

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
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 трактора тягового класса 1,4 с разработкой системы охлаждения двигателя»

Шифр ВКР.23.05.01.649.20.СО.00.00.00.ПЗ

Студент	<u>С 262-12 у.</u>	<u>Фатых</u> подпись	Фатыхов А.Р. Ф.И.О.
Руководитель	доцент ученое звание	<u>Усенков</u> подпись	Усенков Р.А. Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(Протокол №7 от 6.02.2020 г.)

Зав. кафедрой	д.т.н., профессор ученое звание	<u>Хафизов</u> подпись	Хафизов К.А. Ф.И.О.
---------------	------------------------------------	---------------------------	------------------------

Казань – 2020 г.

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на \_\_\_ листах машинописного текста формата А4 и графической части на \_\_\_ листах формата А1.

Записка состоит из введения, 8 разделов, выводов и включает 26 рисунков и 17 таблиц и приложения. Список использованной литературы включает 11 наименований.

В первом разделе дан анализ состояния вопроса, приведены сведения об общем состоянии тракторного парка АПК республики Татарстан, а также о его возрастном составе.

Во втором разделе проведен анализ существующих конструкций, рассмотрены перспективные схемы и предложена проектируемая конструкция.

В третьем разделе произведен конструкторский расчет системы охлаждения.

В четвертом разделе производится расчет характеристик двигателя и самого трактора.

В пятом разделе проработаны вопросы технологии изготовления детали, определены режимные параметры.

В шестом разделе дан общий обзор состояния охраны труда, рассмотрены правила по технике безопасности.

В седьмом разделе приводится оценка влияния на окружающую среду, а также разработаны мероприятия по защите окружающей среды.

В восьмом разделе дано экономическое обоснование конструкции. Подсчитан экономический эффект от внедрения конструкции и рассчитан срок окупаемости.

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы.

## ANNOTATION

The final qualification work consists of an explanatory note on \_\_\_ sheets of typewritten text in A4 format and a graphic part on 9 sheets of A1 format.

The note consists of introduction, 8 sections, conclusions and includes 26 figures and 17 tables and applications. The list of used literature includes 11 items.

The first section gives an analysis of the status of the issue, provides information about the general condition of the tractor fleet of the agro-industrial complex of the Republic of Tatarstan, as well as its age composition.

In the second section, an analysis of existing structures is carried out, promising schemes are considered, and a design is proposed.

In the third section, the design calculation of the cooling system is made.

The fourth section calculates the characteristics of the engine and the tractor itself.

In the fifth section, questions of the manufacturing technology of the part are worked out, mode parameters are determined.

In the sixth section, a general overview of the state of labor protection is given, safety rules are considered.

The seventh section provides an assessment of the environmental impact, as well as measures to protect the environment.

The eighth section provides an economic justification for the design. The economic effect of the implementation of the design is calculated and the payback period is calculated.

The note concludes with general conclusions.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ВОПРОСА.....	
2 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	
2.1 Конструктивный обзор устройств регулирования системы охлаждения.....	
3.КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	
3.1 Обоснование необходимости разработки.....	
3.2 Процесс регулирования производительности.....	
3.3 Схема электрическая принципиальная.....	
3.4 Расчет режима насоса на максимальной производительности.....	
4 РАСЧЕТ ТРАКТОРА.....	
4.1 Тракторы тягового класса 1.4.....	
4.2 Тепловой расчет двигателя трактора.....	
4.2.1 Параметры рабочего тела.....	
4.2.2 Параметры окружающей среды и остаточные газы.....	
4.2.3 Процесс впуска.....	
4.2.4 Процесс сжатия и сгорания.....	
4.2.5Процесс расширения и выпуска.....	
4.2.6 Индикаторные параметры рабочего цикла.....	
4.2.7Эффективные показатели двигателя.....	
4.2.8 Основные параметры цилиндра и двигателя.....	
4.2.9 Тепловой баланс.....	
4.3 Расчет потенциальной характеристики трактора.....	
5 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	
5.1 Анализ исходных данных.....	
5.2Перечень операций технологического процесса.....	
5.3 Нормирование 1-й токарной операции.....	

5.4 Нормирование 2. фрезерной операции.....	
5.5 Нормирование 4 кругло-шлифовальной операции.....	
6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	
6.1 Безопасность жизнедеятельности на производстве.....	
6.2 Вредные факторы производства.....	
6.3 Пожарная безопасность.....	
6.4 Физическая культура на производстве.....	
7. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	
8. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТЫ.....	
8.1 Экономическое обоснование технологии применения конструкции	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	

## ВВЕДЕНИЕ

Современные требования к автомобильным двигателям выдвигают жесткие требования по всему комплексу технико-экономических параметров, таких как мощность, экономичность, надежность и долговечность. Особо жесткие требования выдвигаются к экологическим показателям ДВС. В то же время очевидно влияние выбора оптимального температурного состояния двигателя для каждого эксплуатационного режима для достижения требуемых параметров. При этом, очевидно, что режим работы системы охлаждения для каждого из режимов должен быть свой.

В настоящее время, при использовании типовых систем охлаждения с механическим приводом насоса системы охлаждения (в дальнейшем – помпы), возможности регулирования ограничены. Расходная характеристика помпы определяется геометрией ее крыльчатки и жестко привязана к частоте вращения коленчатого вала. Температура в системе охлаждения на рабочих режимах, за исключением пусковых, может изменяться в достаточно узких пределах и частично регулируется только вентилятором радиатора. Алгоритм управления вентилятором при принципе «включен-выключен» при постоянной частоте вращения его крыльчатки, дает весьма ограниченные возможности регулирования температуры. В частности, такой вариант системы охлаждения только в ограниченных пределах способен противостоять резкому увеличению тепловой нагрузки на определенных режимах работы двигателя.

На пусковых режимах обычная система охлаждения также не способствует увеличению скорости прогрева двигателя, даже при наличии малого контура охлаждения. Причина этого – сравнительно высокие обороты двигателя на режимах прогрева, которые обеспечивают достаточно большой расход охлаждающей жидкости по контуру. Низкие температуры охлаждающей жидкости при достаточно высокой интенсивности конвективного теплообмена в контуре тормозят рост температур деталей камеры сгорания и головки блока

цилиндров. Поскольку современные нормы токсичности «Евро-4» и выше резко лимитируют содержание токсичных компонент на режимах холодного пуска, очевидна общая тенденция к ускорению темпа прогрева. Система охлаждения с механическим приводом практически не имеет резервов для решения этой задачи.

Кроме того, стандартная схема охлаждения с двумя контурами, достаточно сложна с гидравлической точки зрения, требует введения в нее дополнительных патрубков, термостата в качестве управляющего элемента. При этом создается гидродинамическое сопротивление, на преодоление которого расходуется часть мощности двигателя. Любое дополнительное количество гидравлических соединений увеличивает вероятность протечек охлаждающей жидкости и в целом – снижает надежность как системы охлаждения, так и двигателя в целом.

Все эти задачи позволяет решить интеллектуальная управляемая система охлаждения двигателя, включающая в себя электрическую помпу с электронным управлением, электрический вентилятор радиатора с переменной скоростью вращения крыльчатки.

Управление системой охлаждения осуществляется самостоятельным блоком управления, интегрированным по интерфейсу в единую ЭСУД, и использующей для выработки управляющих сигналов информацию штатных датчиков системы управления двигателем.

## 1 Анализ состояния вопроса

С самых ранних этапов развития сельского хозяйства возникла тенденция к увеличению энергетических затрат для обеспечения роста урожайности из-за необходимости снабжать продовольствием растущее население. Поэтому современное сельское хозяйство является высоко интенсифицированной и энергооснащенной отраслью. Ключевым фактором, отражающим степень интенсификации сельского хозяйства, является его оснащенность мобильными машинами – тракторами, комбайнами, грузовым автотранспортом, – а также их эффективное использование. В таблице 1.1 представлен количественный и марочный состав техники, сельскохозяйственных машин и орудий РТ.

Таблица 1.1 – Количественный и марочный состав МТП по РТ на 2018 год

<b>Тракторы,</b>	кол-во	<b>Зерноуборочные комбайны</b>	кол-во
К-700А, К-701	661	ДОН-1500А, Б	958
К-744	154	Нива СК-5А/М	799
Т-150К, ХТЗ	939	Енисей-1200	229
ДТ-75, Т-4А	2247	Нью-Холланд	565
МТЗ-1221	2455	Кейс	63
МТЗ-80/82	6233	Мега-204,208,360, Тукано	330
Нью-Холланд	287	Лексион-560	95
Джон-Дир	47	ACROS	337
Бюлер	31	<b>Сеялки</b>	
Арес, Агротрон	40	СЗ-3,6, СЗП-3,6	5330
Кейс	10	Свекловичные	224
Фендт	80	Кукурузные	617
<b>Автомобили грузовые</b>		Овощные	47
КамАЗ	2273	<b>Культиваторы</b>	
		КПС-4	4199
<b>Плуги</b>		КПЭ-3,8; КТ-3,9Г	595
ПЛН-3х35	1965	КТС-10	85
ПЛН-4х35	1545	ККШ-11,3; КБМ-10,5	119
ПЛН-5х35	857	КОН-2,8; КНО-2,8	74
ПЛН-8х35	285	КРН-5,6; УСМК-4	478

Как видно из таблицы 1.1 в хозяйствах Республики Татарстан значительно преобладает отечественная техника по основным группам машин – тракторам, комбайнам и автомобилям, – несмотря на то, что импортные машины гораздо производительнее и современнее. Это объясняется многими факторами, в том числе низкой стоимостью, простотой конструкции, а также возможностью отремонтировать отечественную технику силами самих хозяйств. В общем итоге количество импортной техники по тракторам составляет 2,25%, а по комбайнам - 20,58%. Большая часть импортной техники сосредоточена в хозяйствах компаний-инвесторов (ОАО «Холдинговой компании «Ак-Барс», ОАО «Красный Восток» и т.д.).

Кроме того, в современном мире значительное внимание уделяется фактору экологичности применяемой техники. Энергетические установки российских мобильных машин, применяемых в сельском хозяйстве, во многом не отвечают современным нормам экологичности - многие из них не соответствуют нормам даже Euro 2/Stage 2, в то время как зарубежные аналоги уже проходят тестирование на соответствие нормам Euro 6, Stage IV и Tier 4, которые, в частности, будут предполагать испытания энергетических установок на неустановившихся режимах для внедорожных машин с холодным и горячим пуском (NRTC).

Анализ данных по оснащенности мобильных машин АПК РТ дизельными энергетическими установками, их характеристикам, соответствия экологическим нормам позволяет судить о том, что их технический уровень находится на низком уровне. То есть имеет смысл искать резервы улучшения работы отечественной техники в оптимизации работы энергетических установок. Энергетические установки МТА, применяемые в сельском хозяйстве, большую часть времени работают в неустановившихся режимах. Поэтому, для оптимизации работы энергетических установок, необходимо проанализировать их работу именно в этих режимах.

Также можно сказать, что системы питания отечественных дизелей которые в настоящее время применяются в сельском хозяйстве являются устаревшими. Характеристики отечественных дизелей не позволяют им обеспечивать должный запас крутящего момента, в то время как зарубежные аналоги, имея более совершенные топливные системы, могут обеспечивать запас по крутящему моменту до 40-50%. Основные топливные системы, применяемые на дизельных тракторах и автомобилях АПК РФ представлен на рисунке 1.2.

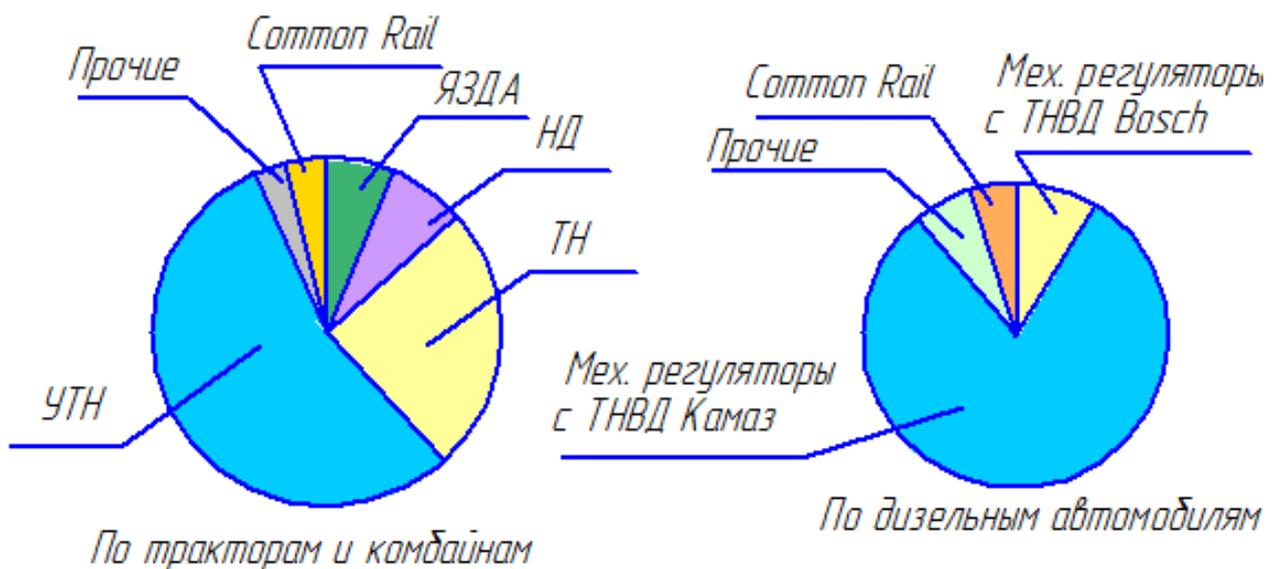


Рисунок 1.2 – Топливные системы мобильных машин АПК РФ

Таким образом, одним из слабых узлов конструкции отечественных мобильных машин является система топливоподачи. Улучшая показатели этой системы можно добиться общего повышения эффективности МТА.

Основной энергетической характеристикой МТА является удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, который зависит от вида и состояния обрабатываемой почвы, от технологических параметров обработки и от рабочей скорости движения МТА. Параметры технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Параметры технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур

Вид с/х операции	Параметры			
	Рабочая скорость, км/час	Глубина обработки, м	тах. удельное сопротивление, кН/м <sup>2</sup>	Влажность, %
Вспашка	5-12	0,3	90	16-26
Дисковое боронование	5-20	0,15	60	16-26
Культивация	5-12	0,16	60	16-26
Посев	5-15	0,02	30	16-26

Из анализа сводок министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ видно, что в Татарстане преобладают трактора МТЗ-80/82, на долю которого приходится около 8000 тыс. эт.га объема выполненных работ. Сюда включается культивация, посев, транспортировка, вспашка и другие работы. Машины применяемые при технологических операциях представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Машины, применяемые при технологических операциях

Технологическая операция	Транспортное средство
вспашка	ДТ-75, Т-150, К-701, МТ-1221, МТЗ-80/82, импортные трактора
культивация	МТЗ-80/82, ДТ-75, МТ-1221, импортные трактора
посев	МТЗ-80/82, ДТ-75, МТ-1221, импортные трактора

Интервалы значений удельных тяговых сопротивлений основных видов операций (культивация, посев и вспашка) для различных фонов при рабочих скоростях агрегата представлены в таблицах 1.4.

Таблица 1.4 - Тяговое сопротивление агрегата в зависимости от аграфона и передачи КПШ

Агрегат	Глубина, м	Ширина, м	Масса, кг	аб. скор., км/ч	Агрофон	Передача	Тяговое сопр., кН				
1	2	3	4	5	6	7	8				
Вспашка											
ПЛН 3-35	0,2-0,3	1,05	463	5-12	стерня колосовых культур; почва среднесуглинистая, влажность 18...20%	4	12-14				
						5	13-15				
						6	14-16				
								4	18-20		
								5	19-21		
						6	21-23				
					стерня колосовых культур; почва глинистая, влажность 20...22%			4	13-15		
						5	14-16				
						6	15-17				
								Культивация	Пар, под посев зерновых, поле ровное, влажность 18-20%	4	7-8
										5	8-9
						6	8-9				
Уклон 3 град.	4	8-9									
	5	8-9									
	6	8-9									

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4		6	7	8
КПС-4	0,05-0,16	4,0	880	8-12	Пар, под посев зерновых, поле ровное, влажность 18-20%	4	7-8
						5	7-8
						6	7-8
					Уклон 3 град.	4	7-8
						5	7-8
						6	7-8
УСМК-5,4	0,02-0,12	5,4	1250	6-9	Пар, под посев зерновых, поле ровное, влажность 18-20%	3	5-6
						4	5-6
						5	5-6
					Уклон 3 град.	3	5-6
						4	5-6
						5	5-6
Посев							
СЗП-3,6	0,04-0,08	3,6×2	1579× 2	9-15	Поле под зерновые, ровный рельеф, влажность 20%	4	8-9
						5	8-9
						6	8-9
					Уклон 3 град.	4	8-9
						5	8-9
						6	8-9
СПУ-4	0,02-0,05	4	755	9-12	Поле под зерновые, ровный рельеф, влажность 20%	4	10-11
						5	10-11
						6	10-11
					Уклон 3 град.	4	10-11
						5	10-11
						6	11-12

Значение степени неравномерности тяговых сопротивлений представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Значение степени неравномерности тяговых сопротивлений

Работа	Значения степени неравномерности тяговых сопротивлений ( $\delta_R$ ) при числе плужных корпусов или машин в агрегате					
		2	3	4	5	6
Вспашка легких почв	0,18	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
Вспашка тяжелых и задернелых почв	-	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16
Вспашка очень тяжелых пересохших и каменистых почв	-	-	0,35	0,30	0,27	0,25
Сплошная культивация	0,40	0,30	0,24	0,18	0,15	-
Боронование (на 10 звеньев)	0,25	0,20	0,16	0,12	0,10	-
Посев зерновых	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	-
Лущение стерни (захват 5 м)	0,15	0,12	0,09	0,07	-	-
Косьба зерновых (захват 4,8 м)	0,16	0,14	0,12	-	-	-
Кошение трав (захват 2 м)	0,15	0,12	0,10	-	-	-

Применение тракторов на тех или иных работах значительной степени зависит от состава машинно-тракторного парка и применяемой системы обработки почвы. Начиная с самых ранних этапов развития массовой механизации сельского хозяйства в нашей стране, упор в системе обработки почвы делался на технологии почвообработки, предполагавшие максимальное механическое воздействие на почву с упором на отвальную и безотвальную вспашку. При этом изначально в структуре основных тракторных работ основную долю составляли вспашка (66,6...77,4% от всех работ), культивация пахоты и посевов (11,1...17,6%), а также посев яровых и озимых культур (4,7...5%). В дальнейшем тракторы стали выполнять значительное количество транспортных работ, работ по внесению удобрений и др. Однако, вспашка, культивация и посев по-прежнему являются одними из ключевых механизированных работ. Анализ сезонных изменений объемов сельскохозяйственных работ в течение календарно-

го года до самых недавних пор показывал значительный вклад вспашки (в том числе вспашки зяби) и культивации в общий объем работ.

