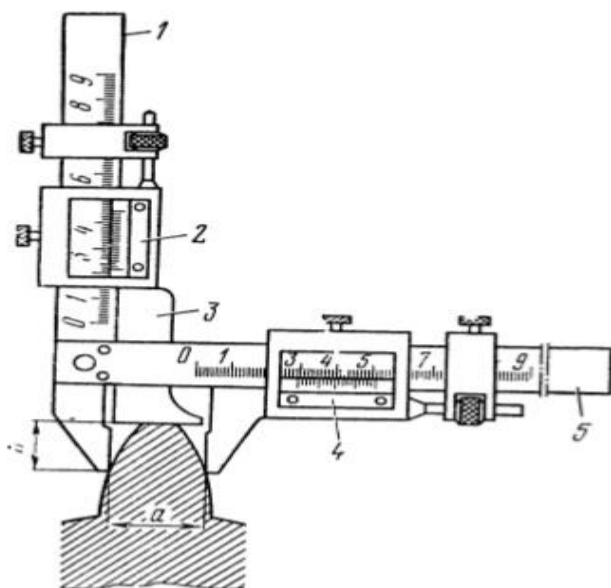


Рисунок 5.4 - Схема контроля штангензубомером.

5.5. Анализ технологичности конструкций зубчатого колеса

Конфигурация детали:

- максимальная унификация и стандартизация конструктивных элементов детали;
- размеры и поверхности детали имеют оптимальные требования по точности и шероховатости;
- конструкция детали обеспечивает возможность применения типовых технологических процессов ее изготовления;
- наличие конструктивных элементов обеспечивает нормальную работу режущего инструмента;
- максимальное сокращение размеров обработанных поверхностей;
- возможность обработки наибольшего количества поверхностей с одного установа;
- конструкция обеспечивает повышенную жесткость детали;

- технические требования не предусматривают особых методов и средств контроля;

Таким образом, по всем показателям деталь является технологичной для механообрабатывающего производства.

5.6. Выбор вида и формы организации производительного процесса изготовления зубчатого колеса

Применяется переменнo-поточное производство.

5.7. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Чтобы определить диаметр заготовки, необходимо прибавить к заданному числу зубьев число 2 и полученный результат умножить на модуль. Произведём расчет:

$$D \text{ заготовки} = (Z+2) \cdot m = (52+2) \cdot 4 = 216 \text{ мм}$$

Так как у нас среднесерийное производство, то лучше, чтобы заготовка имела простую форму с повышенными и неравномерными припусками под последующую механическую обработку. Чтобы уменьшить трудоемкость изготовления заготовок в процессековки и последующей механической обработки, форму заготовки целесообразно ограничивать плоскими, или цилиндрическими поверхностями, избегать применения заготовок сложных форм.

Выполняется поковка (рис.5.5).

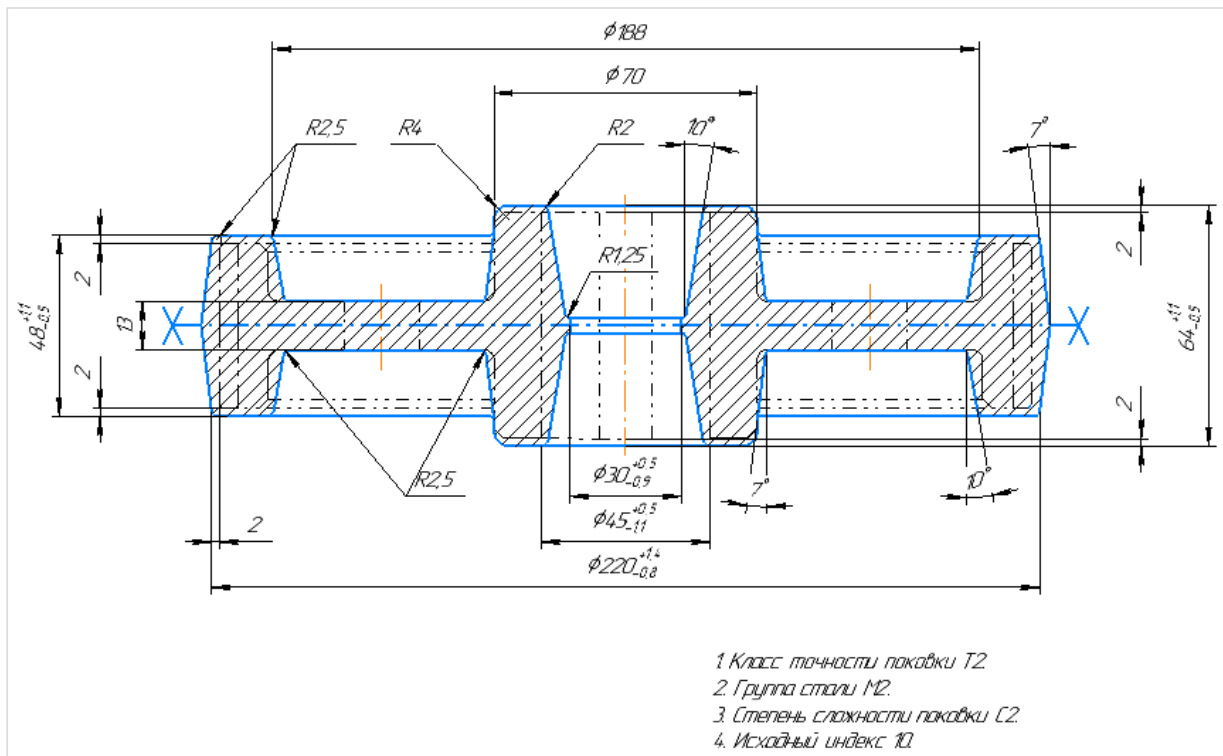


Рисунок 5.5 - Эскиз поковки.

5.8. Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки

5.8.1. Анализ вариантов базирования

Анализ вариантов базирования выполнен на листе 1.

5.8.2. Определение последовательности обработки поверхности заготовки

По результатам анализа вариантов базирования, большинство поверхностей обрабатывается последовательно: предварительно, окончательно.

5.9. Выбор способов обработки, определение количества переходов

Таблица 5.2 - План обработки поверхности

Поверхность	План обработки	Квали- тет (допуск)	Шерохо- ватость Ra, мкм	Мини- маль- ный припус к, мм	Межпере- ходные размеры, мм
Торцевая поверхность Ø70	заготовка однократное точение	14(100)	6.3	1,5	64 60
Торцевая поверхность Ø216h12	заготовка однократное точение	14(100)	6.3	2	48 44
Ø45H7	заготовка предварительное расточивание окончательное расточивание предварительное развёртывание окончательное развёртывание	13(100) 11(31) 9 7	6.3 3.2 2.5 1.6	2 1,25 0,15 0,1	Ø30 Ø42 Ø44,5 Ø44,8 Ø45H7
Ø216h12	заготовка однократное точение	12(250)	6.3	2	Ø220 Ø216h12
Ø190	заготовка однократное расточивание	12	6.3	1	Ø188 Ø190

Ø70	заготовка однократное точение	12	6.3	3	Ø76 Ø70
Зубья m=4, z=52	Ø216h12	12	6.3		-
	предварительное фрезерование	12	6.3	4	D _{дел} =214
	окончательное фрезерование	10	3.2	1	D _{дел} =212
Фаски	чистовое точение	9	2.5	-	-
Шпоночный паз	протяжная	9	0.8	-	-