Такая система обработки почвы в последние годы уступает место ресурсосберегающим технологиям с упором на минимальную или даже нулевую обработку почвы. При переходе на ресурсосберегающие технологии традиционная технология обработки почвы сохраняется в основном на парах, в то время как осенняя обработка почвы проводится на 20-25% стерневого фона, закрытие влаги – на 25-30% площади посевов, а предпосевная культивация – на 25-30% посевов. В Республике Татарстан до 2021г. необходимо обеспечить полный переход к разноглубинным системам основной обработки почвы, при этом предполагается реализовать и т.н. подтип мелкой обработки почвы с глубинами обработки 8...16 см, что предполагает возможность обработки почвы тракторами тягового класса 1,4. При этом обработку почвы предполагается производить в первую очередь плугами, дискаторами и комбинированными орудиями. Отмечается также, что тракторы класса 1,4 должны составлять 25-35% от парка средних (до 10000 га хозяйств), а также максимально комплектовать парк мелких хозяйств. Для реализации перспективных технологий обработки почвы предполагается, что доля использования колесных тракторов класса 1,4...2 при возделывании зерновых культур составит 72%, тракторы класса 1,4 будут оптимальны для междурядной обработки почвы, внесения удобрений, средств защиты растений, уборочных и транспортных работ. Кроме этого существует необходимость возврата в оборот сельскохозяйственных земель, ранее из него выведенных, при этом обосновано использование тракторов типа МТЗ-82 при культивации, междурядной обработке и проведении посевных работ.

Известно, что на полях площадью до 20...25 га наибольшей эффективностью при культивации обладает агрегат МТЗ-82 + КПС-4 при использовании в качестве критерия эффективности показателя часовых эксплуатационных затрат агрегата.

Из 14582 тракторов, произведенных на территории России в 2017 году, 10388 произведено по лицензии МТЗ. Отмечается также, что в сегменте тракторов тягового класса 1,4 российский рынок на 99,1% насыщен тракторами МТЗ-80/82.

Таким образом, тракторы класса 1,4 типа МТЗ-80/82 до сих пор остаются одними из основных тракторов в сельском хозяйстве нашей страны даже в свете перехода к ресурсосберегающим технологиям. При этом, помимо относительно легких работ, актуальным является их использование и на тяжелых работах, связанных с механической обработкой почвы и, согласно таблице 1.4, вызывающих работу энергетических установок этих тракторов в режиме перегрузки.

## **2 Анализ существующих конструкций**

### **2.1 Конструктивный обзор устройств регулирования системы охлаждения**

Тракторы и автомобили работают при разных нагрузочных режимах, преобладающими являются переменные нагрузки. В зависимости от этих режимов количество теплоты, поступающей в жидкость системы охлаждения двигателя, варьируется, т.е. является переменным. Расходы жидкого и воздушного теплоносителей, поверхность охлаждения радиатора при проектировании систем охлаждения принимаются из расчета того, чтобы обеспечивался заданный температурный режим двигателя при режиме номинальной мощности. Таким образом, при работе двигателя в частичных режимах параметры системы охлаждения будут также примерно соответствовать режиму наибольшего нагружения. Некоторое снижение производительности водяного насоса и постоянно включенного вентилятора имеет место вследствие уменьшения па частичных режимах частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Вместе с тем внешние факторы, и прежде всего температура окружающей среды, оказывают существенное влияние па температурный режим системы охлаждения. Номинальные параметры системы охлаждения в совокупности с внешними факторами могут приводить к тому, что температурный режим будет ниже заданного, а в зимний период возможно переохлаждение двигателя. В условиях повышенных температур окружающей среды (выше расчетных) в совокупности с максимальными нагрузочными режимами возможен перегрев двигателя. Следовательно, в системе охлаждения необходимо иметь устройства регулирования температурного режима, способные оказывать воздействие па систему охлаждения в зависимости от влияния внешних факторов. Добиться такого воздействия на температурный режим и тем самым регулировать количество теплоты, переносимое охлаждающей жидкостью к радиатору и отводимое от него потоком воздуха, можно изменяя массовый расход охлаждающей жидкости и потока воздуха.

Оптимальной является система охлаждения, которая обеспечивает расход воздуха через сердцевину радиатора в зависимости от теплового состояния двигателя и таким образом автоматически регулирует и поддерживает заданную температуру охлаждающей жидкости, температуру основных деталей двигателя в допустимых пределах, создавая условия нормального протекания рабочего процесса при наименьших энергетических затратах.

Температурный режим двигателя при разных нагрузках и в различных климатических условиях должен находиться в допустимом диапазоне отклонений. Мощность, экономичность и надежность двигателя в значительной степени зависят от способности системы охлаждения стабильно поддерживать необходимую температуру. Тракторы в течение года эксплуатируются в разнообразных климатических условиях при нагрузках и скоростях, изменяющихся в широких пределах. В каждом из этих случаев требуется обеспечивать заданную эффективность работы системы охлаждения. Для поддержания теплового состояния двигателя отвод теплоты системой охлаждения должен автоматически регулироваться. К настоящему времени разработаны ряд способов автоматического регулирования и поддержания заданного теплового состояния двигателя. Все эти способы основываются на изменении расхода воздушного теплоносителя, проходящего через радиатор.

Системы автоматического регулирования вентиляторных установок позволяют выключать вентилятор из работы при прогреве двигателя, малой загрузке и низкой окружающей температуре, когда температурный режим двигателя ниже заданного. Выбор оптимального режима работы двигателя (с максимальной отдачей при наименьших затратах топлива) в комплексе с автоматическим регулированием работы вентилятора позволит задать наиболее экономичный режим работы моторной установки. Для этого необходимо правильно подбирать вентиляторы к двигателям, рассчитывать и проектировать воздушные тракты, ка-

поты моторных установок, обеспечивать качественную сборку и эксплуатацию этих узлов.

Более совершенным и наиболее приемлемым для двигателей является регулирование производительности вентилятора по термостатическому методу, т.е. в зависимости от температуры, например, охлаждающей жидкости на выходе из головки блока двигателя или воздуха из блока охлаждения. Этот метод обеспечивает более точное поддержание теплового состояния двигателя в заданных пределах при одновременном снижении затрат мощности на привод вентилятора.

Благодаря автоматическому терморегулированию поддерживается оптимальная по расходу топлива температура охлаждающей жидкости, сокращается продолжительность прогрева двигателя в 1,5...2,0 раза, появляется возможность эксплуатировать его при оптимальных с точки зрения износа температурах охлаждающей жидкости и смазочного масла. На сегодняшний день известны различные конструкции автоматически управляемых вентиляторов.

Производительность водяного насоса — величина постоянная, нерегулируемая, зависящая только от частоты вращения коленчатого вала. Первым способом регулирования температурного режима охлаждающей жидкости, применяемым практически на всех тракторных и автомобильных двигателях жидкостного охлаждения, является ее циркуляция по малому и большому кругу рубашки охлаждения. Такая циркуляция осуществляется с помощью термоклапана термостата. Он является регулирующим устройством в жидкостной системе охлаждения и обеспечивает при запуске двигателя движение жидкости по малому кругу до заданного значения температуры жидкости. В зависимости от положения клапана жидкость проходит через радиатор в полном объеме, частично или вообще не проходит. В последнем случае жидкость из головки блока двигателя, минуя радиатор, возвращается в водяной насос. На рис. 2.1 показан температурный режим дизеля Д-243 с термостатами

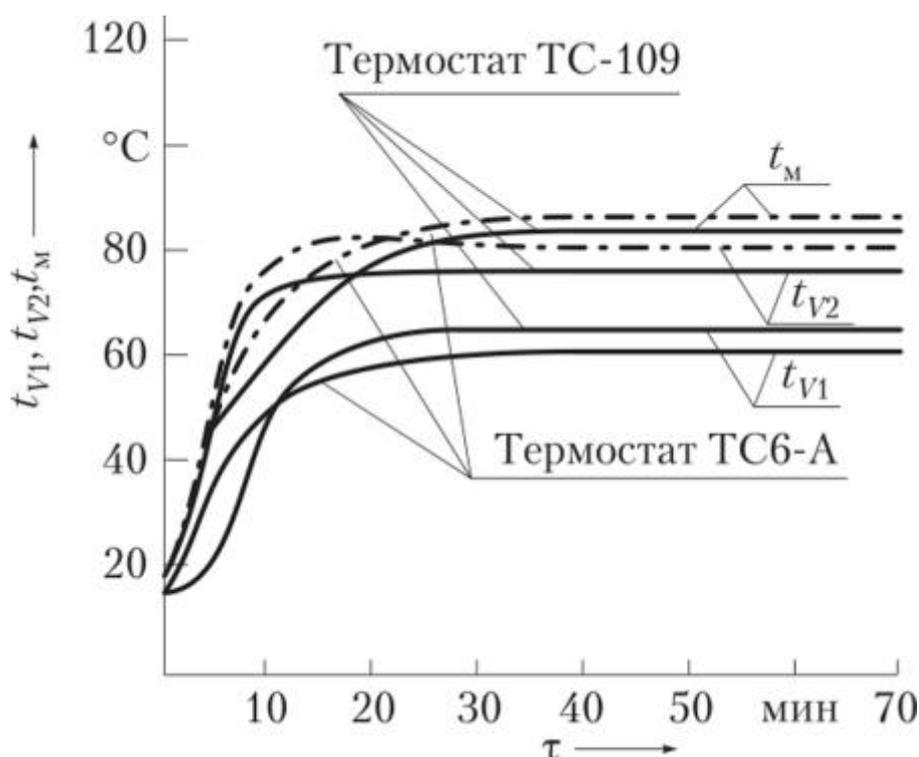


Рисунок 2.1 - Температурный режим дизеля Д-243 с термостатами

После того как термостат открывается, регулирование потока жидкости через радиатор малоэффективно и не обеспечивает поддержания теплового состояния двигателя в заданных пределах. Этим объясняется необходимость регулировать температурный режим охлаждающей жидкости другими способами. Одним из таких способов является изменение расхода воздушного теплоносителя через радиатор.

Регулировать температурный режим двигателя, изменяя поток воздуха, пропускаемого через радиатор, можно несколькими способами:

- используя жалюзи или шторку, устанавливаемые перед радиаторами;
- меняя угол установки лопастей вентилятора;
- выключая вентилятор;
- меняя частоту вращения вентилятора.

Рассмотренные конструктивные решения регулируют или полностью прекращают подачу воздуха к радиаторам. В этом случае температурный режим двигателя становится управляемым. Кроме того, при управлении вентилятором

уменьшаются или полностью исключаются энергетические затраты на его привод.

Конструктивно наиболее простой способ регулирования температурного режима двигателя — дросселирование проходного сечения воздушного тракта осуществляется упомянутыми жалюзи или шторкой, устанавливаемыми в зоне всасывания перед радиаторами двигателя. Жалюзи дросселируют проходное сечение потока воздуха равномерно по всей площади радиатора, уменьшая или увеличивая поток охлаждающего воздуха, проходящего через радиатор. Шторка дросселирует проходное сечение воздушного тракта полным или частичным перекрытием фронтальной поверхности радиатора. Дросселирование поперечного сечения воздушного тракта позволяет регулировать работу вентиляторной установки количественным методом.

Характеристика вентиляторной установки при регулировании ее работы жалюзи или шторкой представлена на рис. 2.2.. Перекрывая поперечное проходное сечение радиатора, увеличиваем сопротивление для прохода воздуха.

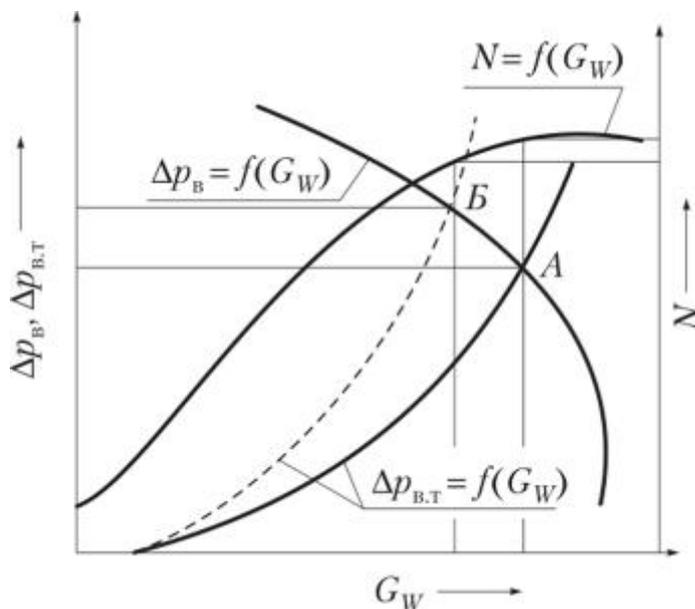


Рисунок 2.2 - Характеристика вентиляторной установки при регулировании воздушного потока жалюзи или шторкой

Характеристика вентиляторной установки при регулировании воздушного потока жалюзи или шторкой жалюзи или шторках зависимость  $A_{pв г} = f(G_w)$  пересекается с характеристикой вентилятора  $A_{,pв} = f(G_w)$  в точке А. При перекрытии проходного сечения характеристика воздушного тракта занимает новое положение и пересекается с характеристикой вентилятора в точке Б, показывая, что расход воздуха через воздушный тракт уменьшился и одновременно увеличилось сопротивление.

Анализ энергетических затрат свидетельствует об уменьшении потребляемой мощности на привод вентиляторной установки при таком методе регулирования температурного режима. Однако уменьшение производительности вентиляторной установки более интенсивно, чем экономия мощности.

При перекрытии проходного сечения воздушного тракта частота вращения вентилятора сохраняется, а это означает, что потребляемая мощность расходуется на холостое прокручивание вентилятора. Жалюзи и шторка используются при низкой температуре охлаждающей жидкости после запуска и малой нагрузке двигателя, а также при низких температурах окружающей среды. Время прогрева двигателя при закрытой шторке сокращается, температура жидкости возрастает: например, дизель Д-243 при температуре окружающей среды  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  прогревается через 12 минут до температуры охлаждающей жидкости  $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В последующем интенсивность повышения температуры заметно снижается (рис. 2.3).

При достижении температуры в системе охлаждения заданного значения жалюзи или шторка открываются, увеличивая массовый расход воздуха через радиатор.

Управление шторкой или жалюзи путем перекрытия части или всего радиатора снижает поток воздуха к радиатору, но при этом вентилятор продолжает вращаться с прежней частотой, затрачивая мощность. Такой способ не экономичен. К тому же отсутствие на сельскохозяйственных тракторах автоматических систем управления шторкой не позволяет постоянно обеспечивать за-

данный температурный режим двигателя. Наличие субъективного фактора отрицательно сказывается и на температурном режиме двигателя, и на работе трактора, так как водителю постоянно приходится следить за показаниями приборов, регистрирующих температуру охлаждающей жидкости.

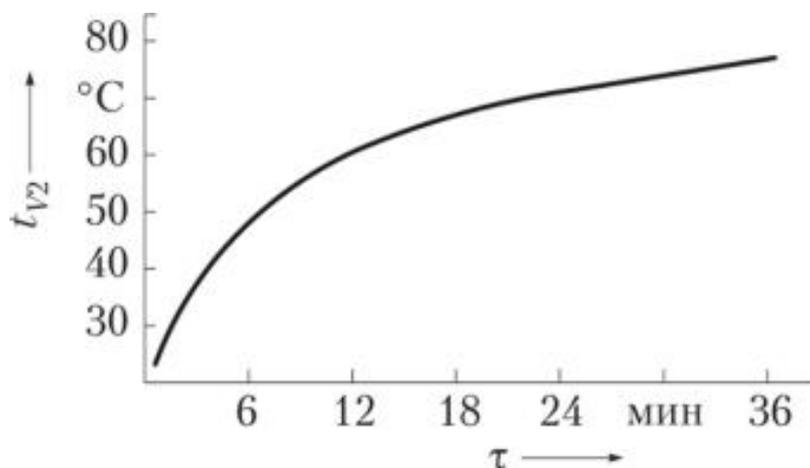


Рисунок 2.3 - Температура охлаждающей жидкости дизеля Д-243 при закрытой шторке

При достижении температуры в системе охлаждения заданного значения жалюзи или шторка открываются, увеличивая массовый расход воздуха через радиатор.

Управление шторкой или жалюзи путем перекрытия части или всего радиатора снижает поток воздуха к радиатору, но при этом вентилятор продолжает вращаться с прежней частотой, затрачивая мощность. Такой способ не экономичен. К тому же отсутствие на сельскохозяйственных тракторах автоматических систем управления шторкой не позволяет постоянно обеспечивать заданный температурный режим двигателя. Наличие субъективного фактора отрицательно сказывается и на температурном режиме двигателя, и на работе трактора, так как водителю постоянно приходится следить за показаниями приборов, регистрирующих температуру охлаждающей жидкости.

Системы автоматического регулирования температурного режима двигателя дросселированием проходного сечения воздушного тракта нашли применение на автомобилях («ЗИЛ», «Камине», «Фольксваген» и т.д.) и не используются на тракторах. Устанавливаемые на тракторах жалюзи и шторы имеют ручной механический привод управления тягами или тросом.

Регулирование потока воздуха может осуществляться скоростным и термостатическим методом. При скоростном методе регулирования на производительность вентиляторной установки влияет скоростной режим двигателя. Производительность в этом случае меняется при изменении частоты вращения вентилятора. Такой метод регулирования не получил широкого применения в системах охлаждения двигателей, но используется в промышленных вентиляторных установках. Более совершенным и наиболее приемлемым для тракторных и автомобильных двигателей является термостатический метод, при котором производительность вентилятора регулируется в зависимости от температуры, например, охлаждающей жидкости на выходе из головки блока двигателя или воздуха на выходе из блока охлаждения. Этот метод позволяет более строго поддерживать тепловое состояние двигателя в заданных пределах при одновременном снижении затрат мощности на привод вентилятора.

Термостатическое регулирование производительности вентилятора осуществляется посредством изменения угла установки лопастей рабочего колеса, частоты вращения, путем отключения вентилятора, а также применяется и при дросселировании прохода воздуха к сердцевине радиатора. При выборе параметров термостатического метода регулирования в качестве критериев могут выступать оптимальный температурный режим системы охлаждения, экономия топлива, уровень шума вентилятора или общий уровень шума трактора, автомобиля, износ отдельных деталей двигателя.

Выбор параметров по оптимальной температуре затруднителен, поскольку каждая точка двигателя имеет свою температуру. Температура в отдельных точках двигателей зависит от их положения относительно внешнего и внутреннего потоков тепла. Температуры точек двигателя, связанных с внешним потоком тепла, с небольшими допущениями позволяют оценивать температурный режим в целом. Одной из таких точек может быть выход охлаждающей жидкости из головки блока двигателя.