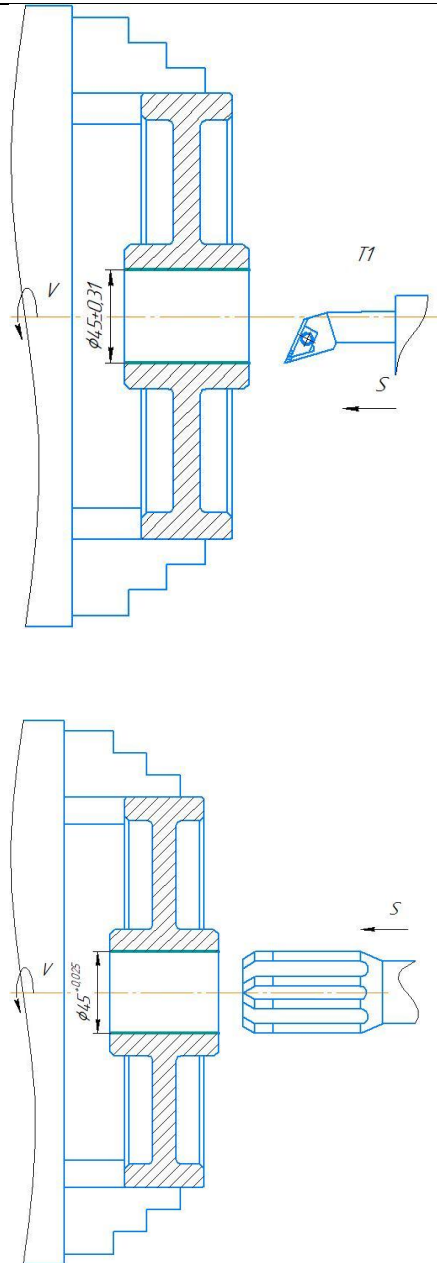
5.10 Технологический маршрут изготовления детали

Таблица 5.3 - Маршрут обработки заготовки

Наименование операции	Оборудование	Схема технологической наладки
Заготовительная	Пресс	

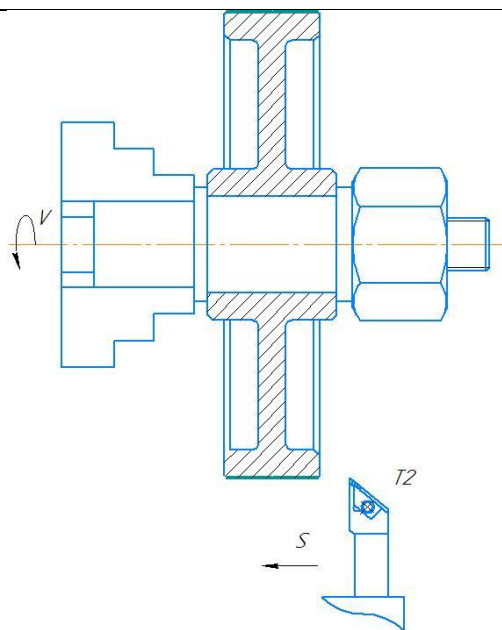
Токарно-
револьверная с ЧПУ

16K20T1.02



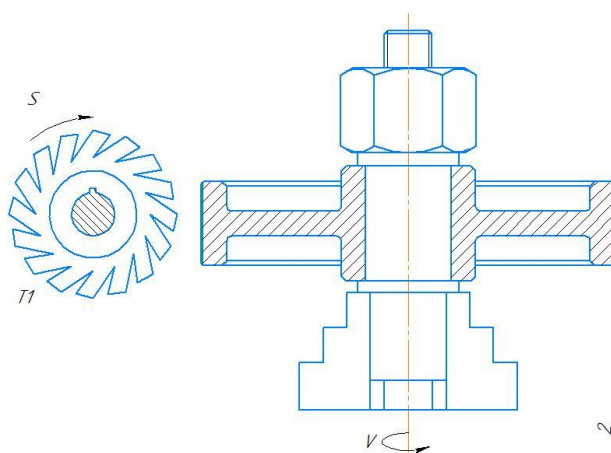
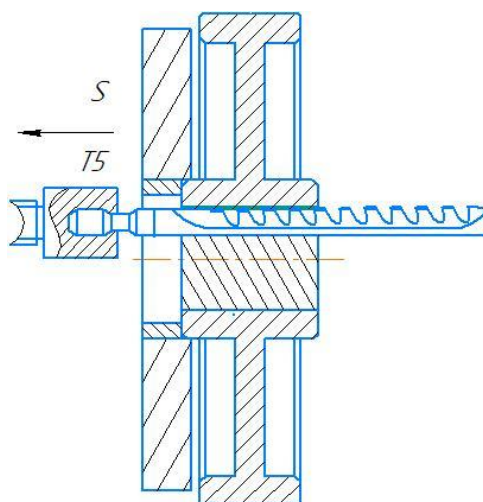
Токарно-
револьверная
ЧПУ

с 16K20T1.02



Токарно-
револьверная
ЧПУ

с 16K20T1.02



Протяжная	Горизонтально-протяжной станок 7Б56У	
Зубофрезерная с ЧПУ	Зубофрезерный полуавтомат 5К32А3	

5.11. Расчет припусков, межпереходных размеров и допусков

Размер $\varnothing 45H7$

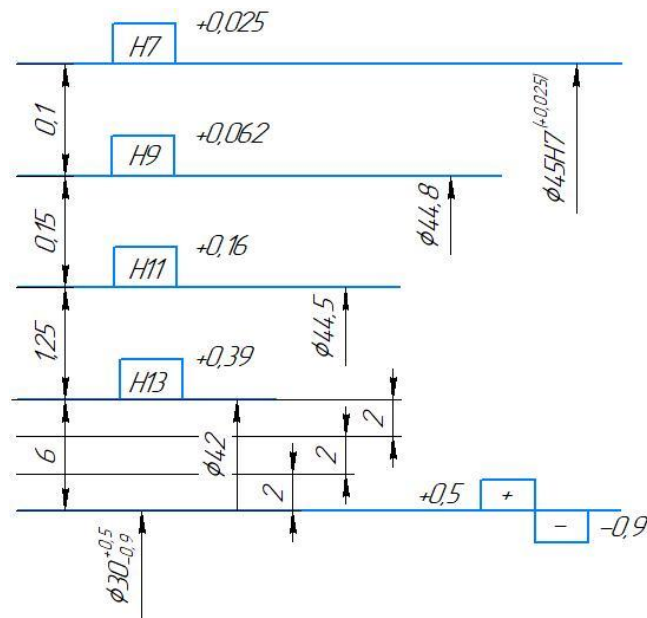


Рисунок 5.6 - Схема расположения припусков.

5.12. Уточнение оборудования

1. Станок токарно-револьверный 16K20T1.02

16K20T1.02 станок с бесступенчатой автоматической коробкой скоростей и автоматическим резцедержателем.