Сопоставление параметров рабочих процессов различных по конструкции двигателей в функции их температур приводит к выводу, что экономичность зависит от типа охлаждения и определяется температурой основных деталей. Обобщая экспериментальные данные, можно заключить, что уменьшение удельного расхода топлива на каждые  $10^\circ$  повышения температуры охлаждающей жидкости в интервале от  $60$  до  $100^\circ\text{C}$  составляет  $1...5$  г/кВт • ч. При последующем увеличении температуры охлаждающей жидкости до  $110... 120^\circ\text{C}$  удельный расход стабилизируется, а затем начинает возрастать вследствие заметного уменьшения коэффициента наполнения до  $0,78...0,74$ . Применение автоматического терморегулирования позволяет поддерживать оптимальную по расходу топлива температуру охлаждающей жидкости.

Уровень шума вентилятора двигателя примерно сопоставим с характеристикой вентилятора, а интенсивность уровня звука соответствует шестой степени частоты вращения вентилятора. Автоматическое регулирование частоты вращения вентилятора приводит к заметному уменьшению шумности двигателя.

Применение автоматического терморегулирования сокращает продолжительность прогрева двигателя в  $1,5...2,0$  раза, позволяет эксплуатировать его при оптимальных с точки зрения износа температурах охлаждающей жидкости и смазочного масла.

Рассмотренные ранее конструкции приводов позволяют обеспечивать автоматическое регулирование в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, производительности вентиляторной установки и поддерживать заданный температурный режим двигателя. В настоящее время известны различные конструкции автоматически регулируемых вентиляторов.

Одним из способов управления вентилятором в целях обеспечения заданного температурного режима двигателя является регулирование производительности вентилятора при неизменной частоте вращения, что достигается изменением угла установки лопастей рабочего колеса. Уменьшение осевой скорости потока воздуха при уменьшении угла установки лопастей снижает производительность вентилятора при одновременном уменьшении энергетических затрат на привод. При изменении угла установки лопастей КПД вентилятора не остается постоянным. Отношение КПД при фактическом угле установки лопастей к расчетному составляет  $\text{Лв.факт}/\text{Лв.расч} = (1-4) \cdot \text{Ю}^4$

Характеристика вентиляторной установки при регулировании угла установки лопастей представлена на рис. 1.107. При изменении положения лопастей точка А согласования сопротивления воздушного тракта  $\text{АрВТ} = f(\text{Gw})$  и вентилятора  $\text{Арв} = f(\text{Gw})$  перемещается в точку Б. При этом производительность вентилятора и затраты мощности на привод уменьшаются. При снижении температуры охлаждающей жидкости угол установки лопастей уменьшается и может быть равным нулю, производительность вентилятора также приближается к нулю. Возврат лопастей в расчетное положение осуществляется автоматически. Мощность на приводе исключается полностью, так как и в «нулевом» положении лопастей вентилятор вращается с заданной частотой. Потери на трение в приводе, завихрения воздушного потока приводят к ощутимым затратам мощности на привод вентилятора при его холостом ходе.

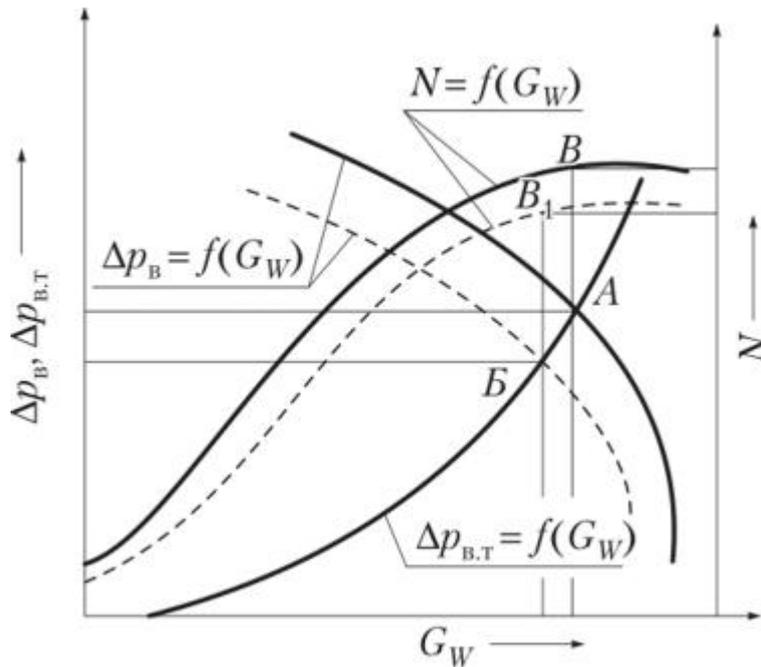


Рисунок 2.4 - Характеристика вентиляторной установки при изменяющемся угле установки лопастей

Другим способом является изменение частоты вращения, полное или частичное отключение вентилятора и прекращение его вращения, что осуществляется с помощью фрикционной, вязкостной, электромагнитной, гидродинамической муфт, а также гидростатического привода и отдельных электродвигателей по сигналу термодатчика. Эти устройства в приводе вентилятора позволяют бесступенчато регулировать частоту его вращения от минимального до максимального значения или полностью выключать вентилятор.

Повышение экономичности вентиляторных установок тракторов при эксплуатации имеет важное значение. Так, снижение мощности на привод вентилятора на 1 % приведет к экономии топлива в хозяйствах только по тракторам «БЕЛАРУС» примерно на 30 %. Это может быть достигнуто благодаря повышению КПД самих вентиляторов и даже в большей мере вентиляторных установок в результате обеспечения надлежащего взаимодействия вентиляторов с двигателем и воздушным трактом. На привод вентилятора затрачивается до 3,5 % мощности двигателя, отключение вентилятора при малой нагрузке трактора и низких температурах окружающей среды, когда температурный режим двига-

теля ниже заданного, позволит экономить топливо, затрачиваемое на привод вентилятора. На рис. 1.108 приведена нагрузочная характеристика дизеля Д-245 трактора «БЕЛАРУС» при работе с вентилятором и без него. Из графика следует, что при работе дизеля с вентилятором удельный расход топлива на 6,8...8,2 г/кВт · ч выше, чем при работе без вентилятора, что в пересчете на мощность составляет 2,2 кВт.

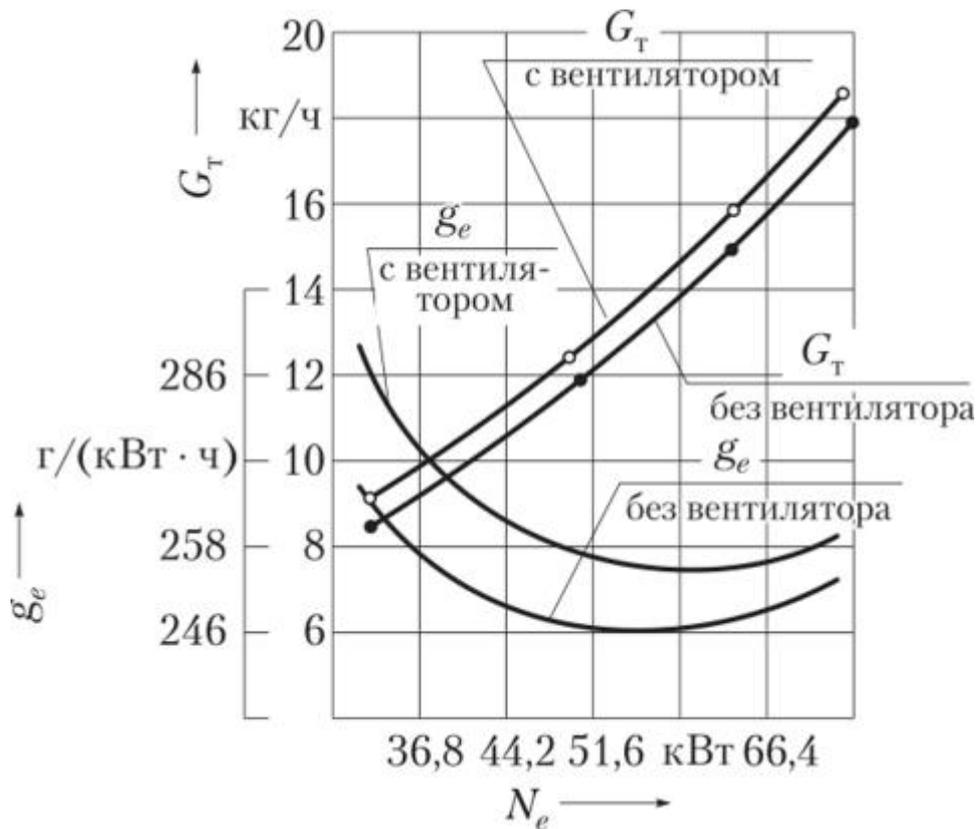


Рисунок 2.5 - Зависимость  $G_T = (N_e)$  и  $g_e = (N_e)$  дизеля Д-245 без вентилятора и с четырехлопастным вентилятором 0456 мм

Кроме того, постоянное вращение вентилятора может привести к переохлаждению двигателя, как следствие — к снижению его мощностных и экономических показателей. Эффективным и экономически целесообразным способом снижения расхода воздуха через радиатор в период прогрева двигателя и при работе его на частичных режимах, в условиях низких климатических температур является отключение вентилятора.

Для регулирования теплового состояния дизеля Д-260.1 используют автоматически управляемую вязкостную муфту, под воздействием которой вентилятор включается при температуре охлаждающей жидкости 80...85 °С и отключается при снижении температуры до 70...75 °С. Исследования фрикционной муфты на дизеле Д-245 показали, что при работе дизеля в режиме мощности 29,4...51,5 кВт в течение 12 ч в случае принудительного включения вентилятора часовой расход топлива на 0,2...0,5 кг/ч больше, чем при автоматическом регулировании вентилятора (рис. 1.109). Установлено, что прогрев дизеля с автоматическим режимом работы вентилятора при температуре окружающей среды -5 °С составляет 10 мин. При работе дизеля с нагрузкой 22...29 кВт при окружающей температуре -10 °С количество включений составляет 30 в час, время работы после каждого включения — от 0,50...0,66 мин, что равно 21,4...27,4 % от времени работы двигателя. При работе трактора на пахоте температурный режим по охлаждающей жидкости и смазочному маслу через 30...33 мин стабилизировался, после чего перепад температур поддерживался в заданных пределах.

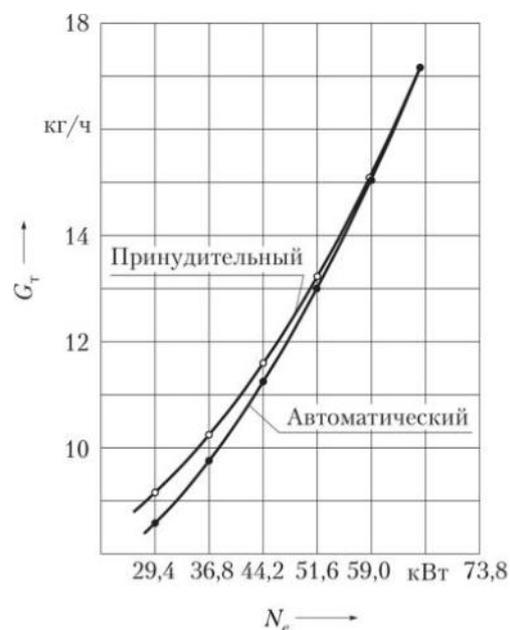


Рисунок 2.6 - Зависимость  $G_T = (N_e)$  дизеля Д-245 при автоматическом режиме работы вентилятора

Установлено, что зависимость частоты вращения вентилятора от частоты вращения коленчатого вала двигателя практически линейная (рис. 1.110) [70]. Коэффициент скольжения гидромуфты привода вентилятора 0510 мм при изменении частоты вращения коленчатого вала от 1000 до 2000 мин<sup>-1</sup> увеличивается от 6 до 8,2 %. Гидродинамический привод при открытии питающего клапана выходит на режим максимальной частоты вращения 2600 мин<sup>-1</sup> за 30...40 с при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup>. Снижение частоты вращения от максимальной 2600 мин<sup>-1</sup> до минимальной 620...410 мин<sup>-1</sup> при перекрытии питающего клапана происходит за 2,5...3,0 мин в диапазоне частоты вращения коленчатого вала 2000... 1000 мин<sup>-1</sup>. Минимальная частота вращения опорожненной муфты в пределах 410...620 мин<sup>-1</sup> обуславливается трением в подшипниках качения ведомого вала привода. При продолжительной работе дизеля с системой автоматического регулирования температуры жидкости в режиме холостого хода его тепловое состояние поддерживается автоматически в заданных пределах, температура охлаждающей жидкости и смазочного масла находится в пределах 95... 100 °С. Частота вращения вентилятора изменяется плавно с изменением нагрузки дизеля.

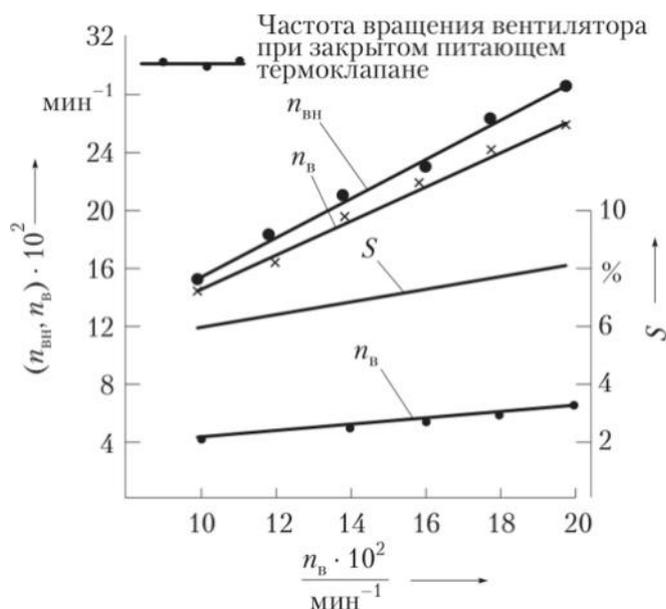


Рисунок 2.7 - Скоростная характеристика холостого хода привода вентилятора с гидромуфтой переменного наполнения дизеля Д-260.1

Регулирование вентиляторных установок двигателей, как правило, выполняется автоматически, что обеспечивает автоматическое поддержание температурного режима системы охлаждения в заданных пределах. Исполнительным механизмом, изменяющим массовый расход воздуха в воздушном тракте, служит вентилятор.

### 3 Конструкторская часть

В данной разработке речь пойдет о насосе с изменяемой производительностью. В мировом моторостроении есть тенденция к увеличению мощности двигателей, повышение требований к классу токсичности и т.д. Однако, введя значительные изменения в конструкции системы питания, системы смазки, выпуска отработавших газов, системы газораспределительного механизма. Система охлаждения двигателя остается попрежнему тривиальной. На блоке находится насос, который имеет привод от коленчатого вала, и нагнетает охлаждающую жидкость в блок, которая перераспределяется термостатом в зависимости от температуры либо в радиатор, (на радиаторе устанавливают также электрический вентилятор для принудительного охлаждения) либо обратно в блок. И производительность насоса перекачивающего рабочую жидкость зависит от оборотов коленчатого вала, что не всегда актуально.

#### 3.1 Обоснование необходимости разработки

Следует отметить, что в мировом двигателестроении уже используются управляемые системы охлаждения, привод насоса в которых осуществляется не от коленчатого вала, а от отдельного электромотора, управляемого с центрального контроллера ЭСУД. В качестве примера можно привести автомобили фирм «BMW» и наддувные модификации «Фольксваген-Гольф». Актуальность новой разработки диктуется следующими соображениями. Современные требования к автомобильным двигателям выдвигают жесткие требования по всему комплексу технико-экономических параметров, таких как

мощность, экономичность, надежность и долговечность.					
ВКР 23.05.01.649.20.CO.00.00.00.ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-	
Разраб.		Фатыхов А.Р.			
Руковод.		Усенков Р.А.			
Консульт.					
Н. контр.		Усенков Р.А.			
Зав. кафедр.		Хафизов К.А.			
СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГА- ТЕЛЯ			Лит.	Лист	Листов
					13
			КГАУ каф. ТАи-		

Особо жесткие требования выдвигаются к экологическим показателям ДВС. В то же время очевидно влияние выбора оптимального температурного состояния двигателя для каждого эксплуатационного режима для достижения требуемых параметров. При этом, очевидно, что режим работы системы охлаждения для каждого из режимов должен быть свой.

В настоящее время, при использовании типовых систем охлаждения с механическим приводом насоса системы охлаждения (в дальнейшем – помпы), возможности регулирования ограничены. Расходная характеристика помпы определяется геометрией ее крыльчатки и жестко привязана к частоте вращения коленчатого вала. Температура в системе охлаждения на рабочих режимах, за исключением пусковых, может изменяться в достаточно узких пределах и частично регулируется только вентилятором радиатора. Алгоритм управления вентилятором при принципе «включен-выключен» при постоянной частоте вращения его крыльчатки, дает весьма ограниченные возможности регулирования температуры. В частности, такой вариант системы охлаждения только в ограниченных пределах способен противостоять резкому увеличению тепловой нагрузки на определенных режимах работы двигателя, при повышенной температуре в подкапотном пространстве и т.д.

На пусковых режимах обычная система охлаждения также неспособствует увеличению скорости прогрева двигателя, даже при наличии малого контура охлаждения. Причина этого – сравнительно высокие обороты двигателя на режимах прогрева, которые обеспечивают достаточно большой расход охлаждающей жидкости по контуру. Низкие температуры охлаждающей жидкости при достаточно высокой интенсивности конвективного теплообмена в контуре тормозят рост температур деталей камеры сгорания и головки блока цилиндров. Поскольку современные нормы токсичности «Евро-4» и выше резко лимитируют содержание токсичных компонент на режимах холодного пуска, очевидна общая тенденция к ускорению темпа прогрева. Система охлаждения с

					ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

механическим приводом практически не имеет резервов для решения этой задачи.

Кроме того, стандартная схема охлаждения с двумя контурами, достаточно сложна с гидравлической точки зрения, требует введения в нее дополнительных патрубков, термостата в качестве управляющего элемента. При этом создается гидродинамическое сопротивление, на преодоление которого расходуется часть мощности двигателя. Любое дополнительное количество гидравлических соединений увеличивает вероятность протечек охлаждающей жидкости и в целом – снижает надежность как системы охлаждения, так и двигателя в целом.

Все эти задачи позволяет решить интеллектуальная управляемая система охлаждения двигателя, включающая в себя электрическую помпу с электронным управлением, электрический вентилятор радиатора с переменной скоростью вращения крыльчатки.

Управление системой охлаждения осуществляется самостоятельным блоком управления, интегрированным по интерфейсу в единую ЭСУД, и использующей для выработки управляющих сигналов информацию штатных датчиков системы управления двигателем.

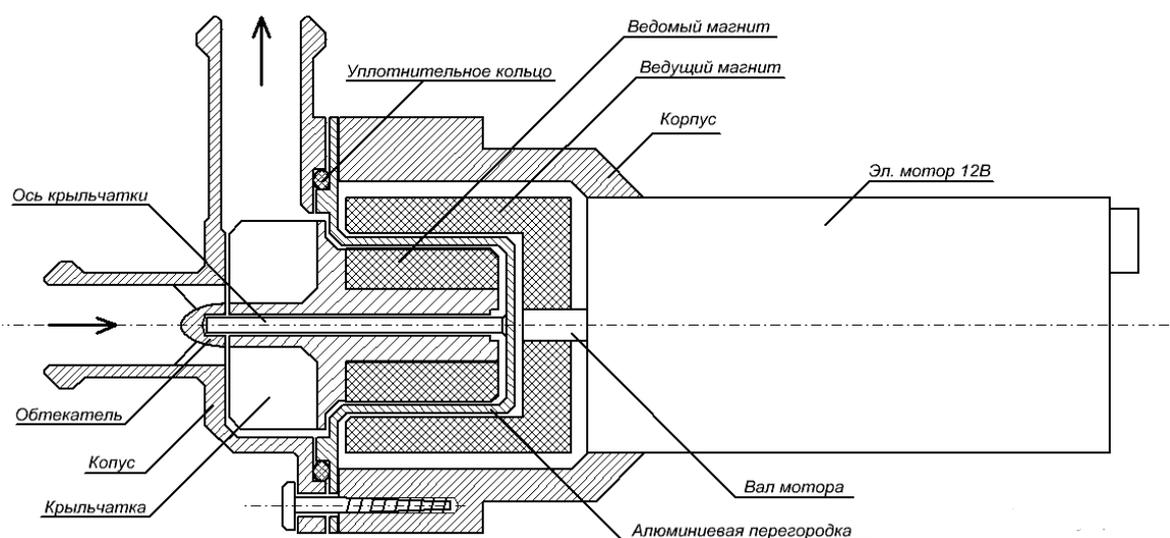


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема насоса с изменяемой производительностью

Техническое требование к насосу с переменной производительностью.

					Лист
ВКР 23.05.01.649.20.CO.00.00.00.00.ПЗ					
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

Основные принципы управления системой охлаждения базируются на положениях принятых для штатного насоса системы охлаждения. Температура эксплуатации насоса должна быть в пределах окружающей температуры эксплуатации двигателя т.е  $-30 + 45^{\circ} \text{C}$ . Давление выдерживаемое насосом должно быть от 0,1 до 0.2 МПа. Среда: этиленгликоль и гликоль содержащие жидкости с рН не менее 7.

Регулирование производительности насоса будет осуществляться с помощью электродвигателя постоянного тока. Прямая зависимость частоты вращения двигателя от производительности. Конструктивно ротор двигателя имеет соединение с крыльчаткой посредством магнитного поля создаваемое ведомым и ведущим магнитом. При запуске электродвигателя ведущий магнит начинает вращаться, захватывает за собой ведомый магнит через стакан-отделитель, который изготовлен из сплава алюминия и не создает препятствия для магнитного поля с добавлением элементов предотвращающих коррозию. Уплотнение происходит с помощью резинового кольца по периметру корпуса. Преимуществом можно считать, безсальниковое соединение вращающихся элементов. При заклинивании крыльчатки электродвигатель остается неповрежденным.

### 3.2 Процесс регулирования производительности

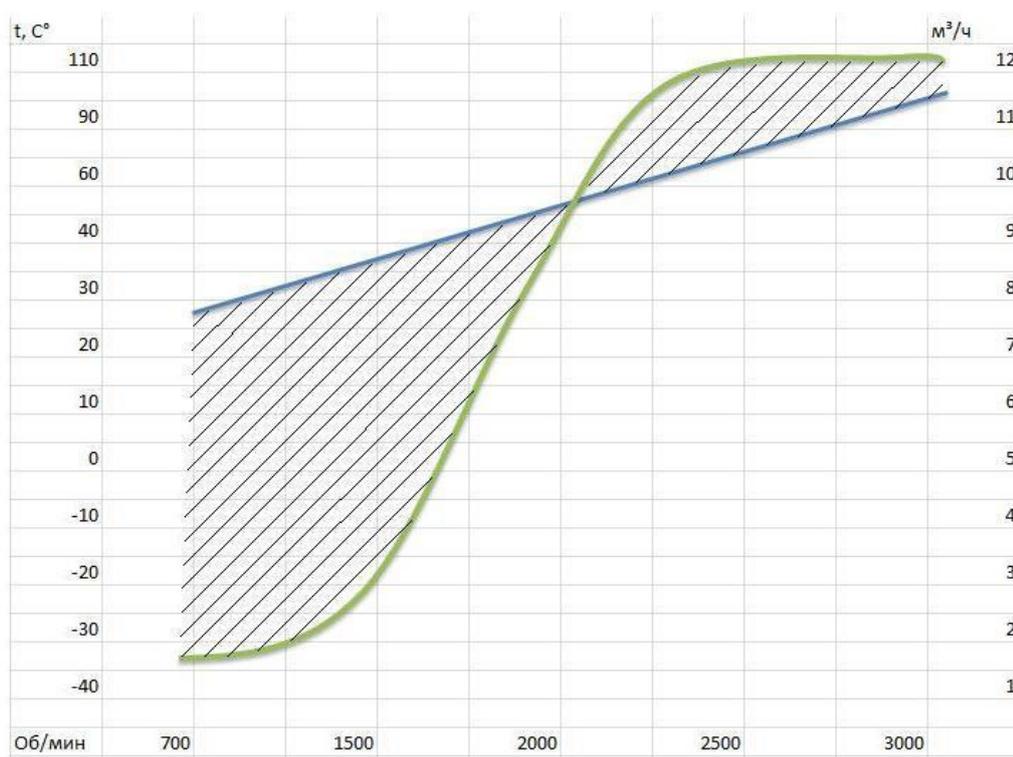
Для изменения производительности насоса выбран метод изменения частоты вращения крыльчатки. Электродвигатель постоянного тока марки

MY1020 K9 производства USA, соответствует ГОСТ 183-74

Рабочее напряжение 12-18 В. Максимальная частота вращения ротора 2800 об/мин. Сила тока потребляемая 25 А. Номинальный крутящий момент 1,9 Н·м. КПД 79%. В корпусе предусмотрена внутренняя циркуляция воздуха, система защиты от перегрева, короткого замыкания. Классы изоляции (классы

					ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

нагревостойкости) и предельное увеличение температуры ( $\Delta T$ ) в стандарте IEC 62114. Максимально допустимое увеличение температуры при номинальной нагрузке и напряжении соответствует классу нагревостойкости электродвигателя: класс Н равен  $180^{\circ}\text{C}$ . Указанные данные соответствуют номинальному режиму эксплуатации электродвигателя. Ниже приведена схема реализации.



- - график насоса с изменяемой производительностью
- - график штатного насоса.

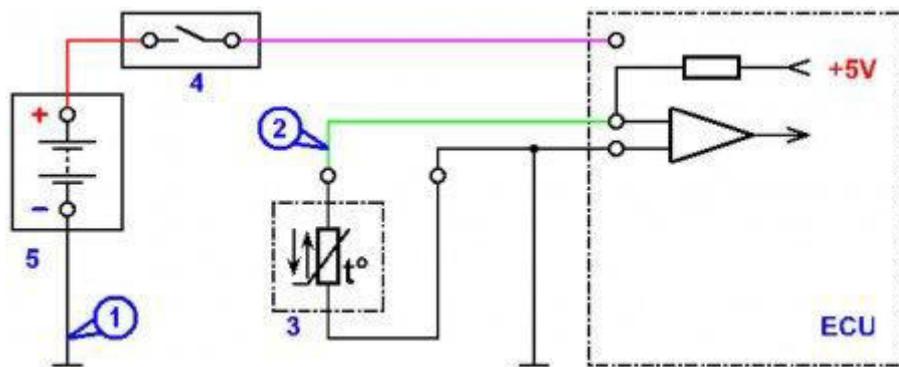
Рисунок 4.2 – График зависимости производительности от температуры, оборотов коленчатого вала.

Как видно на графике производительности штатного насоса изменяется в узком диапазоне оборотов коленчатого вала. И не каким образом не связана с температурой охлаждающей жидкости. Работа насоса с переменной производительностью основывается на датчике температуры охлаждающей жидкости. Отталкиваясь от этих параметров и выбирается интенсивность

перекачивания охлаждающей жидкости. Вне зависимости от оборотов. Для более быстрого прогрева двигателя при отрицательных температурах, происходит постепенное смешивание охлаждающей жидкости. При работе двигателя при температурах близких к «закипанию» производительность достигает максимального значения.

В совокупности, работа насоса переменной производительности, обеспечивает более интенсивное охлаждение (нагревание), повышает производительность всей системы охлаждения, обеспечивает отвод излишек тепла от теплонагруженных элементов двигателя, сохраняя ресурс и работоспособность на весь срок службы мотора.

### 3.3 Схема электрическая принципиальная



ECU Блок управления двигателем.

1. Датчик температуры.
2. Выключатель зажигания.
3. Аккумуляторная батарея.

Рисунок 4.3 – Схема включения датчика температуры двигателя, в качестве чувствительного элемента которого применяется терморезистор.

Датчик температуры двигателя шунтирует опорное напряжение, вследствие чего, значение напряжения на датчике оказывается меньшим опорного либо больше. Сигнал поступает в ЭБУ, обрабатывается (с таблицами калибровок по температуре ДВС), дальше сигнал поступает на исполняющий механизм (реле резистор). Помпа выходит на заданную ЭБУ скорость

					ВКР 23.05.01.649.20.CO.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

(производительность), система охлаждается. С увеличением температуры охлаждающей жидкости (например, при прогреве двигателя), сопротивление датчика уменьшается и, соответственно, уменьшается напряжение на датчике. Система имеет аварийное управление, при неисправности датчиков, помпа работает на максимальной производительности.

### 3.4 Расчет режима насоса на максимальной производительности

Геометрия насоса рассчитывается при определенной подаче  $Q_n$ , напоре  $H_n$  и частоте вращения  $n$ . Расчет осуществляется при требовании минимальных гидравлических потерь. Этот режим называется расчетным.

Исходные данные: Подача штатного насоса Д-260.9 = 135 л/мин.

Частота вращения = 2600 об/мин. Давление = 0,03 МПа.

1. Циркуляционный расход жидкости в системе охлаждения определяется по формуле:

$$\left[ G_{ж} = \frac{Q_B}{c_{ж} \rho_{ж} \Delta T_{ж}} \right] \quad (4.1)$$

$$G_{ж} = \frac{102881.4}{3850 \cdot 966.5 \cdot 9.5} = 0.0029 \text{ м}^3/\text{с.}$$

где  $Q_B$  – кол-во отводимой теплоты.  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$\rho_{ж}$  – 966,5 при  $t = 95^\circ$  (антифриз марки 40)

$c_{ж}$  – средняя теплоемкость жидкости.  $\text{Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$

$\Delta T = 10\text{K}$  температура перепада жидкости при циркуляции.

102881,4 – кол-во теплоты (Дж). Выделяемое ДВС на расчетном режиме работы.

2. Расчетная производительность насоса определяется по формуле:

					ВКР 23.05.01.649.20.CO.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\left[ G_{ж,расч} = \frac{G_{жс}}{\eta} \right] \quad (4.2)$$

$$G_{ж,расч} = \frac{0,0029}{0,85} = 0,0034 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

3. Напор насоса при максимальной производительности

$$\left[ H_n = \frac{\Delta p_{p.k}}{\rho} \right] \quad (4.3)$$

$$H_n = \frac{100000}{966,5} = 105 \text{ Дж} / \text{кг}.$$

где  $\Delta p = 966,5 \text{ кг} / \text{м}^3$  – плотность антифриза при  $t = 95^\circ$ .

$\Delta p_{p.k} = 100000$  Па, потери полного давления в радиаторном контуре

4. Частота вращения задаем не меньше частоты штатного насоса

$$n_H = 45 \text{ 1/с}$$

5. Коэффициент быстроходности

$$\left[ n_S = 3,65 \cdot g^{0,75} \cdot n \sqrt{\frac{QH}{H_H^{0,75}}} \right] \quad (4.4)$$

$$n_S = 1213,8 \cdot 45 \sqrt{\frac{0,0034}{105^{0,75}}} = 546,21$$

Рассчитываемый насос считается быстроходным.

6. Объемный КПД

$$\left[ n_0 = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot n_S^{-0,66}} \right] \quad (4.5)$$

$$n_0 = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 546,21^{-0,66}} = 0,99.$$

7. Приведенный диаметр на входе

$$\left[ D_{пр} = (4,5 \div 5) \sqrt[3]{\frac{QH}{60 \cdot n}} \right] \quad (4.6)$$

$$D_{пр} = 4,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0034}{60 \cdot 45}} = 0,048 \text{ м}.$$

					ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

8. Гидравлический КПД насоса.

$$\left[ n_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(D_{np} \cdot 10^{-3}) - 0,172]^2} \right] \quad (4.7)$$

$$n_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(0,0048 \cdot 10^{-3}) - 0,172]^2} = 0,984\%$$

9. Механический КПД

$$n_{мех} = 0,7 \div 0,9 = 0,88$$

10. Общий КПД

$$n_H = n_o \cdot n_{\Gamma} \cdot n_{мех} = 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,88 = 0,853$$

11. Мощность, потребляемая насосом и крутящий момент:

$$N_H = \frac{\rho_{жс} H_H Q_H}{n_H} \quad (4.8)$$

$$N_H = \frac{966,5 \cdot 105 \cdot 0,0034}{0,853} = 404,5 \text{ Вт}$$

$$M_{кр} = \frac{N_H}{\omega} = \frac{N_H}{(2\pi n)} \quad M_{кр} = \frac{404,5}{(2 \cdot 3,14 \cdot 45)} = 1,43 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.9)$$

11. Диаметр вала насоса

$$d_g = \sqrt[3]{M_{кр} / (0,2 \cdot \tau_{доп})} \quad (4.10)$$

$$d_g = \sqrt[3]{1,43 / (0,2 \cdot 1,6 \cdot 10^8)} = 0,0065 \text{ м.}$$

где  $\tau_{доп}$  = допускаемое напряжение кручения для вала для материала типа (X18H9T и 1X17H2 ( $1,2 \div 2,0$ )  $\cdot 10^8$  Па и  $1,2 \cdot 10^8$  Па )

12. Размер втулки

$$\text{диаметр втулки } d_{вт} = (1,2 \div 1,4) d_g = 1,4 \cdot 0,01 = 0,013 \text{ м}$$

$$\text{длина втулки } l_{вт} = (1,0 \div 1,5) d_g = 1,4 \cdot 0,01 = 0,014 \text{ м}$$

13. Наружный диаметр входа в колесо

$$D_o = \sqrt{D_{np}^2 + d_{вт}^2} \quad (4.11)$$

					ВКР 23.05.01.649.20.CO.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



$$[ v_2 = \sqrt{H_T / K_{v_2}} ] \quad (4.17)$$

$$v_2 = \sqrt{107,1 / 0,45} = 15,42 \text{ м/с.}$$

22. Диаметр колеса на выходе.

$$[ D_2 = v_2 / \pi \cdot n ] \quad (4.18)$$

$$D_2 = 15,42 / 3,14 \cdot 45 = 0,109 \text{ м}$$

23. Зададимся углом  $\beta_{2n} = 1,5 / 40 = 15^\circ$

24. Число лопаток

$$[ z = 6,5 \frac{m+1}{m-1} \sin\left(\frac{\beta_{1n} + \beta_{2n}}{2}\right) ] \quad (4.19)$$

$$z = 6,5 \frac{3,27}{1,27} \sin \frac{27+15}{2} = 6,$$

$$\text{где } m = \frac{D_2}{D_1} = \frac{0,109}{0,046} = 2,27$$

25. Вычислим теоретический напор для схемы с большим числом лопаток.

$$\psi = (0,55 \div 0,68) + 0,6 \sin \beta_{2n} = 0,55 + 0,6 \sin 15 = 0,7$$

$$[ k = \frac{2\psi}{z[1 - (D_2 / D_1)^2]} ] \quad (4.20)$$

$$k = \frac{2 \cdot 0,7}{8[1 - (0,109 / 0,048)^2]} = \frac{1,4}{33,2} = 0,042$$

$$H_T = H_T(1 + k) = 107,1(1 + 0,042) = 111,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

25. Принимаем  $C_{2m} = C_{1m}$  и уточняем скорость  $v_2$  (м/с)

$$[ v_2 = C_{2m} \text{ctg} \frac{\beta_{2n}}{2} + \sqrt{(C_{2m} \text{ctg} \frac{\beta_{2n}}{2})^2 + H_{T\infty}} ] \quad (4.21)$$

$$v_2 = 2,77 \text{ctg} \frac{15}{2} + \sqrt{(2,77 \text{ctg} \frac{15}{2})^2 + 111,5} = 24,7 \text{ м/с}$$

Уточняем  $D_2 / D_1 = v_2 / \pi n = 24,7 / (3,14 \cdot 45) = 0,17 \text{ м}$

					ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Ширина лопатки на выходе из колеса (пологая  $C_{2m} = C_{1m}$  )

$$\left[ b_2 = \frac{Q_n}{\pi D_2 c_2 \eta_0 \psi_2} \right] \quad (4.22)$$

$$b_2 = \frac{0,0034}{3,14 \cdot 0,17 \cdot 2,77 \cdot 0,99 \cdot 0,9} = 0,0024 \text{ м}$$

Расчет шпоночного соединения

Для соединения вала с колесом принимаем призматическую шпонку со скругленными торцами (исполнение 1) ГОСТ 23360-78.

Размеры шпонки и паза для диаметра вала  $d = 6 \dots 8$  мм принимаем размеры сечения шпонки  $b = 2$  мм;  $h = 2$  мм. Глубина паза  $l_1 = 1,2$  мм.

Допускаемое напряжение для стальной ступицы при колеблющейся нагрузке принимаем  $[\sigma] = 110$  Н/мм<sup>2</sup>.