Таблица 5.4 - Технические характеристики 16K20T1.02

Наименование параметров	16K20T1.02
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм	500

продолжение таблицы 5.4

Наибольший диаметр изделия, обрабатываемой над станиной, мм	-
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над суппортом, мм	220
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в центрах, мм	1000
Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм	55
Наибольший ход суппорта поперечный, мм	210
Наибольший ход суппорта продольный, мм	905
Максимальная рекомендуемая скорость рабочей продольной подачи, мм/мин	2000
Максимальная рекомендуемая скорость рабочей поперечной подачи, мм/мин	1000
Количество управляемых координат	2
Количество одновременно управляемых координат	2
Точность позиционирования, мм	0,01
Повторяемость, мм	0,003
Диапазон частот вращения шпинделя, 1/об.	20...2500
Максимальная скорость быстрых продольных перемещений, м/мин	15
Максимальная скорость быстрых поперечных перемещений, м/мин	7,5
Количество позиций инструментальной головки	6
Мощность привода главного движения, кВт	11

Продолжение таблицы 5.4

Суммарная потребляемая мощность, кВт	21,4
Габаритные размеры станка, мм	3700x2260x1650
Масса станка (без транспортера стружкоудаления), кг	4000

2.Протяжной станок 7Б56У

Таблица 2.5. Технические характеристики 7Б56У

Наименование параметров	7Б56У
Класс точности станка по <u>ГОСТ 8-82</u> (Н, П, В, А, С)	Н
Номинальное тяговое усилие, кН	200
Длина хода рабочих салазок, мм	1250
Рабочая ширина стола, мм	450
Мощность, кВт	30
Габариты, мм	3866x1392x4555
Масса, кг	1144

3.Зубофрезерный станок 5К32А3 с ЧПУ

Таблица 2.6. Технические характеристики 5К32А3

Наименование параметров	
Наибольший диаметр обработки внешнего зацепления, мм	260
Максимальный модуль, мм	5

Продолжение таблицы 2.6

Наибольшая ширина зубчатого венца, мм	140
Максимальный эллиптический угол, град	$\pm 45 (90)^*$
Максимальная длина между центрами – стандартное исполнение, мм	200
Максимальная длина между центрами – специальное исполнение, мм	600
Максимальный диаметр хоба, мм	50
Максимальная длина хоба, мм	60
Максимальное перемещение хоба, мм	60
Внутренний конус шпинделя	NK 40
Расстояние от оси хоба до оси стола, мм	0 - 110
Скорость вращения шпинделя хоба (ось В), мин-1	20 - 2 000
Скорость вращения стола, мин-1	600
Скорость осевой подачи (ось Z), мм/мин	7,5
Скорость радиальной подачи (ось X), мм/мин	7,5
Потребляемая мощность станка, кВт	9,0
Масса станка, кг	3 000
Габариты станка, мм	2260x1650x2100

5.13. Выбор технологической оснастки

5.13.1. Выбор приспособлений

При обработке Данной детали на каждой операции применяют следующее приспособление

Таблица 5.7 - Выбор приспособлений

Наименование операции	Оборудование	Приспособление
Токарно-револьверная с ЧПУ	16K20T1	Оправка 7112-0851 d-36-40 ГОСТ 17528-72, Патрон D250 7100-0066 ГОСТ 2675-80
Протяжная	7Б56У	
Зубофрезерная с ЧПУ	5K32A3	Оправка 7112-0851 d-36-40 ГОСТ 17528-72

5.13.2. Уточнение режущего инструмента

Таблица 2.8. Выбор режущего инструмента

Наименование операции	Оборудование	Инструмент
Токарно-револьверная с ЧПУ	16K20T1.02	Резец 10x10 2136-0706 ГОСТ 18875-73, Резец расточной проходной ГОСТ 18875-78, Развертка машинная цил. D44,8H9 ГОСТ 1672-80, Развертка машинная цил. D45H7 ГОСТ 1672-80
Протяжная	7Б56У	Протяжка 14Js9 2405-1098 ГОСТ 18217-80
Зубофрезерная с ЧПУ	5K32A3	Фреза червячная D=80 m=4 ГОСТ 9324-60

5.14. Выбор СОТС

В данном технологическом процессе применяем специальную СОТС: Синатол-экт (эмульсол) ТУ0254-003-44994042-2008 используются в виде эмульсии в обработке резанием и давлением. Эмульсии на основе эмульсола «Синапал-экт»:

- просты в приготовлении
- стабильны при хранении и в работе
- не загрязняют оборудование и обрабатываемые детали
- легко утилизируются

Эмульсол используется в токарных, фрезерных и сверлильных операциях в заданном технологическом процессе.

5.15. Расчет режимов резания

Расчёт режимов резания при однократном точении наружной цилиндрической поверхности цилиндрического зубчатого колеса 216 мм;

заготовки = 220 мм;

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16K20T1;

Точить поверхность до , на длину 44 мм, Ra= 6.3мкм.

Число проходов $i=1$;

Инструмент: резец проходной с механическим креплением трёхгранной пластины твердого сплава Т5К10, размер державки резца 10×10, главный угол в плане $\varphi=93^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1=15^\circ$, передний угол $\gamma=12^\circ$;

Глубина резания $t=2$ мм;

Подача $S=0,4$ мм/об;

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v,$$

где согласно табличным значениям, для подачи не более 0.7 и с учетом материала режущей части резца Т5К10:

$$C_v=350$$

$$X=0.15$$

$$Y=0.35$$

$$m=0.2$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_1 v},$$

где: $K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ - поправочный коэффициент, учитывающий

влияние материала заготовки на скорость резания, где для стали 45:

$$\sigma_B = 800, n_v = 1, K_r = 1.$$

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{800} \right)^1 = 0.94;$$

$K_{nv} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние поверхности заготовки;

$K_{uv} = 0.65$ - коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента;

$K_{\varphi v}$ - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане;

$K_{\varphi_1 v}$ - коэффициент, учитывающий влияние вспомогательного угла в плане.

Для выбранного резца ($\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=15^\circ$):

$$K_{\varphi v} = 0.7;$$

$$K_{\varphi_1 v} = 0.87.$$

Следовательно: $K_v = 0.94 \cdot 1 \cdot 0.65 \cdot 0.7 \cdot 0.87 = 0.37$;

$$V = 54.9 \text{ м/мин}; \text{—————}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = 80,9 \text{ об/мин}; \text{—————}$$

16K20T1.02 станок с бесступенчатой автоматической коробкой скоростей, поэтому подбор скорректированных значений не требуется.

Проверка по мощности привода шпинделя станка.

Мощность, затрачиваемая на резание N_p , должна быть меньше или равна мощности на шпинделе $N_{шп}$:

$$N_p \leq N_{шп} = N_{\text{э}} \cdot \eta,$$

где $N_{\text{э}}$ – мощность электродвигателя токарного станка, кВт; $N_{\text{э}} = 22$ (кВт.),
 η – КПД привода токарного станка, $\eta = 0,85$.

Мощность резания определяется по формуле:

$$\text{—————},$$

где P_z – сила резания, Н.; v_{ϕ} – фактическая скорость резания, м/мин.

При наружном продольном точении тангенциальная сила резания будет:

$$,$$

где $K_{P_z} = K_{MP_z} \cdot K_{\varphi P_z} \cdot K_{\gamma P_z} \cdot K_{\lambda P_z}$,

для принятых условий обработки:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15.$$

где K_{mp} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

K_{φ} K_{γ} - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца из твёрдого сплава

$$K_{MPz} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{800}{750} \right)^{0.75} = 1.05$$

$$K_{\varphi} = 0.89;$$

$$K_{\gamma} = 1.25;$$

$$K_{\lambda} = 1.0$$

$$n=0.75.$$

$$K_{P_z} = 1.05 \cdot 0.89 \cdot 1.25 \cdot 1.0 = 1.17$$

$$P_z = 9.81 \cdot 300 \cdot 1.17 = 1899.4 \text{ Н}$$

Т.к по паспорту станка $N_d=22$ кВт, то при $n=0.75$ на шпинделе

$$N_{шп} = 22 \cdot 0.75 = 16.5 \text{ кВт}$$

Следовательно 1,7416,5 кВт, т.е обработка возможна.

Основное время T_o на изменение формы и размеров заготовки определяемо по формуле:

—,

где L — длина рабочего хода резца, мм.,

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 50 \text{ (мм)} ;$$

где l — длина обрабатываемой поверхности, мм, $l = 45$ мм; l_1 — величина пути врезания, мм, $l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0.5 \dots 2) = 2 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ + 2 = 4$ мм; l_2 — величина

перебега резца, мм, $l_2 = 1-3$ мм, принимаем $l_2 = 2$ мм; l_3 – величина пути для снятия пробных стружек, мм. В массовом производстве при работе на настроенных станках l_3 не учитывается; i – число рабочих ходов резца, $i = 2$.

Аналогичным образом производится расчёт режимов резания для отверстия Ø45H7

заготовки = 30 мм;

Оборудование: станок токарный с ЧПУ 16K30T1;

Точить поверхность до , на длину 60 мм, $Ra = 3.6$ мкм.

Число проходов при черновой обработке $i_{\text{чер}} = 3$;

Точить поверхность , до на длину 60 мм, $Ra = 2.5$ мкм.

Число проходов при полуступенчатой обработке $i_{\text{пч}} = 1$;

Инструмент: резец расточной, отогнутый с механическим креплением трёхгранной пластины твердого сплава Т5К10, размер державки резца 10×10 , главный угол в плане $\varphi = 93^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 15^\circ$, передний угол $\gamma = 12^\circ$;

Глубина резания $t_{\text{предв}} = 2$ мм; $t_{\text{оконч}} = 1,25$ мм;

Подача $S_{\text{предв}} = 0,8$ мм/об; $S_{\text{оконч}} = 0,3$ мм/об;

$i_{\text{предв}} = 3$; $i_{\text{оконч}} = 1$;

Развернуть отверстие H9 до H7;

Инструмент: Развертка машинная цил. D44,8H9 ГОСТ 1672-80, Развертка машинная цил. D45H7 ГОСТ 1672-80

Подача $S = 0,6$ мм/об;

$i_{\text{предв}} = 1$; $i_{\text{оконч}} = 1$;

Таблица 5.9 - Режимы резания при точении и протягивании.

Наименование поверхности	Порядок обработки	Режимы резания					
		t , мм	S , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	N , кВт	i
Торцевая поверхность Ø70	Однократное точение	2	0,6	29,3	207	0,4	1
Ø70	Однократное точение	3	0,4	65	250	1,9	1
Торцевая поверхность Ø216h12	Однократное точение	2	0,6	29,3	207	0,4	1
Ø216h12	Однократное точение	2	0,4	54,9	80,9	1,74	1
Ø190	Однократное расточивание	1	0,4	65	250	1,3	1
Отверстие Ø45H7	Предварительное расточивание	2	0,8	42	298	4,8	3
	Окончательное расточивание	1,25	0,3	191	269	1,4	1
	Развёртывание предварительное	0,15	0,6	29,3	217	0,1	1
	Развертывание окончательное	0,1	0,3	46,5	315	0,08	1
Фаски	Однократное точение	2	0,6	138	800	1,8	1
Шпоночный паз 14JS9	Протягивание	4,8	0,03	5	-	0,7	1

Расчет режимов резания для зубофрезерования наружной цилиндрической поверхности цилиндрического зубчатого колеса 216 мм;

На станке модели 5К32А3 обрабатывается зубчатое колесо модуля $m=4$, с наружным диаметром $D=216$ мм, числом зубьев $z=52$, шириной венца $b=44$ мм. Материал зубчатого колеса Сталь 45. Нарезание производится за один рабочий ход.

Принимаем червячную однозаходную фрезу из быстрорежущей стали с модулем $m=4$ мм, наружным диаметром $D=80$ мм, углом заточки по передней поверхности $\gamma=10^\circ$.

Станок 5К32А3 относится к 5 группе. Табличное значение подачи S_0 таб $=0,12 \dots 3,2$ мм/об. Принимаем подачу по станку $s_{0\text{ ст}}=0,12$ мм/об. дет.

Период стойкости фрезы $T=240$ мин

Скорость резания при нарезании зубчатых колес однозаходными червячными фрезами из быстрорежущей стали определяется эмпирической формулой:

$$V=C_v/(T^{0.25} \cdot S^{0.5} \cdot m^{0.25}) \text{ м/мин,}$$

где значение коэффициента $C_v=250$.

При подстановке значений в формулу получаем

$$V=250/(240^{0.25} \cdot 2,5^{0.5} \cdot 4^{0.25})=250/(3,93 \cdot 1,58 \cdot 1,41)=28,5 \text{ м/мин.}$$

$$\text{Расчетное число оборотов фрезы } n=(1000 \cdot 28,5)/(n \cdot 80)=113,57 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Корректированное число оборотов фрезы по станку } n_{\text{ст}}=115 \text{ мин}^{-1}.$$

Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по эмпирической зависимости:

$$N_3=(C_N \cdot V \cdot S^x \cdot m^y \cdot k)/(6120 \cdot k) \text{ кВт,}$$

где $C_N=24$; $V=28,5$ м/мин; $S=0,12$ мм/об. дет.; $x=0,75$; $m=4$; $y=1,0$.

K - число заходов фрезы ($K=1$); k -число рабочих ходов ($k=1$).

после подстановки получаем

$$N_3=(24 \cdot 28,5 \cdot 0,12^x \cdot 4^y \cdot 1)/(6120 \cdot 1)=24 \cdot 28,5 \cdot 0,48 \cdot 4/6120=1,1 \text{ кВт.}$$

Мощность привода станка на шпинделе $N_{\text{ст}}=5,6$ кВт.

Следовательно, обработка возможна.

Таблица 5.10 - Режимы резания при зубофрезеровании.

Наименование поверхности	Порядок обработки	Режимы резания					
		t , мм.	S , мм/об.	V , м/мин.	n , об/мин	N , кВт.	i
Зубья $m=4$, $z=52$	Фрезеровать зубья	-	0,12	28,5	115	1,1	1

5.16. Нормирование технического процесса

Сущность нормирования технологического процесса механической обработки детали сводится к определению технических норм времени, которые необходимы для выполнения каждой конкретной операции в нормальных производственных условиях, с наиболее экономным использованием всех средств производства. В машиностроительном производстве такой нормой времени является штучно – калькуляционное время, которое определяется по формуле:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{шт}$ – штучное время обработки детали;

t_o - основное время на операцию равное сумме основных времён на выполнение каждого конкретного перехода обработки поверхности;

$t_в$ - вспомогательное время;

$t_{обс}$ - время обслуживания рабочего места;

t_n - время на личные потребности;

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;

n - размер партии запуска. =1,7 мин.