Расчетная длина шпонки

Условие прочности на смятие:  $\left[ M_{кр.мах} \right] = 0,5 \cdot d \cdot K \cdot l \cdot [\sigma_{см}] \cdot 10^{-3}$

Условие прочности сечения С-С на срез:

$$\left[ M_{кр.мах} \right] = 0,5 \cdot (d + K) \cdot b \cdot l \cdot [\tau_{ср}] \cdot 10^{-3} \quad (4.23)$$

где  $\left[ M_{кр.мах} \right]$  = наибольший допустимый крутящий момент. Н·м

$M_{кр}$  = крутящий момент на валу. Н·м

$l$  = рабочая длина шпонки. мм

$d$  = диаметр вала. мм

$b$  = ширина шпонки. мм

$h$  = высота шпонки. мм

$K$  = выступ шпонки от шпоночного паза. мм

$[\tau_{ср.}]$  = допускаемое напряжение на срез. МПа

					ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

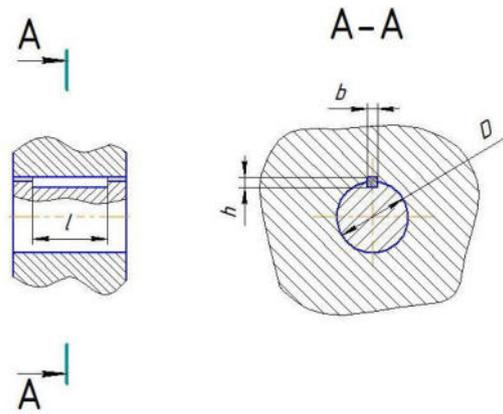


Рисунок 4.5 – Расчетная схема

$[\sigma_{cp}]$  = допустимое напряжение на смятие, МПа

Минимальная длина шпонки для сечения 2х2 составляет 8 мм, выбираем ее. В машиностроении принимают  $[\sigma_{см}] = (0,3 \dots 0,5) \sigma_T$  - для неподвижных соединений и  $[\sigma_{см}] = (0,1 \dots 0,2) \sigma_T$  - для подвижных соединений, где  $\sigma_T$  – предел текучести материала шпонки.

$$[M_{кр.мах}] = 0,5 \cdot d \cdot K \cdot l \cdot [\sigma_{см}] \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 6,25 \cdot 0,8 \cdot 8 = 20$$

$$[M_{кр.мах}] = 0,5 \cdot (d + K) \cdot b \cdot l \cdot [\tau_{cp}] \cdot 10^{-3} = 5,8$$

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 23.05.01.649.20.СО.00.00.00.ПЗ

Лист

## 4 Расчет трактора

### 4.1 Тракторы тягового класса 1,4

В отличие от мировой практики, где размер трактора принято характеризовать мощностью двигателя, в России для этого используется его номинальное тяговое усилие, зависящее от типа ходовой системы и эксплуатационной массы. Номинальное тяговое усилие в настоящее время стандартизовано по тяговым классам в соответствии с ГОСТ 27021-86. Как показала практика, именно этот параметр считается наиболее стабильным и определяет возможности агрегатирования трактора с машинами-орудиями, имеющими разную ширину захвата и, следовательно, тяговые сопротивления, а такой показатель, как мощность, используемый за рубежом, является менее стабильным и во многом зависит не только от типа двигателя, но и от скорости машинно-тракторного агрегата (МТА) и почвенных условий. В основу построения типажа положена возможность частичного перекрытия диапазонов тяговых усилий тракторов в смежных классах при оптимальном минимально обоснованном количественном составе моделей в каждом классе. Иначе говоря, типаж отечественных тракторов это по существу типоразмерный ряд выпускаемых (или разрабатываемых) тракторов, сгруппированных по принятым в России тяговым классам (0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6).

Тракторы класса 1,4 открывают серию техники со средней мощностью. К данному классу относятся универсально-пропашные машины, которые задействуются на посевных и овощеуборочных работах, на распашке, орошении, удобрении и культивации полей, на лесозаготовительных производствах. Отдельные модификации также применяются коммунальными службами на земельной и бульдозерных работах.

Тракторы тягового класса 1,4 (МТЗ-80.1, МТЗ-82, Беларус-923, ЮМЗ-6АКМ, ЮМЗ-6ДМ, ЛТЗ-60АБ и др.) эффективно используют при возделывании и уборке технических и овощных культур. В агрегате с навесными, полунавес-

ными и прицепными сельскохозяйственными машинами и орудиями они служат для вспашки, культивации, боронования, посева, посадки, междурядной обработки и заготовки кормов, разбрасывания удобрений, перевозки, а также приводят в действие стационарные машины.

Для работы в различных условиях выпускают тракторы 25 модификаций марки «Беларус». Они отличаются комплектацией. Например, трактор «Беларус-922» имеет двигатель мощностью 89 л.с и все ведущие колеса. У него синхронизированная коробка передач с постоянным зацеплением шестерен и несколькими диапазонами передач, которые переключаются на ходу, как у автомобиля.

Класс тяги тракторов служит едва ли не основным критерием при выборе техники. Чем выше этот показатель, тем в более сложных условиях сможет работать трактор. Но не всегда необходима самая мощная из всех существующих машин. При невысокой вязкости грунта для работы достаточно и трактора с небольшой тягой. Более мощная модель потребляет и больше топлива и других технических жидкостей. Таким образом, если вся полезная мощность трактора не идет на выполнение поставленных задач и часть просто растрачивается в пустую, это приводит к финансовым убыткам. Так что лучше выбирать модель, наиболее подходящую к эксплуатации в определенной местности. Это позволит получить максимальную производительность и даст возможность избежать неоправданных затрат. В конце концов, любой бизнес ориентирован на получение максимальной прибыли, поэтому необоснованные издержки в таком деле никому не нужны.

Классификацию тракторов по классам следует рассмотреть подробнее на конкретных примерах. К классам 0,1 и 0,2 относятся мотоблоки и мелкогабаритные тракторы. Эта техника предназначена для решения простейших задач и работ на самых простых типах грунта. Зачастую используется в индивидуальных хозяйствах или в качестве вспомогательного оборудования. Она обладает очень низким уровнем проходимости, поэтому для нормальной работы требует

хорошо укатанного плотного дорожного покрытия. Техника классов 0,4, 0,6 и 0,9 относится к колесным тракторам малой мощности. В основном данные машины применяются на посевных и уборочных работах, где нет необходимости в использовании мощной техники.



Рисунок 4.1 Трактор тягового класса 1.4

#### **4.2 Тепловой расчет двигателя трактора**

Тепловой расчет позволяет с достаточной степенью точности определить основные параметры вновь проектируемого двигателя, а так же проверить степень совершенства действительного цикла реального работающего двигателя.

Метод теплового расчета, принятый в русской технической литературе, в своей основе, был впервые разработан профессором В.И.Гриневецким в 1907 году и в дальнейшем развит применительно к различным типам двигателей.

Тепловой расчет включает в себя несколько этапов:

1. Обоснование и выбор аналогов, недостающих исходных данных и расчетных режимов.

2. Определение параметров рабочего тела – топливовоздушной смеси и продуктов сгорания в зависимости от их состава, определяемого значениями коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  .

3. Последовательный расчет основных процессов цикла – наполнения, сжатия, сгорания, расширения, выпуска.

4. Определение индикаторных, эффективных и удельно-массовых показателей двигателя.

5. Построение и анализ внешней скоростной характеристики двигателя.

6. Построение расчетных индикаторных диаграмм цикла в координатах "давление - текущий объем цилиндра" (P-V) и "давление – угол поворота коленчатого вала" (P-φ).

В данной работе рассчитывается дизельный двигатель с газотурбинным наддувом и охладителем наддувочного воздуха.

Для дизельного двигателя принимаем:

1. Режим минимальной частоты вращения:

$$n_{\min} = 0,3 \cdot n_N = 0,3 \cdot 4500 = 1350 \text{ об.мин};$$

2. Режим максимального крутящего момента:

$$n_M = 0,5 \cdot n_N = 0,5 \cdot 4500 = 2250 \text{ об/мин};$$

3. Режим максимальной (номинальной) мощности:

$$n_N = n_p = 4500 \text{ об/мин.}$$

4. Промежуточные режимы (задаются несколько значений)

$$n_x = (0.4 \dots 0.9) \cdot n_p.$$

Весь числовой расчет будет проводиться только для режимов максимальной мощности, т.е. при  $n_N = 4500$  об/мин, а для остальных режимов окончательные значения рассчитываемых параметров приводятся в табличной форме.

В соответствии с заданной степенью сжатия  $\varepsilon = 17,0$  и ГОСТ 305-82 для рассчитываемого двигателя принимаем дизельное топливо (для работы в летних условиях – марки Л и для работы в зимних условиях – марки З). Цетановое число топлива – не менее 45.

Средний элементарный состав и молекулярная масса ДТ принимается согласно (стр. 129, [1]):

$$C = 0,870; H = 0,126; O = 0,004; m_m = 190 \text{ кг/кмоль}$$

Низшая теплота сгорания топлива

$$\begin{aligned} H_u &= 33,91C + 125,60H - 10,89(O - S) - 2,51(9H + W) = \\ &= 33,91 \cdot 0,87 + 125,6 \cdot 0,126 - 10,89 \cdot 0,004 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,126 = \\ &= 42,44 \text{ МДж/кг} = 42\,437 \text{ кДж/кг.} \end{aligned}$$

#### 4.2.1 Параметры рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{1}{0,208} \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \cdot \left( \frac{0,870}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = \\ &= 0,499 \frac{\text{кмольвозд}}{\text{кмольтоплива}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_0 &= \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 - 0,004 \right) = \\ &= 14,452 \frac{\text{кгвозд}}{\text{кгтопл}} \end{aligned}$$

Коэффициент избытка воздуха. Уменьшение коэффициента избытка воздуха до возможных пределов уменьшает размеры цилиндров и, следовательно, повышает литровую мощность дизеля, но одновременно с этим значительно возрастает теплонапряженность двигателя, особенно детали поршневой группы, увеличивается дымность выпускных газов. Лучшие образцы современных дизелей с наддувом работают на номинальном режиме без существенного перегрева при  $\alpha \approx 1,6 - 1,8$ . В связи с этим можно принять  $\alpha = 1,6$  на номинальном режиме, а на режимах минимальной частоты вращения  $\alpha = 1,4$ .

Количество свежего заряда:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 = 1,6 \cdot 0,499 = 0,804 \frac{\text{кмольгор.см}}{\text{кгтопл}}$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0,870}{12} = 0,073 \text{ кмоль}CO_2/\text{кгтопл.};$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,126}{2} = 0,063 \text{ кмоль}H_2O/\text{кгтопл}$$

$$M_{O_2} = \frac{0,208(\alpha - 1)}{L_0} = \frac{0,208 \cdot (1,6 - 1)}{0,499} = 0,063 \text{ кмоль}O_2/\text{кгтопл.};$$

$$M_{N_2} = 0,792\alpha L_0 = 0,792 \cdot 1,6 \cdot 0,499 = 0,637 \text{ кмоль}N_2/\text{кгтопл.}$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} =$$

$$= 0,073 + 0,063 + 0,063 + 0,637 = 0,835 \text{ кмольпр.сг/кгтопл.};$$

## 4.2.2 Параметры окружающей среды и остаточные газы

Атмосферные условия:  $p_0=0,101325$  и  $T_0=293$  К,

Потребные значения давления  $P_k$  за компрессором для обеспечения заданной мощности  $N_{e\text{дизеля}}$  и характера кривой крутящего момента ориентировочно определяют в следующем порядке:

а) Для номинального режима работы двигателя ( $n = n_p$ ):

- потребное среднее эффективное давление (МПа):

$$P_{e,N} = 120 \cdot N_e / (iV_h' \cdot n_p) = 120 \cdot \frac{100}{5 \cdot 0,4 \cdot 4500} = 1,067 \text{ МПа}$$

- плотность заряда за компрессором ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ):

$$\rho_k = \alpha \cdot l_0 \cdot P_{e,N} / (\eta_1 \cdot H_u \times \eta_v \cdot 0,95 \cdot \eta_m) =$$

$$= 1,6 \cdot 14,452 \cdot \frac{1,067}{0,43 \cdot 42,437 \cdot 0,81 \cdot 0,95 \cdot 0,94} = 2,073 \text{ кг}/\text{м}^3,$$

где  $\eta_1 = 0,41 \dots 0,47$  – индикаторный КПД;

$\eta_v = 0,88 \dots 0,95$  – коэффициент наполнения;

$\eta_m = 0,80 \dots 0,85$  – механический КПД;

- давление за компрессором (МПа):

$$P_k = \rho_k \cdot R \cdot T_k' = 2,073 \cdot 287 \cdot 360 = 0,214 \text{ МПа},$$

где  $T_k' = 360 \dots 370$  К – условная (желательная) температура заряда за компрессором;

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

-фактическая температура заряда за компрессором:

$$T_k = T_0 \left(\frac{P_k}{P_0}\right)^{(n-1)/n} = 293 \cdot \left(\frac{0,217}{0,101}\right)^{(1,65-1)/1,65} = 396,5 \text{ K}$$

где  $n_k = 1,6 \dots 1,8$  – показатель политропы сжатия в компрессоре;

- глубина охлаждения заряда в ОНВ:

$$\Delta T_{\text{ОНВ}} = T_k - T_k' = 396,5 - 360 = 36,5 \text{ K}$$

б). Для режима наибольшего крутящего момента ( $n = n_M$ ):

- потребное среднее эффективное давление  $P_e$  (МПа):

$$P_e = K_m \cdot P_{e,N} = 1,3 \cdot 1,067 = 1,387 \text{ МПа},$$

где  $K_m$  – коэффициент приспособляемости ( $K_m = 1,3$ );

$P_{e,N}$  – среднее эффективное давление на номинальном режиме работы двигателя.

- плотность заряда за компрессором ( $\text{кг/м}^3$ ):

$$\begin{aligned} \rho_k &= \alpha \cdot l_o \cdot P_e / (\eta_1 \cdot H_u \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot 0,98) = \\ &= 1,6 \cdot 14,452 \cdot \frac{1,387}{0,44 \cdot 42,437 \cdot 0,87 \cdot 0,91 \cdot 0,91} = 1,888 \text{ кг/м}^3, \end{aligned}$$

где  $\eta_1 = 0,43 \dots 0,49$ ;  $\eta_v = 0,91 \dots 0,97$ ;  $\eta_m = 0,87 \dots 0,92$ .

Далее определяются  $P_k$ ,  $T_k$ ,  $\Delta T_{ОНВ}$  – как и для ном. режима.

Температура и давление остаточных газов:

Давление остаточных газов для двигателей с газотурбинным наддувом (МПа):

$$P_r = (0,75 \dots 0,98) \cdot P_k = 0,9 \cdot 0,214 = 0,193 \text{ МПа}$$

### 4.2.3 Процесс впуска

Зададимся подогревом заряда при впуске  $\Delta T$  от стенок впускного трубопровода (коллектора), стенок цилиндра и днища поршня:  $\Delta T_N = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . На остальных режимах значения  $\Delta T$  рассчитываются:

$$\Delta T = A_T(110 - 0,0125n),$$

$$\text{где } A_T = \frac{\Delta T_N}{110 - 0,0125n_N} = \frac{2}{110 - 0,0125 \cdot 4500} = 0,0372$$

$$\Delta T = 0,0372(110 - 0,0125 \cdot 1350) = 3,47 \text{ К}$$

Потери давления на впуске при учете качественной обработки внутренних поверхностей впускных систем можно принять  $\beta_2 + \xi_{\text{вп}} = 2,3$  и  $\omega_{\text{вп}} = 91,7 \text{ м/с}$ . Тогда  $\Delta P_a$  на номинальном режиме двигателя рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{\text{вп}}) A_n^2 n^2 \rho_k 10^{-6} / 2,$$

$$\text{где } A_n = \omega_{\text{вп}} / n_N = \frac{91,7}{4500} = 0,02155$$

$$\text{тогда } \Delta P_a = 2,3 \cdot 0,002155^2 \cdot 4500^2 \cdot 2,073 \cdot \frac{10^6}{2} = 0,02 \text{ МПа}$$

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_0 - \Delta P_a = 0,214 - 0,02 = 0,194 \text{ МПа}$$

Коэффициент очистки принимаем в пределах  $\varphi_{оч}=0,8\dots0,95$ . Задаемся значениями коэффициента дозаряди  $\varphi_{доз}$ , для каждой из расчетных частот вращения, основываясь на статистических данных ([2], Стр. 33, рис. 2.9). Следует учитывать, что зависимости  $\varphi_{доз}(n)$ , применяемые в расчетах, обычно близки к линейным.

Коэффициент остаточных газов:

$$\begin{aligned} \gamma_r &= \frac{\varphi_{оч}(T_{о\text{нб}} + \Delta T)}{\varphi_{доз} T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \varphi_{доз} P_a - \varphi_{оч} P_r} = \\ &= \frac{0,88(360 + 2)}{1,12 \cdot 768,8} \cdot \frac{0,193}{17,0 \cdot 1,12 \cdot 0,194 - 0,88 \cdot 0,193} = 0,0202 \end{aligned}$$

Температура в конце впуска:

$$T_a = \frac{(T_{о\text{нб}} + \Delta T + \varphi \cdot \gamma_r \cdot T_r)}{1 + \gamma_r} = \frac{360 + 2 + 1,1 \cdot 0,0190 \cdot 768,8}{1 + 0,0190} = 372,9 \text{ К}$$

где  $\varphi = 1,1\dots1,2$  – коэффициент, учитывающий различие теплоемкости свежего заряда и остаточных газов.

Коэффициент наполнения:

$$\begin{aligned} \eta_v &= \frac{T_{о\text{нб}}}{T_{о\text{нб}} + \Delta T} \cdot \frac{\varepsilon \varphi_{доз}}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{1 - p_r}{p_a \varepsilon} = \\ &= \frac{360}{360 + 2} \cdot \frac{17 \cdot 1,12}{17 - 1} \cdot \frac{0,194}{0,214} \cdot \frac{1 - 0,193}{0,194 \cdot 17} = 1,01 \end{aligned}$$

#### 4.2.4 Процесс сжатия и сгорания

Средний показатель адиабаты сжатия  $k_1$  определяется по номограмме (рис. 4.4, стр. 73, [1]), средний показатель политропы сжатия  $n_1$  принимается несколько меньше  $k_1$ . Так при  $n_N = 4500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $T_a = 373, \text{ K}$  и  $\varepsilon = 17$ :

$$k_1 = 1,36432$$

$$n_1 = k_1 - 0,005 = 1,36432 - 0,005 = 1,3593$$

Давление в конце сжатия при:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} = 0,194 \cdot 17^{1,3593} = 9,132 \text{ МПа.}$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 373 \cdot 17^{1,3593 - 1} = 1034,02 \text{ K}$$

$$t_c = T_c - 273 = 1032,19 - 273 = 761,02 \text{ }^\circ\text{C}$$

Коэффициент молекулярного изменения горючей смеси:

$$\mu_0 = M_2 / M_1 = 0,835 / 0,804 = 1,0393$$

Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси:

$$\mu = (\mu_0 + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) = (1,039 + 0,0202) / (1 + 0,0202) = 1,0386$$

Теплота сгорания рабочей смеси:

$$\begin{aligned} H_{p.c.} &= (H_u - \Delta H_u) / [M_1 \cdot (1 + \gamma_r)] = 42437 / (0,804 \cdot (1 + 0,0202)) = \\ &= 51750 \text{ кДж/кМоль} \end{aligned}$$

Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания при температуре  $t_x$ , °C, определяется выражением:

$$(m \times c_v'')_{t_0}^{t_x} = a_1 +$$

$$b_1 \cdot t_x = 23,93 + 0,00185 \cdot 761,02 = 24,4 \text{ кДж/(кмоль} \times \text{К)},$$

где:

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{M_2} (M_{\text{CO}_2} \cdot 39,123 + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 26,67 + M_{\text{N}_2} \cdot 21,951 + M_{\text{O}_2} \cdot 23,723) = \\ &= \frac{1}{0,835} (0,073 \cdot 39,123 + 0,063 \cdot 26,67 + 0,637 \cdot 21,951 + 0,063 \cdot 23,723) \\ &= 23,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{M_2} (M_{\text{CO}_2} \cdot 0,003349 + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 0,004438 + M_{\text{N}_2} \cdot 0,001457 + M_{\text{O}_2} \cdot 0,00155) = \\ &= \frac{1}{0,835} (0,073 \cdot 0,003349 + 0,063 \cdot 0,004438 + 0,637 \cdot 0,001457 + \\ &\quad + 0,063 \cdot 0,00155) = 0,00185 \end{aligned}$$

Молярная теплоемкость смеси свежего заряда и остаточных газов:

$$(m \times c_v')_{t_0}^{t_x} = a_2 + b_2 \cdot t_x = 20,66 + 0,002622 \cdot 759,19 =$$

$$22,65 \text{ кДж/(кмоль} \times \text{К)},$$

где:

$$a_2 = (20,600 + \gamma_r \cdot a_1) / (1 + \gamma_r) = (20,6 + 0,0190 \cdot 23,93) / (1 + 0,0190) = 20,66$$

$$b_2 = (0,002638 + \gamma_r \cdot b_1) / (1 + \gamma_r) = (0,002638 + 0,02118 \cdot 0,00185) /$$

$$/(1 + 0,02118) = 0,002622$$

По (рис.2.13, стр. 38, [2]) задаем максимальное давление цикла ( $P_z$ ) в зависимости от частоты вращения КВ.