Штучное время, затрачиваемое на данную операцию:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{пер}$$

где $T_{всп}$ – вспомогательное время, мин;

– время на установку и снятие детали– 5,7 мин;

– время на рабочий ход принимаем 0,9 мин;

– время на измерение детали принимаем 0,15 мин;

$$T_{\text{всп}} = 5,7 + 0,9 + 0,15 = 6,75 \text{ мин};$$

Оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{всп}} = 1,7 + 6,75 = 8,45 \text{ мин};$$

Время обслуживания рабочего места $T_{\text{обс}} = (3-8 \%) \cdot T_{\text{оп}};$

Время перерывов в работе $T_{\text{пер}} = (4-9 \%) \cdot T_{\text{оп}} \cdot T_{\text{обс}}$ и $T_{\text{пер}}$ принимаем по 4% от времени оперативного.

$$T_{\text{шт}} = 1,7 + 6,75 + 0,3 + 0,3 = 9,05 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{из}} = 38 \text{ мин};$$

$$n = 125 \text{ шт};$$

$$T_{\text{шт.к}} = 9,05 \text{ мин};$$

Вычисления на следующие операции производится аналогично: по тем же источникам и формулам и сводится в таблицу 5.11

Таблица 5.11 - Нормирование технического процесса

Операция	,мин	$T_{\text{всп}}$ мин.	$T_{\text{об}}$ %	$T_{\text{пер}}$ %	$T_{\text{из}}$ мин.	n, шт.	$T_{\text{шт.к}}$ мин.
Токарно-револьверная с ЧПУ Установ А	1,68	5,55	4	4	38	125	9,05
Токарно-револьверная с ЧПУ Установ Б	1,89	5,7			38		9,1
Горизонтально- протяжная	7,8	3,78			17		13
Зубофрезерная с ЧПУ	25,4	4,25			33		32,1

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 [19].

Самое дорогое, что есть у каждого человека - это его жизнь и здоровье, которые неподвластны деньгам и другим богатствам. Благодаря этому охрана труда является важнейшей частью любой отрасли деятельности. Поэтому грамотная и разумная организация охраны труда является предпосылкой к уменьшению возможных рисков. Ни для кого не секрет, что сельское хозяйство является одной из самых травмоопасных отраслей экономики, и агропромышленный комплекс Республики Татарстан не исключение [24,25].

Каждый год, более половины всех несчастных случаев со смертельным исходом происходят в организациях и хозяйствах являющихся собственностью инвесторов [24], которые изначально заботятся только о вложении своих денежных средств на развитие той или иной сферы аграрного бизнеса, потому что в первую очередь их беспокоит вопрос о получении прибыли и мало заботятся о условиях труда работников, выделяя на это незначительные средства, даже не задумываясь о том, что именно простые рабочие приносят конечный результат в процессе производства сельскохозяйственной продукции.

Также значительные пробелы имеются в такой области охраны труда как регулярное обучение и проведение инструктажей [24,25], так как зачастую в организациях отсутствуют специалисты по охране труда. В хозяйствах так же используются средства индивидуальной и коллективной защиты не отвечающие требованиям охраны труда.

Нередко встречается такое явления, как сокрытие несчастного случая [25,26], допускаются грубые нарушения при рассмотрении несчастных случаев, во многих случаях не издаются приказы о формировании комиссии по расследованию случившегося.

Подводя итоги вышесказанному необходимо отметить острую необходимость в обеспечении контроля за соблюдением о проведении всех необходимых мероприятий по охране труда предприятиями создавая комиссии на уровне местного самоуправления и на республиканском уровне. Так же необходимо пересмотреть и ужесточить меры по привлечению руководителей предприятий к ответственности, в случаях обнаружения на предприятии грубых нарушений связанных с наличием опасных для работы факторов.

6.1.1 Безопасность в конструкции масляного насоса ДВС

6.1.1.1 Обеспечение безопасности в конструкции

Конструкции и расположение резервуара для рабочей жидкости, насоса высокого давления и трубопроводов исключает попадание масла на оператора. Также их расположение исключает соприкосновения с подвижными частями двигателя, что предотвращает преждевременный выход из строя узлов системы.

Любое техническое обслуживание и ремонт должны выполняться квалифицированным обслуживающим персоналом в мастерских, имеющих соответствующее оборудование и оснастку.

6.1.1.2 Инструкция и техника безопасности при монтаже, демонтаже и обслуживании масляного насоса

2.1 К работе допускаются квалифицированные специалисты, которые ознакомились с устройством и принципом работы масляного насоса.

2.2 Перед установкой необходимо убедиться в совместимости рабочих органов устройства.

2.3 Перед началом установки необходимо принять необходимые меры по предотвращению скатывания автомобиля установив стояночный тормоз в рабочее положение и подставив под колеса башмаки.

2.4 При установке масляного насоса на двигатель, к нему должны быть присоединены рабочие патрубки.

2.5 После монтажа всех масляного насоса на место, производится установка резервуара и насоса, при этом двигатель не должен работать.

2.6 Следующим шагом является проведение патрубков соединяющих рабочие органы. Они не должны соприкасаться с движущимися узлами и находиться вблизи нагреваемых элементов.

2.7 Установка и подключение электрооборудования к питанию производится при выключенном двигателе для избежания поражения электрическим током.

2.8 В резервуар заливается жидкость соблюдением мер по исключению попадания грязи и пыли в резервуар.

2.9 Демонтаж проводится в обратной последовательностью с соблюдением всех правил техники безопасности.

2.10 Для снятия на ремонт теплообменника, при выключенном двигателе отсоединяются патрубки, которые закрываются защитными колпачками. Далее производится демонтаж масляного насоса.

6.1.1.3 Инструкция и техника безопасности при стендовых испытаниях

3.1 Проверить исправность стенда, включив его в работу на холостом ходу. Убедиться в наличии заземления.

3.2 Перед началом испытания необходимо убедиться в отсутствии на поверхности масляного насоса деформаций, повреждений, изгибов и так далее.

3.3 Проверить состояние патрубков и убедиться в отсутствии повреждений и изгибов закрывающих подачу жидкости.

3.4 Закрепить теплообменника на стенде, подсоединить патрубки.

3.5 Испытание проводить только за защитным экраном.

3.6 После проведения испытания выключить питание стенда. Произвести демонтаж теплообменника в обратном порядке.

3.7 Для возможности остановки испытания при возникновении непредвиденных ситуаций должно быть наличие рубильника аварийного выключения питания.

6.1.2 Инструкция по охране труда при эксплуатации автомобиля

6.1.2.1 Общие требования безопасности

1.1 К управлению и обслуживанию автомобилем допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальную подготовку и получившие в установленном порядке удостоверение на право управления.

1.2 Все устраивающиеся на работу работники, независимо от предыдущего трудового стажа и вида работ, допускаются к работе только после прохождения медицинского осмотра, вводного и первичного (на рабочем месте) инструктажей с росписью в журнале регистрации проводимых инструктажей по охране труда. В дальнейшем рабочие проходят повторные инструктажи и проверку знаний по охране труда не реже одного раза в три месяца и периодические медицинские осмотры в соответствии с приказом Минздрава РФ.

1.3 Закрепление лиц за определенной машиной должно оформляться приказом.

1.4 Автомобилист должен знать Правила внутреннего распорядка предприятия и точно их выполнять.

1.5 Автомобилист должен работать в спецодежде, спецобуви, которую ему выдает руководитель.

1.6 При движении по дорогам общего пользования и лесовозным дорогам необходимо придерживаться "Правил дорожного движения" Российской Федерации.

1.7 В процессе производственной деятельности на водителей влияют следующие опасные и вредные факторы:

- движущиеся машины и механизмы;
- горячая вода и пар;
- газы и другие токсичные вещества;
- легковоспламеняющиеся вещества;
- этилированный бензин;
- падение водителя из-за неосторожности при выходе из кабины;
- скользкие поверхности.

1.8 Машинист должен соблюдать личную гигиену. Не должен употреблять спиртные напитки до начала и во время работы. Не должен курить на рабочем месте. Не должен принимать пищу на рабочем месте.

1.9 Машинист должен знать сигналы оповещения о пожаре, знать правила поведения, знать место расположения средств для тушения пожара и уметь ими пользоваться. Запрещается использовать пожарный инвентарь для иных целей. В автомобиле обязательно должен быть исправный огнетушитель.

1.10 При выявлении неисправностей машины, оборудования, приспособлений и инструмента водителю необходимо сообщить о происшествии руководству предприятия в соответствии с установленным в организации порядком.

1.11 При возникновении несчастного случая, если потерпевший сам или с посторонней помощью не может дойти в лечебное учреждение (потеря сознания, поражение электрическим током, тяжелые ранения и переломы), водитель обязан доложить руководителю хозяйства, который обязан организовать доставку потерпевшего в лечебное учреждение. До прихода в лечебное учреждение оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

1.12 Водитель, допустивший нарушение требований инструкций по охране труда, может быть привлечен к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего распорядка организации, а если эти нарушения связаны с нанесением материального ущерба организации, работник несет и материальную ответственность в установленном порядке.

6.1.2.2 Требования безопасности перед началом работы

2.1 Перед началом работы, обязан проверить техническую исправность узлов, к которым закреплен за ним:

- провести внешний осмотр, убедиться в отсутствии подтеканий топлива, воды, масла и амортизационной жидкости, утечек воздуха из тормозной системы. Обнаруженные дефекты устранить;
- проверить уровень технических жидкостей, при необходимости дозаправить;
- проверить ходовую часть и измерить давления в шинах.
- лобовое стекло и зеркала заднего вида должны быть чистыми.

2.2 Одеть рабочую спецодежду и средства индивидуальной защиты в предусмотренном порядке.

2.3 Следует проверить наличие и исправность комплекта инструментов в тракторе; инструмент следует содержать в специальном ящике или сумке для его хранения; необходимо убедиться в наличии набора первой помощи и средств пожаротушения.

2.4 Запустить двигатель и прогреть до рабочей температуры в 70-80 градусов и проверить:

- проверить работу гидроусилителя руля;
- проверить работу тормозной системы после наполнения ресиверов до необходимого давления;
- проверить работу контрольно-измерительных приборов;

-убедиться в исправности световых и звуковых сигналов и стеклоочистителей.

2.5 Перед каждым входом в кабину водитель должен очистить обувь от грязи для предотвращения падения с подножки и соскальзывания ног с педалей управления.

2.6 Перед началом движения водитель должен убедиться в отсутствии вблизи машины людей и на пути движения, а перед тем как тронуться должен подать предупредительный сигнал и после этого начинать движение.

6.1.2.3 Требования безопасности во время работы

3.1 Подавая задним ходом, необходимо двигаться на минимальной скорости, и быть в готовом остановить в любой момент.

3.2 При движении запрещается сходить или подниматься в машину; запрещается так же нахождение людей на них.

3.3 Запрещается перевозка людей в прицепах и полуприцепах

3.4 Передавать управление лицам, не закрепленным за данным, запрещается.

6.1.2.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях

4.1 При появлении от приборов сигнала о недостаточном давлении масла в двигателе или повышенной температуре охлаждающей жидкости, нужно сразу же остановить машину и выключить двигатель. Далее принять меры по устранению данных неисправностей, выставив перед этим знак аварийной остановки.

4.2 При возникновении возгорания следует его немедленно остановить; следует накрыть бак и отсоединить аккумуляторную батарею; затем приступить к тушению загорания огнетушителем, песком, землей и чем либо еще, позволяющим закрыть очаг возгорания.

4.3 При дорожно-транспортном происшествии вызвавший несчастный случай, обязан:

- без промедления остановиться и не трогать с места автомобиль, а также другие предметы, имеющие отношение к эпизоду;

- немедленно должен сообщить о произошедшем в органы ГАИ и руководству предприятия;

- оказать пострадавшему первую медицинскую помощь и при необходимости вызвать скорую помощь;

- проследить за сохранностью обстановки происшествия до приезда инспектора ГАИ; если произошедшее мешает проезду других транспортных средств, необходимо зафиксировать место остановки автомобиля и все детали имеющие отношение к случившемуся.

4.4 Должен уметь оказывать первую помощь. Такая помощь оказывается сразу, прямо на месте происшествия и в следующей последовательности: сначала нужно устранить источник травмирования. Оказание помощи необходимо начинать с самого главного, что угрожает здоровью или жизни человека. После оказания первой помощи пострадавшего необходимо направить в ближайшее лечебное учреждение.

4.5 Записать фамилии и адреса очевидцев происшествия и ожидать прибытия комиссии по расследованию ДТП, служащих ГИБДД и следственных органов.

6.1.2.5 Требования безопасности после окончания работы

5.1 Привести в порядок трактор; очистить кузов от остатков грязи.

5.2 Провести осмотр и при обнаружении неисправностей составить смену на проведение ремонта и поставить руководство в известность, сообщить механику.

5.3 Сообщить механику о всех замечаниях в работе весь рабочий день;

5.4 Трактор необходимо поставить на специально отведенное для это место.

5.5 По окончании работы передает сменяющему или старшему по участку.

5.6 Снять спец одежду и убрать в шкаф, вымыть руки и лицо, при необходимости принять душ.

5.7 Поставить в известность старшего по участку об окончании рабочей смены.

6.1.4 Расчет заземления при испытании масляного насоса

После изготовления масляного насоса необходимо испытать его на стенде. При этом рабочий ток испытательного стенда доходит до 16 А, а значит необходимо обеспечить заземление испытательных стендов.

В качестве искусственного заземления будем использовать стальные прутья диаметром и длиной . Для связи вертикальных электродов и в качестве независимого горизонтального электрода, применяем полосовую сталь сечением 4х12 мм.8 мм³ м

Сопротивление растеканию тока с одиночного вертикального заземлителя находится по следующему выражению:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \left(\lg \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \lg \left(\frac{4t + l}{4t - l} \right) \right) \quad (6.1)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Омм (;

l – длина заземлителя, м;

d – диаметр заземлителя, м;

t – глубина заложения половины заземлителя, м;

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{35}{3} \left(\lg \left(\frac{2 \cdot 3}{0,008} \right) + 0,5 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot 1 + 3}{4 \cdot 1 - 3} \right) \right) = 12,27 \text{ Ом}$$

Количество заземлителей определяется по формуле:

$$\text{—(6.2)}$$

где R_3 – общее сопротивление протеканию тока с контура, (= 4...4,4 Ом);

h - коэффициент применения вертикальных заземлителей без учета влияния соединительной полосы ($h = 0,75$);

$$n = \frac{12,27}{4,2 \cdot 0,75} = 3.89$$

Принимаем $n = 4$ шт.

Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — ситуация на определенной территории или акватории, сформировавшаяся в следствии 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, существенные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [20]. Под источником ЧС предполагается опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко разнесенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение новых средств поражения, в следствии чего произошла или может произойти ЧС.

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

В районе ЧС проходят аварийно-спасательные и другие экстренные работы (АСДНР) — совокупность наиболее важных работ в районе ЧС, направленных на спасение жизней и сохранение здоровья людей, уменьшение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных утрат, а также на локализацию зон ЧС и прекращение действия их поражающих факторов [21].

Своевременное перемещение невоенизированных формирований в зону ведения работ может быть достигнуто только при необходимом транспортном

обеспечении. Силами транспортного обеспечения являются в том числе предприятия агропромышленного комплекса.

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.

Трактора могут применяться для эвакуации людей. Также трактора могут использоваться для помощи в устранении ЧС, для перевозки воды и других необходимых средств и оборудования [27].