Вычисляем степень повышения давления в цикле:

Для номинального режима:

$$\lambda = P_z / P_c = 13,211 / 9,132 = 1,447$$

Температура  $T_z$  в конце сгорания определяем по уравнению сгорания, коэффициенты которого:

$$x_1 = \xi_z \cdot H_{p.c.} + [(a_2 + b_2 \cdot t_c) \cdot t_c + 8,314 \cdot \lambda] = 0,837 \cdot 51750 + [(20,66 + 0,001844 \cdot 761,02) \cdot 761,02 + 8,314 \cdot 1,447] = 70627$$

$$x_2 = \mu \cdot (a_1 + 8,314) = 1,0393 \cdot (23,93 + 8,314) = 33,489$$

$$x_3 = \mu \cdot b_1 = 1,0386 \cdot 0,001844 = 0,00192$$

Температура в конце сгорания:

$$t_z = \frac{-x_2 + \sqrt{x_2^2 + 4 \cdot x_1 \cdot x_3}}{2 \cdot x_3} = \frac{-33,489 + \sqrt{33,489^2 + 4 \cdot 70627 \cdot 0,0019}}{2 \cdot 0,0019} = 1901,2^\circ\text{C}$$

$$T_z = t_z + 273 = 1901,1 + 273 = 2174,2 \text{ К}$$

Степень предварительного расширения:

$$\rho = \mu \cdot T_z / (\lambda \cdot T_c) = 1,0393 \cdot 2174,2 / (1,447 \cdot 1034,02) = 1,510$$

#### 4.2.5 Процесс расширения и выпуска

Степень последующего расширения:

$$\delta = \varepsilon / \rho = 17 / 1,510 = 11,261$$

Средний показатель адиабаты расширения  $k_2$  определяется по номограмме (рис. 4.8, стр. 82, [1]) при заданном  $\varepsilon$  для соответствующих значений

$\alpha$  и  $T_z$ , а средний показатель политропы расширения  $n_2$  оценивается по величине среднего показателя адиабаты. Так для номинального режима при  $\varepsilon = 17, \alpha = 1,6$  и  $T_z = 2174,2, k_2 = 1,2779$  что позволяет принять  $n_2 = 1,2769$

Давление и температура в конце расширения:

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{13,211}{17^{1,2769}} = 0,600 \text{ МПа}$$

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = \frac{2174,2}{17^{1,2769-1}} = 1112,1, K$$

Температура  $T_r'$  остаточных газов:

$$T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} = \frac{1112,1}{\sqrt[3]{\frac{0,600}{0,193}}} = 761,6 K$$

Проверка совпадения с выбранными в начале расчета (см. 2) значениями температуры остаточных газов  $T_r$ :

$$\Delta = ([T_r - T_r'] / T_r) \cdot 100, \%$$

Допустимая погрешность  $[\Delta]$  не должна превышать 15 %.

#### 4.2.6 Индикаторные параметры рабочего цикла

Теоретическое среднее индикаторное давление:

$$P_{i,m} = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{9,259}{17-1} \left[ 1,427 \cdot (1,530 - 1) + \frac{1,427 \cdot 1,530}{1,2769 - 1} \left( 1 - \frac{1}{11,112^{1,2769-1}} \right) - \frac{1}{1,359 - 1} \left( 1 - \frac{1}{17^{1,359-1}} \right) \right] = 1,605 \text{ МПа}$$

Среднее индикаторное давление:

$$P_i = \varphi_n \cdot P_{i,m} = 0,96 \cdot 1,629 = 1,541 \text{ МПа},$$

где  $\varphi_n$  – коэффициент полноты диаграммы.

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива:

$$\eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{H_u \rho_0 \eta_V} = \frac{1,541 \cdot 14,452 \cdot 1,6}{42,437 \cdot 2,073 \cdot 1,01} = 0,404$$

$$g_i = \frac{3600}{H_u \eta_i} = \frac{3600}{42,437 \cdot 0,404} = 210,2 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

#### 4.2.7 Эффективные показатели двигателя

Среднее давление механических потерь для дизельных двигателей с наддувом подсчитывается по формуле:

$$P_m = \left( \frac{P_k}{P_0} \right)^{0,125} (a_m + b_m \cdot C_n) + 0,035 (P_k - P_0) =$$

$$= \left( \frac{0,214}{0,101325} \right)^{0,125} (0,089 + 0,0118 \cdot 12,7) + 0,035 (0,217 - 0,101325) =$$

$$= 0,252 \text{ МПа},$$

где:  $a_m$  и  $b_m$  - коэффициенты, значения которых принимаем по (табл.2.5, стр 42, [2]):

$$a_m = 0,089,$$

$$b_m = 0,0118,$$

$C'_n$  – средняя скорость поршня для номинального режима, предварительно принимаем ход поршня(S) равным 85 мм:

$$C_n = \frac{S \cdot n}{10^4 \cdot 3} = 85 \cdot \frac{4500}{10^4 \cdot 3} = 12,75 \text{ м/с}$$

Среднее эффективное давление и механический КПД:

$$p_e = p_i - p_M = 1,541 - 0,252 = 1,289 \text{ МПа}$$

$$\eta_M = \frac{p_e}{p_i} = \frac{1,289}{1,541} = 0,836$$

Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива

$$\eta_e = \eta_i \eta_M = 0,404 \cdot 0,836 = 0,335$$

$$g_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} = \frac{3600}{42,437 \cdot 0,335} = 251,3 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

#### 4.2.8 Основные параметры цилиндра и двигателя

Литраж:

$$V_L = \frac{30 \tau N_e}{p_e n} = \frac{30 \cdot 4 \cdot 100}{1,289 \cdot 4500} = 2,069 \text{ л}$$

Рабочий объем одного цилиндра:

$$V_H = \frac{V_L}{i} = \frac{2,069}{5} = 0,41 \text{ л}$$

Диаметр цилиндра, принимая  $S/D=1,0375$ :

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_H}{\pi \frac{S}{D}}} = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,41}{3,14 \cdot 1,0375}} = 79,8 \text{ мм}$$

Диаметр цилиндра округленный до стандартного значения:

$$D = 80 \text{ мм}$$

$$\text{Ход поршня: } S = D \cdot 1,0375 = 85 \cdot 1,0375 = 83,0 \text{ мм}$$

Площадь поршня:

$$F_{\text{п}} = \frac{\pi D^2}{4 \cdot 100} = \frac{\pi 80^2}{4 \cdot 100} = 50,24 \text{ см}^2$$

Так как ход поршня изменился, найдем уточненную скорость поршня:

$$C_n = \frac{S \cdot n}{10^4 \cdot 3} = 83 \cdot \frac{4500}{10^4 \cdot 3} = 12,45 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

что достаточно близко (ошибка <1%) к ранее принятому значению.

Литраж двигателя уточненный:

$$V_{\text{л}} = \frac{\pi D^2 S i}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 80^2 \cdot 83 \cdot 5}{4 \cdot 10^6} = 2,085 \text{ л}$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = \frac{p_e V_{\text{л}} n}{30 \tau} = \frac{1,303 \cdot 2,085 \cdot 4500}{30 \cdot 4} = 100,8 \text{ кВт}$$

Литровая мощность двигателя:

$$N_{\text{л}} = \frac{N_e}{V_{\text{л}}} = \frac{100,8}{2,085} = 48,7 \frac{\text{кВт}}{\text{л}}$$

Эффективный крутящий момент:

$$M_e = \frac{(3 \cdot 10^4)}{\pi} \cdot \frac{N_e}{n} = \frac{(3 \cdot 10^4)}{3,14} \cdot \frac{100,8}{4500} = 213,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Часовой расход топлива

$$G_{\text{т}} = N_e g_e \cdot 10^{-3} = 100,8 \cdot 251,3 \cdot 10^{-3} = 25,33 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Значения  $N_e, M_e, G_{\text{т}}$  для остальных режимов представлены в таблице 4.1 и

на рис. 4.2, рис. 4.3.

Таблица 4.1

п об/мин	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500
Ne, кВт	32,900	47,077	62,585	73,912	83,150	90,516	96,657	100,782
Me, Нм	232,8	249,9	265,8	261,5	252,2	240,2	228,0	214,0
Gт, кг/ч	6,926	9,768	12,814	15,699	18,368	20,793	23,155	25,330

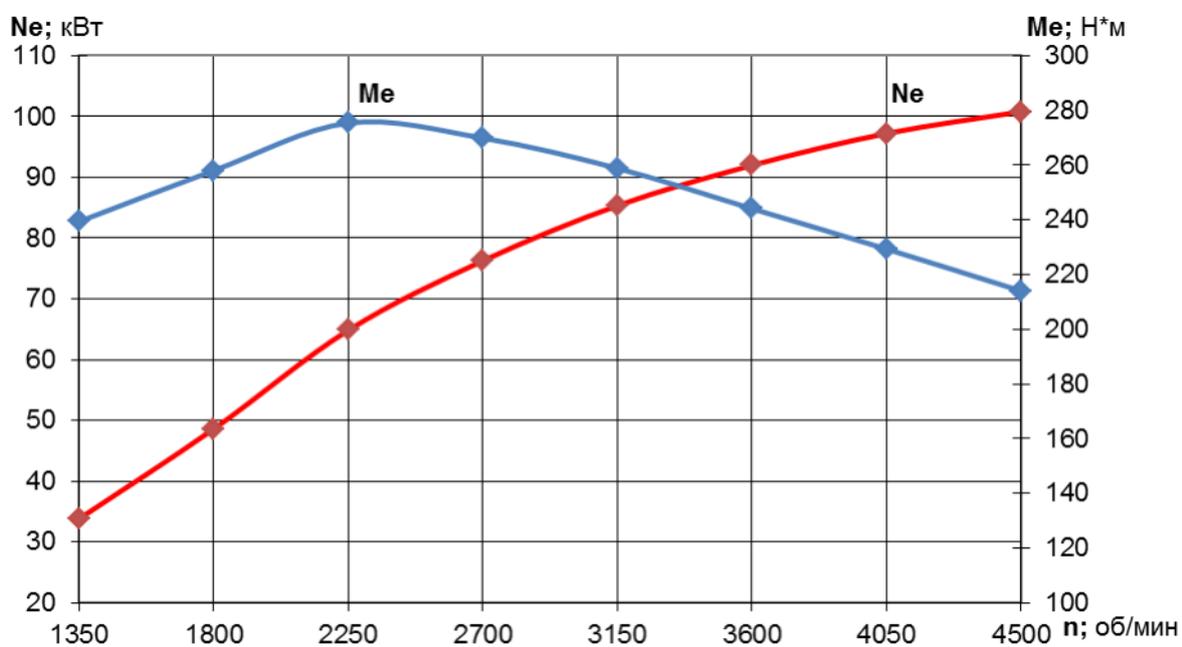


Рисунок 4.2 Графики изменения мощности и крутящего момента по оборотам КВ.

Находим коэффициент присп-ти по моменту:

$$K_M = M_{emax} / M_N = 261,5 / 214 = 1,242$$

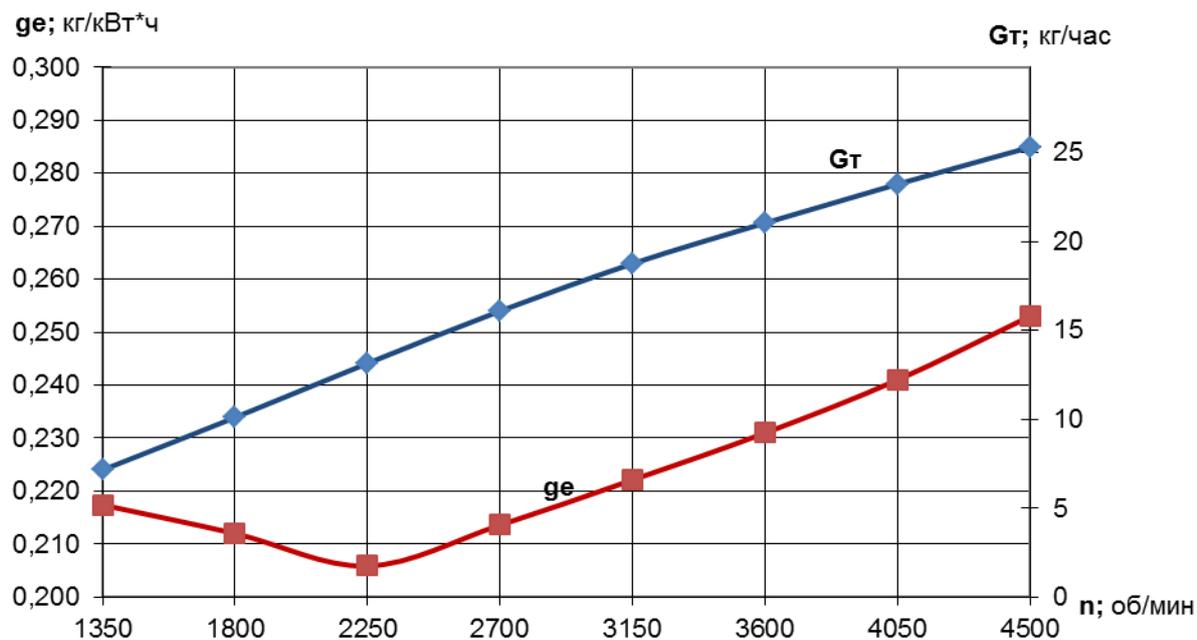


Рис.4.3 График изменения удельного эффективного расхода топлива и часового расхода топлива в зависимости от частоты вращения КВ.

#### 4.2.9 Тепловой баланс

Тепло, выделяющееся при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, не может быть полностью преобразовано в полезную механическую работу.

Тепловой баланс позволяет определить тепло, превращенное в полезную эффективную работу, т.е. установить степень достигнутого совершенства теплоиспользования и наметить пути уменьшения имевшихся потерь.

В общем виде тепловой баланс двигателя может быть представлен в виде:

$$Q_o = Q_e + Q_r + Q_b + Q_{н.с.} + Q_{ост} = H_u G_T / 3,6$$

Где  $Q_o$  - общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом.

Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1с:

$$Q_e = 1000 N_e$$

Теплота, потерянная с отработавшими газами:

$$Q_r = \frac{G_T}{3,6} [M_2((mc_v)_{\text{ост.г}} + 8,315)t_r - M_1((mc_v)_{\text{раб.см}} + 8,315)t_0]$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде:

$$Q_B = ciD^{1+2m}n^m \frac{1}{\alpha}$$

Где  $c = 0,53$  - коэффициент пропорциональности для четырехтактного двигателя, выбираем по рекомендациям;  $i$  – число цилиндров;  $D$  – диаметр цилиндра, см;  $n$  – частота вращения КВ,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $m = 0,45 - 0,7$  – показатель степени для 4-х тактного двигателя.

Неучтенные потери теплоты:

$$Q_{\text{ост}} = Q_o - (Q_e + Q_r + Q_B + Q_{\text{н.с.}})$$

Для удобства сравнения распределения теплоты или оценить степень теплоиспользования, то удобнее относительные величины, в процентах.

$$q_o = q_e + q_r + q_B + q_{\text{н.с.}} + q_{\text{ост}} = 100\%$$

Проведем пример расчета для номинального режима, для всех остальных режимов результаты приведены в таблице 4.2.

$$Q_o = 42437 \cdot \frac{25,3}{3,6} = 298595 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$Q_e = 1000 \cdot 100,8 = 100800 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$\begin{aligned} Q_r &= \frac{25,3}{3,6} [0,835(24,4 + 8,315) \cdot 495,8 - 0,803(24,12 + 8,315) \cdot 100,6] \\ &= 76392 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$Q_B = 0,45 \cdot 5 \cdot 80^{1+2 \cdot 0,7} \cdot 4500^{0,7} \frac{1}{1,6} = 74158 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{ост}} = 298595 - (100800 + 76392 + 74158) = 47264 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

Переведем абсолютные величины в относительные величины:

$$q_e = \frac{Q_e}{Q_o} \cdot 100\% = \frac{100800}{298595} \cdot 100\% = 33,8\%$$

$$q_r = \frac{Q_r}{Q_o} \cdot 100\% = \frac{76392}{298595} \cdot 100\% = 24,8\%$$

$$q_b = \frac{Q_b}{Q_o} \cdot 100\% = \frac{74158}{298595} \cdot 100\% = 25,6\%$$

$$q_{\text{ост}} = \frac{Q_{\text{ост}}}{Q_o} \cdot 100\% = \frac{47264}{298595} \cdot 100\% = 15,8\%$$

Таблица 4.2

n, об/мин.	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500
Q <sub>0</sub> , Дж/с	81648	115148	151048	185066	216530	245106	272954	298595
Q <sub>e</sub> , Дж/с	32900	47077	62585	73912	83150	90516	96657	100782
m	0,66	0,675	0,681	0,687	0,691	0,694	0,696	0,7
Q <sub>b</sub> , Дж/с	23266	34028	42968	51581	58505	63959	68266	74158
Q <sub>r</sub> , Дж/с	19050	27031	35509	43892	52076	60145	68513	76392
Q <sub>ост</sub> , Дж/с	6432	7011	9986	15681	22798	30486	39518	47264
q <sub>e</sub>	40,3	40,9	41,4	39,9	38,4	36,9	35,4	33,8
q <sub>b</sub>	28,5	29,6	28,4	27,9	27,0	26,1	25,0	24,8
q <sub>r</sub>	23,3	23,5	23,5	23,7	24,1	24,5	25,1	25,6
q <sub>ост</sub>	7,9	6,1	6,6	8,5	10,5	12,4	14,5	15,8

Строим график зависимости составляющих теплового баланса двигателя от частоты вращения КВ. (рис.4.4)

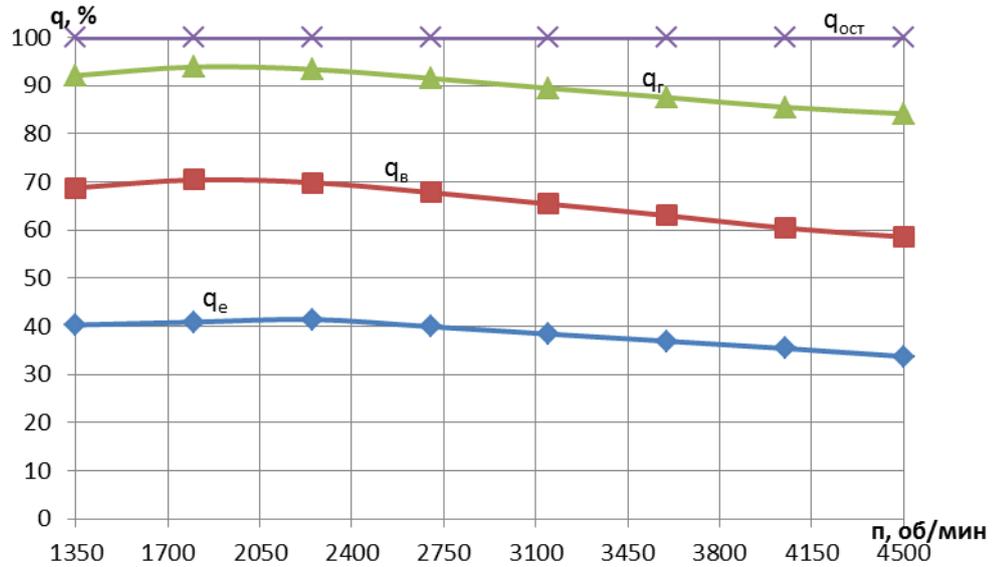


Рис. 4.4. График зависимости составляющих теплового баланса двигателя от частоты вращения КВ.