После проведения работ необходимо произвести технико-лабораторный контроль техники, обследование людей для выявления дозы облучения от радиоактивных веществ, выявления присутствия отравляющих веществ и сильно действующих ядовитых веществ, произвести дезактивацию техники. Во время проведения работ водителям обязательно выдавать средства индивидуальной защиты и регламентировать время пребывания в районе проведения работ.

Предлагаемая конструктивная разработка – теплообменника – позволит улучшить характеристики использования ДВС. Это позволит лучше приспособливать трактор к выполнению необходимых мероприятий по ликвидации результатов ЧС за счет возможности осуществлять большие объемы работы за меньшие сроки времени, что благоприятно скажется на сроках устранения последствий ЧС и интенсивности ведения работ.

7 Охрана окружающей среды

7.1 Анализ влияния автотранспортного парка агропромышленного комплекса республики Татарстан на состояние окружающей среды

По уровню социально-экономического развития Республика Татарстан входит в группу российских регионов с высоким уровнем развития. В связи с этим качество окружающей среды в регионе во многом определяется наличием предприятий и развитием промышленной отрасли, во многом определяющих уровень развития экономики.

Таблица 7.1 –Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу,
тыс.т.

Отрасль промышленности	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сельское хозяйство	2,3	2,8	3,3	3,7
Топливная	145,8	139,3	144,4	152,3
Химическая	46,6	44,0	41,1	41,7
Теплоэнергетика	39,4	41,8	34,7	38,7
Машиностроение	14,8	9,4	14,8	12,8

По данным таблицы 7.1 видно, что агропромышленный комплекс Республики Татарстан оказывает значительно меньшее влияние на загрязнение атмосферного воздуха. Но все же учитывая небольшую тенденцию к росту выбросов от сельского хозяйства, можно предположить, что это связано с ростом энергозатрат на увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции, сопровождающееся увеличением выхлопных газов от мобильной сельскохозяйственной техники, а так же грузового автотранспорта.

Свою лепту сельское хозяйство больше вносит в другой природный ресурс – подземные воды. Так например по данным на 2019 год к основным причинам загрязнения поверхностных вод относится: (32,4%) связано с нерациональным водоотбором и (28,5%) воздействием объектов сельскохозяйственной отрасли. 22,4% очагов загрязнения связаны с деятельностью объектов занятых коммунальной сферой, на долю же промышленных предприятий приходится 15,4% очагов [22]. Такое большое влияние деятельности сельского хозяйства на

качество подземных вод обусловлено прежде всего внесением минеральных удобрений и обработкой растений пестицидами и другими химикатами в больших объемах.

Что касается земельного фонда, наблюдается увеличение плотности у почв легкого механического состава в слое 10-40 см. В сильно уплотненной почве нарушаются микробиологические процессы, в почвенном воздухе недостаточно кислорода, накапливаются вредные для корней растений соединения, ухудшающие плодородие почв.

7.2 Предлагаемые мероприятия по защите 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 быть предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному применению и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности [18].

Деятельность различных предприятий должна выполняться в соответствии с «Системой стандартов в сфере охраны природы и улучшения использования природных ресурсов», которая содержит 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 . № 5–ЗРТ с изменениями от 12.05.2010 (Закон РТ № 20-ЗРТ «О внесении изменений в Экологический кодекс РТ от 15 января . № 5–ЗРТ»).2009 г2009 г

Для выполнения условий законодательства в сфере охраны окружающей среды необходимо особенно тщательно следить за техническим состоянием мобильных машин в АПК. Следить за герметичностью масло- и топливопроводов, состоянием топливной аппаратуры, правильными установками углов опережения зажигания. Необходимо уделять внимание комплектованию МТА, поскольку это в конечном итоге влияет на уплотнение почвы и изменение ее структуры. Необходимо вовремя очищать и заменять все

фильтрующие элементы на машинах. Отработанные технические жидкости утилизировать согласно действующему законодательству.

Предлагаемая в работе конструкция – гидравлического амортизатора с регулируемыми характеристиками – позволит несколько снизить расход топлива мобильными машинами за счет сокращения времени езды по плохим дорогам на низших передачах, что приведет к сокращению времени пути, а следовательно к сокращению общего расхода, и в конечном итоге – к сокращению выбросов в атмосферу.

5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО ТЕХНИКО– ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

5.1 Экономическое обоснование технологии применения насоса переменной производительности

Суммарная экономическая эффективность от применения нового устройства складывается из снижения энергоемкости процесса, экономии труда, повышения качества его работы и др.

Разными авторами представлены различные данные о потребности таких устройств и об их экономической эффективности. Однако во всех случаях разумное применение устройств дает существенный экономический эффект.

В этом разделе определяются, показатели экономической эффективности проектирования пункта технического обслуживания машин, в ООО Агрофирма «Арча» Арского района Республики Татарстан, а также дается технико-экономическая оценка конструктивной разработки с внедрением его в этом же хозяйстве.

5.2 Экономическое обоснование конструкции насоса переменной производительности.

В качестве базы для сравнения выбрана конструкция по авторскому свидетельству № .

5.2.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле [7]:

$$G_k = (G_c + G_r) \cdot K, \quad (5.1)$$

где G_c – 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 (для расчетов принимается $K=1,05 \dots 1,15$).

Таблица 5.1 – Расчет массы сконструированных деталей

Наименование деталей	Объем детали, см ³	Кол-во, шт	Масса, кг
Корпус	431	1	1,39
Крышка	148	1	1,2
Втулка	37	1	0,29
Ротор	558	1	1,38
Пластина	9	4	0,28
Пружина	1,2	8	0,032
Всего	1184,2	16	2,57

$$G_k = (2,57 + 0,13) \cdot 1,15 = 4,12 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость проектируемой установки определяется по формуле [7]:

$$C_6 = [G_k (C_z \cdot E + C_m) + C_{pd}] \cdot K_{нац}, \quad (5.2)$$

где G_k – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

C_z – издержки производства приходящиеся на 1 кг массы конструкции, руб/кг;

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска;

C_m – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб/кг;

C_{pd} – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб;

$K_{нац}$ – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости конструкции ($K_{нац}=1,15 \dots 1,5$).

$$C_6 = [4,57 \cdot (0,75 \cdot 1,8 + 12) + 7000] \cdot 1,5 = 10691,6 \text{ руб.}$$

5.3 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

5.3.1 Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

Таблица 5.2 – Исходные данные, сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемый	Базовый
Масса конструкции, кг	4,12	5
Балансовая стоимость, руб.	10691,6	13000
Потребная мощность, кВт	0,4	0,5
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб/ч.	120	120
Норма амортизации, %	20	20
Норма затрат на ремонт ТОО, %	5	5
Годовая загрузка конструкции, ч	2240	2240

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции, и дается их сравнение.

Часовая производительность конструкции определяется по формуле [7]:

—

где t – коэффициент использования рабочего времени смены ($t=0,6\dots0,9$);

– время одного рабочего цикла, мин.

Время одного рабочего цикла находится из выражения:

$$T_{ц} = \frac{1}{n} \cdot T_{ср} \cdot k, \quad (5.4)$$

где $T_{ср}$ – время срабатывания, с.;

n – среднее количество включений ($n=120$).

$$T_{ср} = 1,5 \cdot 120 = 180 \text{ сек} = 3 \text{ мин.};$$

$$T_{ц} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ сек} = 4 \text{ мин.};$$

$$W_q^n = \frac{60 \cdot 0,9}{3} = 18_{мин} = 0,3_{час}$$

$$W_q^{\delta} = \frac{60 \cdot 0,9}{4} = 13,5_{мин} = 0,225_{час}$$

Как видно из расчета величины , в результате работы проектируемого стояночного тормозного привода – за 120 включений его время работы составляет 0,3 часа.