### 4.3 Расчет потенциальной характеристики трактора

Потенциальная тяговая характеристика рассчитывается и строится для будущего трактора при работе в типичных (нормальных) условиях, такими условиями для сельскохозяйственного трактора является: агрофон – стерня зерновых культур, поверхность поля равна ( $\alpha = 0$ ), почва – средний суглинок, удельное сопротивление почвы - 0,05...0,06 МПа, влажность – нормальная, т. е. 16...18%. Для таких условий подбирается из справочников  $\varphi$  и  $f$ .

Предварительно должно быть определено:  $m_э$ ,  $N_{e ном}$ , тип трактора и его класс и колесная схема, к. п. д. трансмиссии.

Теоретическая скорость:

$$g_m = \frac{1000 * N_{e ном} * \eta_{ТР}}{P_{кр} + f * m_э * 9,81} = \frac{1000 * 100 * 0,9}{6000 + 0,09 * 2400 * 9,81} = 8,77 \text{ м/с}$$

где,  $\eta_{ТР} = 0,9$  - к.п.д. трансмиссии;  $P_{кр} = 6000$  Н - тяговое усилие на крюке трактора;  $f = 0,09$  - коэффициент сопротивления качению;  $m_э = 2400$  кг - эксплуатационная масса трактора.

Величина буксования трактора:

$$\delta = a * p + b * p^c = 0,13 * 0,64 + 0,013 * 0,64^8 = 0,08$$

где,  $a = 0,13$ ,  $b = 0,013$ ,  $c = 8$  - постоянные коэффициенты.

$$p = \frac{P_{кр}}{\varphi * \lambda_{\kappa} * m_{\vartheta} * 9,81} = \frac{6000}{0,8 * 0,7 * 2400 * 9,81} = 0,64$$

где,  $\varphi = 0,8$  - коэффициент сцепления;  $\lambda_{\kappa} = 0,7$  - коэффициент распределения веса на ведущее колесо.

Потеря мощности на буксование:

$$N_{\delta} = \frac{P_{кр} * g_m * \delta}{1000} = \frac{6000 * 2,77 * 0,08}{1000} = 1,38 \text{ кВт}$$

Потеря мощности на качение:

$$\begin{aligned} N_f &= \frac{f * m_{\vartheta} * 9,81 * g_m (1 - \delta)}{1000} = \\ &= \frac{0,09 * 2400 * 9,81 * 2,77 * (1 - 0,08)}{1000} = 14 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Мощность на крюке:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} * g_m * (1 - \delta)}{1000} = \frac{6000 * 2,77 * (1 - 0,08)}{1000} = 15,2 \text{ кВт}$$

Величина тягового к. п. д.:

$$\eta_{тяг.усл} = \frac{N_{кр}}{N_{e ном}} = \frac{15,2}{25} = 0,61$$

Вычисленные значения приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Потенциальная тяговая характеристика трактора

$P_{кр}, кН$	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
$\vartheta_T, м/с$	9	7,04	6,00	5,22	4,63	4,15	3,77	3,45	3,18	2,94
$P$	0,043	0,086	0,128	0,171	0,214	0,257	0,300	0,343	0,385	0,428
$\delta$	0,006	0,011	0,017	0,022	0,028	0,033	0,039	0,045	0,050	0,056
$N_{\delta}, кВт$	0,095	0,314	0,601	0,931	1,288	1,665	2,055	2,456	2,865	3,280
$N_f, кВт$	63,606	63,244	62,887	62,531	62,175	61,819	61,463	61,107	60,750	60,394
$N_{\delta 2}, кВт$	16,949	27,849	35,38	40,863	44,985	48,169	50,677	52,682	54,301	55,619
$\eta_{тяг. усл}$	0,188	0,309	0,393	0,454	0,500	0,535	0,563	0,585	0,603	0,618

Потенциальная тяговая характеристика приведена на рисунке 4.5

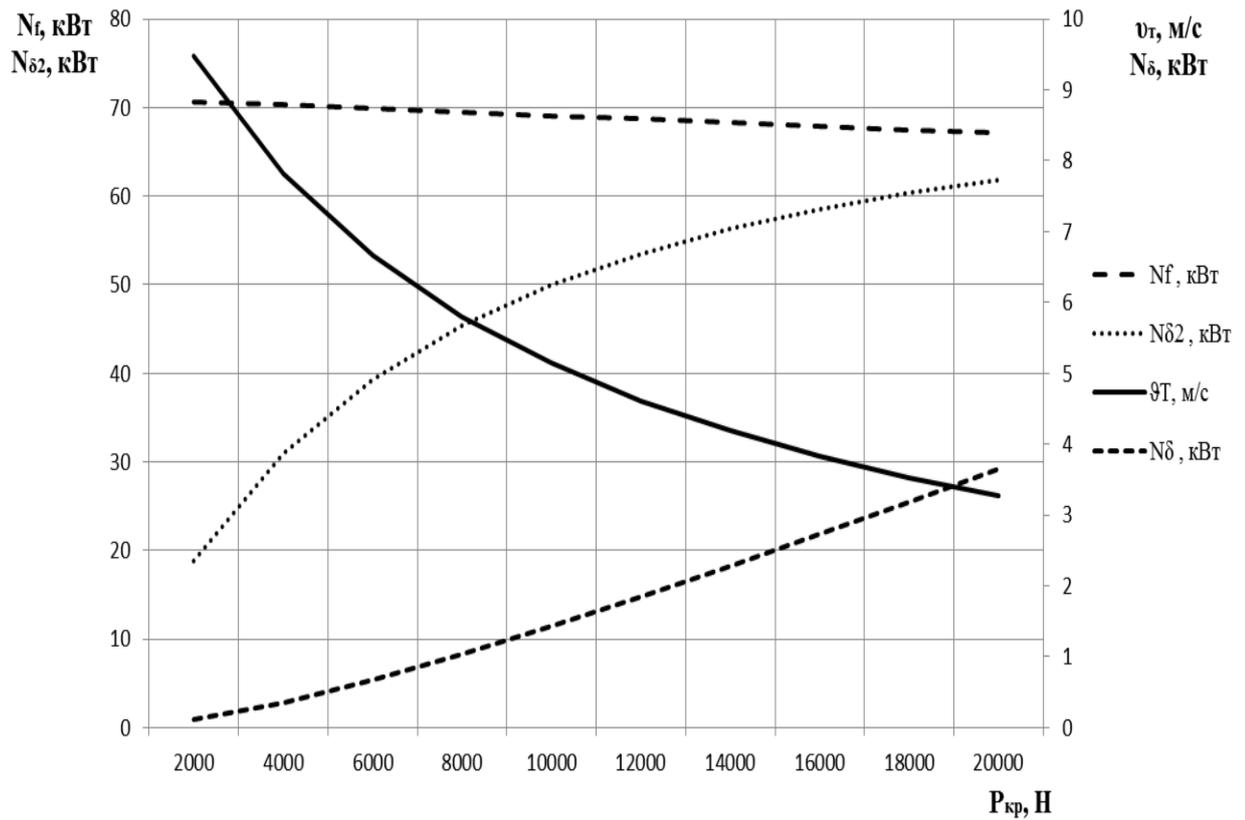


Рисунок 4.5 – Потенциальная тяговая характеристика трактора

## 5 Технология изготовления детали

### 5.1 Анализ исходных данных

#### 5.1.1 Рабочий чертёж детали;

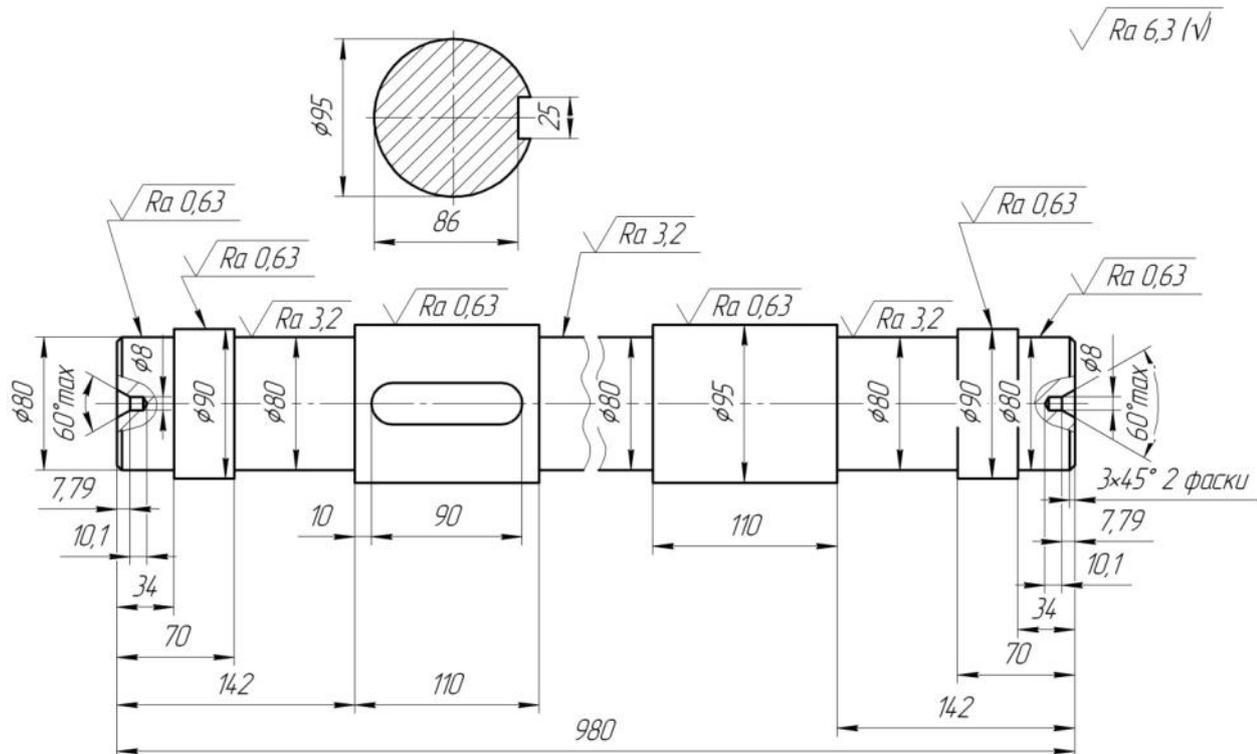


Рисунок 5.1 - Рабочий чертёж детали

5.1.2 Обрабатываемый материал - сталь 45;

5.1.3 Заготовка круг диаметр  $d_0 = 110$  мм, длина  $L_0 = 990$  мм;

5.1.4 Размер партии обрабатываемых деталей  $z = 1$  шт.

### 5.2 Перечень операций технологического процесса

5.2.1 Токарная операция;

5.2.2 Фрезерная операция;

5.2.3 Шлифовальная операция.

5.2.4 Термическая обработка

5.2.1.1 Токарная операция. Выполняется на токарно-винторезном станке 1К62, приспособления: трёхкулачковый самоцентрирующий патрон, непод-

вижный люнет, простой и вращающийся центры, хомутик, она состоит из следующих переходов:

5.2.1.1.1. Установить заготовку диаметром 110 мм в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне и люнете, выверить (по мелку) и закрепить;

5.2.1.1.2 Подрезать торец на глубину 5 мм;

5.2.1.1.3 Центровать заготовку центровочным сверлом диаметр сверла 8 мм, глубина сверления 17,89 мм;

5.2.1.1.4 Переустановить заготовку другой стороной в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне и люнете, выверить (по мелку) и закрепить;

5.2.1.1.5 Подрезать торец на глубину 5 мм;

5.2.1.1.6 Центровать заготовку центровочным сверлом диаметром 8 мм на глубину 17,89 мм.

5.2.1.1.7 Переустановить заготовку в центрах с хомутиком и закрепить;

5.2.1.1.8 Обточить заготовку с диаметра 110 мм до диаметра 100 мм на длину 728 мм (черновое точение);

5.2.1.1.9 Обточить заготовку с диаметра 100 мм до диаметра 93,4 мм на длину 70 мм (черновое точение);

5.2.1.1.10 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 84,4 мм на длину 34 мм (черновое точение);

5.2.1.1.11 Проточить (прорезать) канавку шириной 9 мм с диаметра 93,4 мм до диаметра 80 мм;

5.2.1.1.12 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 84,4 мм на длину 63 мм (черновое точение);

5.2.1.1.13 Проточить (прорезать) канавку шириной 9 мм с диаметра 93,4 мм до диаметра 80 мм;

5.2.1.1.14 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 84,4 мм на длину 467 мм (черновое точение);

5.2.1.1.15 Обточить заготовку с диаметра 88,4 мм до диаметра 80,8 мм на длину 34 мм (получистовое точение);

- 5.2.1.1.16 Точить фаску 3,4x45° на диаметре 80,8 мм;
- 5.2.1.1.17 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 90,8 мм на длину 36 мм (получистовое точение);
- 5.2.1.1.18 Обточить заготовку с диаметра 84,4 мм до диаметра 80 мм на длину 63 мм (получистовое точение);
- 5.2.1.1.19 Обточить заготовку с диаметра 100 мм до диаметра 95,8 мм на длину 110 мм (получистовое точение);м
- 5.2.1.1.20 Обточить заготовку с диаметра 84,4 мм до диаметра 80 мм на длину 467 мм (получистовое точение);
- 5.2.1.1.21 Переустановить заготовку другой стороной в центрах с хомутиком и закрепить;
- 5.2.1.1.22 Обточить заготовку с диаметра 110 мм до диаметра 100 мм на длину 252 мм (черновое точение);
- 5.2.1.1.23 Обточить заготовку с диаметра 100 мм до диаметра 93,4 мм на длину 70 мм (черновое точение);
- 5.2.1.1.24 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 84,4 мм на длину 34 мм (черновое точение);
- 5.2.1.1.25 Проточить (прорезать) канавку шириной 9 мм с диаметра 93,4 мм до диаметра 80 мм;
- 5.2.1.1.26 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 84,4 мм на длину 63 мм (черновое точение);
- 5.2.1.1.27 Обточить заготовку с диаметра 88,4 мм до диаметра 80,8 мм на длину 34 мм (получистовое точение);
- 5.2.1.1.28 Точить фаску 3,4x45° на диаметре 80,8 мм;
- 5.2.1.1.29 Обточить заготовку с диаметра 93,4 мм до диаметра 90,8 мм на длину 36 мм (получистовое точение);
- 5.2.1.1.30 Обточить заготовку с диаметра 84,4 мм до диаметра 80 мм на длину 63 мм (получистовое точение);

5.2.1.1.31 Обточить заготовку с диаметра 100 мм до диаметра 95,8 мм на длину 110 мм (получистовое точение);

5.2.2 Фрезерная операция. Выполняется на вертикально-фрезерном станке 6М12ГН, приспособления: тиски с призматическими губками, она состоит из следующих переходов:

5.2.2.1 Установить заготовку на столе станка в тисках с призматическими губками и закрепить;

5.2.2.2 Фрезеровать шпоночный паз глубиной 9 мм, шириной 90 мм концевой фрезой диаметром 25 мм;

5.2.3 Шлифовальная операция выполняется на кругло-шлифовальном станке 3М174Е, приспособления: простой и вращающийся центры, хомутик, она состоит из следующих переходов:

5.2.3.1 Установить заготовку в центрах с хомутиком и закрепить.

5.2.3.2 Шлифовать заготовку с диаметра 80,8 мм до диаметра 80,26 мм на длину 34 мм предварительно.

5.2.3.3 Шлифовать заготовку с диаметра 80,26 мм до диаметра 80 мм на длину 34 мм начисто.

5.2.3.4 Шлифовать заготовку с диаметра 90,8 мм до диаметра 90,26 мм на длину 36 мм предварительно.

5.2.3.5 Шлифовать заготовку с диаметра 90,26 мм до диаметра 90 мм на длину 36 мм начисто.

5.2.3.6 Шлифовать заготовку с диаметра 95,8 мм до диаметра 95,26 мм на длину 110 мм предварительно.

5.2.3.7 Шлифовать заготовку с диаметра 95,26 мм до диаметра 95 мм на длину 110 мм начисто.

5.2.3.8 Переустановить заготовку другой стороной в центрах с хомутиком и закрепить.

5.2.3.9 Шлифовать заготовку с диаметра 80,8 мм до диаметра 80,26 мм на длину 34 мм предварительно.

5.2.3.10 Шлифовать заготовку с диаметра 80,26 мм до диаметра 80 мм на длину 34 мм начисто.

5.2.3.11 Шлифовать заготовку с диаметра 90,8 мм до диаметра 90,26 мм на длину 36 мм предварительно.

5.2.3.12 Шлифовать заготовку с диаметра 90,26 мм до диаметра 90 мм на длину 36 мм начисто.

5.2.3.13 Шлифовать заготовку с диаметра 95,8 мм до диаметра 95,26 мм на длину 110 мм предварительно.

5.2.3.14 Шлифовать заготовку с диаметра 95,26 мм до диаметра 95 мм на длину 110 мм начисто.

### **5.3 Нормирование 1-й токарной операции.**

5.3.1 Переход 1.1. Является вспомогательным.

Вспомогательное время, связанное с установкой, выверкой и снятием детали, определяется по [8 стр. 77, табл. 43]  $T_6 = 5$  мин.

5.3.2 Переход 1.2. является технологическим.

1. Выбор вспомогательного инструмента.

Нет.

2. Выбор режущего инструмента.

Резец правый проходной отогнутый T15K6.

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётного диаметра  $d_p$

$d_p = 110$  мм – диаметр заготовки.