Энергоемкость процесса определяется из выражения [7]:

$$\mathfrak{Z}_e = \frac{N_e}{W_q}, \quad (5.5)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

– время работы масляного насоса, час.

$$\mathfrak{Z}_e^n = \frac{0,4}{0,3} = 1,23_{кВт / ед.};$$

$$\mathfrak{Z}_e^{\delta} = \frac{0,5}{0,225} = 2,34_{кВт / ед.}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_q \times T_{год} \times T_{сл}}, \quad (5.6)$$

где G – масса конструкции, кг;

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

$T_{сл}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^n = \frac{4,12}{0,3 \cdot 2240 \cdot 5} = 0,0025_{кг / ед.},$$

$$M_e^{\delta} = \frac{5}{0,225 \cdot 2240 \cdot 5} = 0,0035_{кг / ед.}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле [7]:

$$F_e = \frac{C_{\delta}}{W_q \cdot T_{год}}, \quad (5.7)$$

где C_{δ} – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^n = \frac{10691,6}{0,3 \cdot 2240} = 15,8_{руб / ед.}$$

$$F_e^{\delta} = \frac{13000}{0,225 \cdot 2240} = 25,6_{руб / ед.}$$

Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q}, \quad (5.8)$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_e^n = \frac{1}{0,3} = 4,37 \text{ чел.час / ед.}$$

$$T_e^6 = \frac{1}{0,225} = 5,23 \text{ чел.час / ед.}$$

Себестоимость работ определяется по формуле:

$$S = C_{зп} + C_{э} + C_{пто} + A, \quad (5.9)$$

Затраты на заработную плату определяем по формуле:

$$= , \quad (5.10)$$

где – средняя часовая тарифная ставка, руб/час.

$$C_{зп}^n = 120 \cdot 3,33 = 399 \text{ руб./ед.},$$

$$C_{зп}^6 = 120 \cdot 4,44 = 532,8 \text{ руб./ед.},$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле [7]:

$$C_{э} = C_{э} \cdot Э_e, \quad (5.11)$$

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

$$C_{э}^n = 3,95 \cdot 1,33 = 4,92 \text{ руб/ед.};$$

$$C_{э}^6 = 3,95 \cdot 2,22 = 8,55 \text{ руб/ед.};$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/ед:

$$C_{пто} = \frac{C_{б} \cdot H_{пто}}{100 \cdot W_q \cdot T_{год}}, \quad (5.12)$$

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

$$C_{пто}^n = \frac{10691,6 \cdot 5}{100 \cdot 0,3 \cdot 2240} = 0,79 \text{ руб / ед.};$$

$$C_{пто}^6 = \frac{13000 \cdot 5}{100 \cdot 0,225 \cdot 2240} = 1,29 \text{ руб / ед.};$$

Амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_{\delta} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (5.13)$$

где a – норма амортизации, %;

$$A_n = \frac{10691,6 \cdot 20}{100 \cdot 0,3 \cdot 2240} = 3,18 \text{ руб / ед};$$

$$A_{\delta} = \frac{13000 \cdot 20}{100 \cdot 0,225 \cdot 2240} = 5,16 \text{ руб / ед};$$

Себестоимость работы определяется по формуле (6.9):

$$S_{\Pi} = 399 + 4,92 + 0,79 + 3,18 = 406,89 \text{ руб/ед};$$

$$S_{\delta} = 532,8 + 8,55 + 1,29 + 5,16 = 545,8 \text{ руб/ед}.$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}}, \quad (5.14)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

($E_{\text{н}} = 0,15$);

$F_{\text{е}}$ – фондоемкость процесса, руб/ед;

$$C_{\text{прив}}^n = 406,89 + 0,15 \cdot 15,9 = 409,28 \text{ руб / ед};$$

$$C_{\text{прив}}^{\delta} = 545,8 + 0,15 \cdot 25,8 = 549,67 \text{ руб / ед}.$$

Годовая экономия определяется по формуле [7]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = S_{\delta} - S_{\Pi} \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (5.15)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 545,8 - 406,89 \cdot 0,3 \cdot 2240 = 75147,57 \text{ руб}.$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$=, \quad (5.16)$$

где – дополнительные капитальные вложения, руб.

$$E_{\text{год.эф.}} = 75147,57 - 0,15 \cdot 15,9 = 73345,14$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется из выражения:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{бп}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (5.17)$$

где $C_{\text{бп}}$ – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{10691,6}{75147,57} = 0,15 \text{ года}.$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется из выражения:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{бн}} ; \quad (5.18)$$

$$E_{эф} = \frac{93347,52}{10691,6} = 8,7 .$$

Таблица 5.3 – Сравнительные технико-экономические показатели
эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Проект	Базовый	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, вкл/ч.	0,3	0,225	133
2	Фондоемкость процесса, руб/ед	15,8	23,6	61
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	1,23	2,34	60
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	0,0025	0,0035	75
5	Трудоемкость процесса, чел.час/ед	4,37	5,23	75
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб/ед	406,89	545,8	75
7	Уровень приведенных затрат, руб/ед	409,28	549,67	74
8	Годовая экономия, руб.	75147,57	-	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	73345,14	-	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,15	-	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	8,7	-	-

Общие выводы

1. Высокая эффективность используемой техники определяется не только ее техническим состоянием, но и перспективной конструктивной схемой.
2. Применение масляного насоса переменной производительности позволяет сэкономить до 30% потерь мощности на его привод.
3. При проектировании масляного насоса переменной производительности были проанализированы основные достоинства и недостатки существующих конструкций, определена схема конструкции и его основные параметры.
4. Произведены необходимые конструктивные расчеты, составлен сборочный чертеж конструкции и рабочие чертежи деталей.
5. Произведены расчеты технико-экономических показателей, из которых видно, что внедрение данной конструкции дает годовой экономический эффект на единицу изделия 73345 рублей, а срок окупаемости составляет 0,15 года.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
						Детали		
		A4	1		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.01	Вал	1	
		A4	2		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.02	Вспомогательная шайба	1	
		A1	3		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.03	Корпус	1	
		A4	4		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.04	Крышка	1	
		A4	5		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.05	Пластика	7	
		A4	6		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.06	Статор	1	
		A4	7		ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.07	Шестерня	1	
						Стандартные изделия		
			8			Болт 2М-8dX30 ГОСТ15589-70	7	
			9			Бронзовая втулка ВР М80 ТРР202318	1	
			10			Бронзовая втулка ВР М80 ТРР151715	1	
			11			Пружина проволока ГОСТ 9389	1	
			12			Регулировочный болт М10Х1-6Х22 ГОСТ 7808-70	1	
			13			Регулиров.шайба ГОСТ 11371	1	
			14			Резинов.уплотнитель ГОСТ 14896	2	
					ВКР 23.05.01.028.20.МС.00.00.00.СП			
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб.		Болясников С.А.						
Пров.		Халиуллин Ф.Х.						
Н.контр.		Халиуллин Ф.Х.						
Утв.		Хафизов Р.Н.						
СПЕЦИФИКАЦИЯ						Лит.	Лист	Листов
							1	2
						КГАУ каф. ТАиЗУ		

Копировал

Формат А4