5. Определение расчётной длины  $l_p$

при подрезании торцев  $l_p = \frac{d_p}{2}$  – ход резца  $l_p = \frac{110}{2} = 55$  мм

6. Определение глубины резания  $t$ . Назначаем глубину резания  $t = 2,5$  мм

7. Определение числа проходов  $i$ .

$$i = \frac{h}{t}$$

$h$  – припуск на обработку,  $h = 5$  мм

$$i = \frac{5}{2,5} = 2$$

8. Выбор значения подачи  $s$ .

При подрезке торцев подачу выбирают по [8 стр. 62 табл. 20] для диаметра обрабатываемой поверхности не более 150 мм и характера обработки 4 - 6-й классы шероховатости ( $R_a 6,3$ )  $s = 0,35 - 0,50$  мм/об принимаем паспортное значение подачи  $s = 0,47$  мм/об.

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Скорость резания при подрезке (поперечном точении) для резца Т15К6 без охлаждения, выбирается по [8 стр. 62 табл. 22] для глубины резания не более 4 мм и подачи не более 0,54 мм/об, табличное значение скорости резания  $v_m = 159$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр 275 прил. 2 ] значение  $\sigma_s = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [ 8 стр. 57 табл. 12 ] значение  $k_M = 1,18$ .

Для заготовок из горячекатанного проката по [8 стр. 58 табл. 14 ] значение  $k_x = 0,9$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = k_M \cdot k_x \cdot v_m$$

$$v = 1,18 \cdot 0,9 \cdot 159 = 168,86 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 168,86}{3,14 \cdot 110} = 488,88 \text{ об/мин.}$$

11. Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 400$  об/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 400}{1000} = 138,16 \text{ об/мин.}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ ;

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s}$$

$L$  - расчётная длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега

$$L = l_p + y$$

$y$  – величина врезания и перебега, выбирается по [1 стр. 74 табл. 38], для проходных, подрезных и расточных резцов при глубине резания не более 3 мм  $y = 5$  мм,

$$L = 55 + 5 = 60 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{60 \cdot 2}{400 \cdot 0,47} = 0,64 \text{ мин.}$$

18. Выбор вспомогательного времени  $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [1 стр. 77 табл. 44], для подрезки или отрезки на станках с высотой центров 200 мм

$$T_e = 0,2 \text{ мин.}$$

### 5.3.3 Переход 1.3. является технологическим.

1. Выбор вспомогательного инструмента.

Сверлильный патрон.

2. Выбор режущего инструмента.

Сверло центровочное Р 9 диаметром 8 мм.

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётного диаметра  $d_p$ .

$d_p=8$  мм – диаметр отверстия.

5. Определение расчётной длины  $l_p$ .

При сверлении отверстий  $l_p=17,9$  мм – глубина сверления

6. Определение глубины резания  $t$ .

При сверлении отверстий  $t = \frac{d_p}{2}$

$$t = \frac{8}{2} = 4 \text{ мм}$$

7. Определение числа проходов  $i$ .

При сверлении отверстий  $i = 1$

8. Выбор значения подачи  $s$ .

При сверлении отверстий подачу выбирают по [8 стр. 65 табл. 27] для диаметра сверла не более 8 мм и стали с  $\sigma_s$  до 90 кгс/мм<sup>2</sup>  $s = 0,18$  мм/об. принимаем паспортное значение подачи  $s = 0,17$  мм/об.

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Скорость резания при сверлении свёрлами Р 9 без охлаждения, выбирается по [8 стр. 66 табл. 29] для диаметра сверла не более 10 мм и подачи не более 0,20 мм/об. табличное значение скорости резания  $v_m = 20$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания:

$$v = k_m \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2 ] значение  $\sigma_s = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12 ] значение  $k_m = 1,31$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,31 \cdot 20 = 26,2 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 26,2}{3,14 \cdot 8} = 1042,99 \text{ об/мин.}$$

11. Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 1000$  об/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,12 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ :

Основное время на центровку выбирается по [1 стр. 76 табл. 42]  $T_o = 0,20$  мин.

18. Выбор вспомогательного времени  $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [8 стр. 77 табл. 44], для центровки на станках с высотой центров 200 мм  $T_e = 0,6$  мин.

5.3.4 Переход 1. 4. Является вспомогательным.

Вспомогательное время, связанное с установкой, выверкой и снятием детали, определяется по [8 стр. 77, табл. 43]  $T_e = 5$  мин.

5.3.5 Переход 1.5. Аналогичен переходу 1.2.

5.3.6 Переход 1.6. Аналогичен переходу 1.3.

5.3.7 Переход 1.7. Является вспомогательным.

Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием детали, определяется по [8 стр. 77, табл. 43]  $T_e = 1,6$  мин.

5.3.8 Переход 1.8. является технологическим.

1. Вспомогательного инструмента.

Нет

2. Выбор режущего инструмента.

Резец правый проходной упорный Т15К6.

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётного диаметра  $d_p$ .

$d_p = 110$  мм – диаметр заготовки.

5. Определение расчётной длины  $l_p$ .

при продольном точении  $l_p = 728$  мм – ход резца.

6. Определение глубины резания  $t$ .

При черновом точении назначаем глубину резания  $t = 2,5$  мм

7. Определение числа проходов  $i$ .

$$i = \frac{h}{t}$$

$h$  – припуск на обработку,

$$h = \frac{d_p - d}{2}$$

$d$  – диаметр детали (обработанной поверхности)  $d = 100$  мм

$$h = \frac{110 - 100}{2} = 5 \text{ мм}$$

$$i = \frac{5}{2,5} = 2$$

8. Выбор значения подачи  $s$ .

При черновом продольном точении значение подачи выбирают по [8 стр. 56 табл. 8] для диаметра обрабатываемой поверхности не более 400 мм и глубины резания не более 3 мм  $s = 1,0 - 1,4$  мм/об принимаем паспортное значение подачи  $s = 1,4$  мм/об.

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Скорость резания при продольном точении для резца Т15К6 без охлаждения, выбирается по [8 стр. 57 табл. 11] для глубины резания не более 2 мм и подачи не более 1,5 мм/об, табличное значение скорости резания  $v_m = 118$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

$$v = k_m \cdot k_x \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2] значение  $\sigma_b = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12] значение  $k_m = 1,18$ .

Для заготовок из горячекатанного проката по [8 стр. 58 табл. 14] значение  $k_x = 0,9$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,18 \cdot 0,9 \cdot 118 = 125,32 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 125,32}{3,14 \cdot 110} = 362,83 \text{ об/мин.}$$

11 Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 315$  об/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 315}{1000} = 108,8 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ ;

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s}$$

$L$  - расчётная длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега

$$L = l_p + y$$

$y$  – величина врезания и перебега, выбирается по [1 стр. 74 табл. 38], для проходных, подрезных и расточных резцов при глубине резания не более 3 мм  $y = 5$  мм,

$$L = 728 + 5 = 733 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{733 \cdot 2}{315 \cdot 1,4} = 3,32 \text{ мин.}$$

18. Выбор вспомогательного времени  $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [8 стр. 77 табл. 44], для обточки и расточки по IV - V классам точности на станках с высотой центров 200 мм  $T_e = 0,5$  мин.

5.3.9 Переход 1.9. является технологическим.

1. Вспомогательного инструмента.

Нет

2. Выбор режущего инструмента.

Резец правый проходной упорный Т15К6.

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётного диаметра  $d_p$ .

$d_p = 100$  мм – диаметр заготовки.

5. Определение расчётной длины  $l_p$ .

при продольном точении  $l_p = 70$  мм – ход резца.

6. Определение глубины резания  $t$ .

При черновом точении назначаем глубину резания  $t = 1,65$  мм

7. Определение числа проходов  $i$ .

$$i = \frac{h}{t}$$

$h$  – припуск на обработку,

$$h = \frac{d_p - d}{2}$$

$d$  – диаметр детали (обработанной поверхности)  $d = 93,4$  мм

$$h = \frac{100 - 93,4}{2} = 3,3 \text{ мм}$$

$$i = \frac{3,3}{1,65} = 2$$

8. Выбор значения подачи  $s$ .

При черновом продольном точении значение подачи выбирают по [8 стр. 56 табл. 8] для диаметра обрабатываемой поверхности не более 100 мм и глубины резания не более 3 мм  $s = 0,6 - 0,9$  мм/об принимаем паспортное значение подачи  $s = 0,78$  мм/об.

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Скорость резания при продольном точении для резца Т15К6 без охлаждения, выбирается по [8 стр. 57 табл. 11] для глубины резания не более 2 мм и подачи не более 0,8 мм/об, табличное значение скорости резания  $v_m = 118$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

$$v = k_m \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2] значение  $\sigma_b = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12] значение  $k_m = 1,18$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,18 \cdot 118 = 139,24 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 139,24}{3,14 \cdot 100} = 443,44 \text{ об/мин.}$$

11 Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 400$  об/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 400}{1000} = 125,6 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ :

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s}$$

$L$  - расчётная длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега

$$L = l_p + y$$

$y$  – величина врезания и перебега, выбирается по [8 стр. 74 табл. 38], для проходных, подрезных и расточных резцов при глубине резания не более 2 мм  $y = 3,5$  мм,

$$L = 70 + 3,5 = 73,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{73,5 \cdot 2}{400 \cdot 0,78} = 0,47 \text{ мин.}$$

### 18. Выбор вспомогательного времени $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [1 стр. 77 табл. 44], для обточки и расточки по IV - V классам точности на станках с высотой центров 200 мм  $T_e = 0,5$  мин.

#### 5.3.10 Переход 1.10. является технологическим.

##### 1. Вспомогательного инструмента.

Нет

##### 2. Выбор режущего инструмента.

Резец правый проходной упорный Т15К6.

##### 3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

##### 4. Определение расчётного диаметра $d_p$ .

$d_p = 93,4$  мм – диаметр заготовки.

##### 5. Определение расчётной длины $l_p$ .

при продольном точении  $l_p = 34$  мм – ход резца.

##### 6. Определение глубины резания $t$ .

При черновом точении назначаем глубину резания  $t = 2,25$  мм

##### 7. Определение числа проходов $i$ .

$$i = \frac{h}{t}$$

$h$  – припуск на обработку,

$$h = \frac{d_p - d}{2}$$

$d$  – диаметр детали (обработанной поверхности)  $d = 84,4$  мм

$$h = \frac{93,4 - 84,4}{2} = 4,5 \text{ мм}$$

$$i = \frac{4,5}{2,25} = 2$$

#### 8. Выбор значения подачи $s$ .

При черновом продольном точении значение подачи выбирают по [8 стр. 56 табл. 8] для диаметра обрабатываемой поверхности не более 100 мм и глубины резания не более 3 мм  $s = 0,6 - 0,9$  мм/об принимаем паспортное значение подачи  $s = 0,78$  мм/об.

#### 9. Выбор скорости резания $v$ .

Скорость резания при продольном точении для резца Т15К6 без охлаждения, выбирается по [8 стр. 57 табл. 11] для глубины резания не более 2 мм и подачи не более 0,8 мм/об, табличное значение скорости резания  $v_m = 118$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

$$v = k_m \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2] значение  $\sigma_b = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12] значение  $k_m = 1,18$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,18 \cdot 118 = 139,24 \text{ м/мин.}$$

#### 10. Подсчёт числа оборотов шпинделя $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 139,24}{3,14 \cdot 93,4} = 474,77 \text{ об/мин.}$$

#### 11 Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 400$  об/мин.

#### 12. Уточнённое значение скорости резания $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 93,4 \cdot 400}{1000} = 117,31 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ ;

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s}$$

$L$  - расчётная длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега

$$L = l_p + y$$

$y$  – величина врезания и перебега, выбирается по [8 стр. 74 табл. 38], для проходных, подрезных и расточных резцов при глубине резания не более 2 мм  $y = 5$  мм,

$$L = 34 + 5 = 39 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{39 \cdot 2}{400 \cdot 0,78} = 0,25 \text{ мин.}$$

18. Выбор вспомогательного времени  $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [1 стр. 77 табл. 44], для обточки и расточки по IV - V классам точности на станках с высотой центров 200 мм  $T_e = 0,5$  мин.

5.3.11 Переход 1.11. является технологическим.

1. Выбор вспомогательного инструмента.

Нет.

2. Выбор режущего инструмента.

Резец канавочный T15K6.

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётного диаметра  $d_p$ .

$d_p = 93,4$  мм – диаметр обрабатываемой поверхности.

5. Определение расчётной длины  $l_p$ .

при протачивании канавок  $l_p = \frac{d_p - d}{2}$  – ход резца.

$d$  – диаметр обработанной поверхности,  $d = 80$  мм

$$l_p = \frac{93,4 - 80}{2} = 6,7 \text{ мм}$$

6. Определение глубины резания  $t$ .

Для диаметра обрабатываемой детали до 100 мм по [8 стр. 63] рекомендуется ширина резца  $5 \div 6$  мм  $t = 5$  мм – ширина резца.

7. Определение числа проходов  $i$ .

ширина канавки 9 мм ширина резца 5 мм принимаем  $i = 2$

8. Выбор значения подачи  $s$ .

При протачивании канавок значение подачи выбирают по [8 стр. 63 табл. 23] для незакалённой стали и диаметра обрабатываемой поверхности не более 100 мм  $s = 0,16 - 0,18$  мм/об принимаем паспортное значение подачи  $s = 0,17$  мм/об.

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Скорость резания при прорезке для резца Т15К6 без охлаждения, выбирается по [1 стр. 64 табл. 25] для подачи не более 0,19 мм/об, табличное значение скорости резания  $v_m = 95$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

$$v = k_m \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2 ] значение  $\sigma_B = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12] значение  $k_m = 1,18$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,18 \cdot 95 = 112,1 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_p}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 112,1}{3,14 \cdot 93,4} = 412,92 \text{ об/мин.}$$

11. Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 400$  об/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 93,4 \cdot 400}{1000} = 117,31 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

17. Подсчёт основного времени  $T_o$ ;

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s}$$

$L$  – расчётная длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега:

$$L = l_p + y$$

$y$  – величина врезания и перебега, выбирается по [1 стр. 74 табл. 38], для отрезных и прорезных резцов при глубине резания не более 5 мм  $y = 5$  мм,

$$L = 6,7 + 5 = 11,5 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{11,5 \cdot 2}{400 \cdot 0,17} = 0,34 \text{ мин.}$$

18. Выбор вспомогательного времени  $T_e$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [8 стр. 77 табл. 44], для протачивания канавок (подрезки, прорезки или отрезки) на станках с высотой центров 200 мм  $T_e = 0,2$  мин.

5.3.12 Переход 1.23. аналогичен 1.9.

5.3.13 Переход 1.24. аналогичен 1.10.

5.3.14 Переход 1.25. аналогичен 1.11.

5.3.15 Переход 1.26. аналогичен 1.12.

5.3.16 Переход 1.27. аналогичен 1.15.

5.3.17 Переход 1.28. аналогичен 1.16.

5.3.18 Переход 1.29. аналогичен 1.17.

5.3.19 Переход 1.30. аналогичен 1.18.

5.3.20 Переход 1.31. аналогичен 1.19.

## **5.4 Нормирование 2. фрезерной операции.**

5.4.1 Переход 2.1. Является вспомогательным.

Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием детали, определяется по [1 стр. 115, табл. 81]  $T_g = 2$  мин.

5.4.2 Переход 2.2. является технологическим.

1. Выбор вспомогательного инструмента.

Нет.

2. Выбор режущего инструмента.

Фреза концевая Р9. диаметр  $D = 25$  мм, число зубьев  $z = 5$ .

3. Выбор измерительного инструмента.

Штангенциркуль.

4. Определение расчётной ширины фрезерования  $B$ .

$B = 25$  мм – ширина шпоночного паза.

5. Определение расчётной длины  $l_p$ .

$l_p = 65$  мм – длина хода фрезы.

6. Определение глубины резания  $t$ .

$t = 4,5$  мм – глубина шпоночного паза.

7. Определение числа проходов  $i$ .

$$i = \frac{h}{t}$$

$h$  – припуск на обработку,  $h = 9$  мм – глубина шпоночного паза.

$$i = \frac{9}{4,5} = 2$$

8. Выбор значения подачи  $s_o$ .

Значение подачи при обработке уступов концевыми фрезами выбирают по [8 стр. 109 табл. 73] для обработки стальных деталей концевыми фрезами диаметром не более 25 мм числом зубьев  $z = 5$  при глубине уступа не более 10 мм  $s_o = 0,11 \div 0,08$  мм/об.

*Выбираем паспортное значение подачи после определения паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .*

9. Выбор скорости резания  $v$ .

Значения скорости резания и числа оборотов шпинделя при обработке уступов концевыми фрезами, выбираются по [8 стр. 110 табл. 75] для диаметра фрезы 25 мм и подачи не более 0,12 мм/об при глубине уступа не более 10 мм, табличное значение скорости резания  $v_m = 33$  м/мин.

Корректируем значение скорости резания

$$v = k_m \cdot v_m$$

Для обрабатываемой стали 45 по [8 стр. 275 прил. 2] значение  $\sigma_B = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, по [8 стр. 57 табл. 12] значение  $k_m = 1,31$ .

Остальные условия аналогичны табличным.

$$v = 1,31 \cdot 33 = 43,23 \text{ м/мин.}$$

10. Подсчёт числа оборотов шпинделя  $n$ .

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$D$  — максимальный диаметр фрезы,  $D = 25$  мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 43,23}{3,14 \cdot 25} = 550,7 \text{ об/мин.}$$

11. Выбор паспортного значения числа оборотов шпинделя  $n_n$ .

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений  $n_n = 500$  об/мин.

11а. Определяем значение минутной подачи  $s_m$ :

$$s_m = s_0 \cdot n_n \text{ мм/мин;}$$

$$s_m = 0,11 \cdot 500 = 55 \text{ мм/мин;}$$

Выбираем ближайшее меньшее из ряда паспортных значений минутной подачи  $s_{mn} = 50$  мм/мин.

12. Уточнённое значение скорости резания  $v$ .

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 500}{1000} = 39,25 \text{ м/мин}$$

Уточнённое значение скорости резания не превышает расчётное.

Основное время при фрезеровании:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{s_{mn}}$$

$L$  — длина фрезеруемой поверхности с учётом врезания и перебега

$$L = l_p + y_1 + y_2$$

$y_1$  — величина перебега фрезы, мм

$y_2$  — величина врезания фрезы, мм

значение величины врезания и перебега для концевых фрез выбирается по [1 стр. 114 табл. 80], для диаметра фрезы не более 25 мм и ширины фрезерования не более 25 мм  $y_1 + y_2 = 14$  мм,

$$L = 65 + 14 = 79 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{79 \cdot 2}{50} = 3,16 \text{ мин.}$$

18. Выбор вспомогательного времени  $T_g$ .

Вспомогательное время, связанное с проходом определяется по [1 стр. 115 табл. 82],  $T_g = 0,8$  мин.

## 5.5 Нормирование 4 кругло-шлифовальной операции

### 5.5.1 Переход 4.1. Является вспомогательным.

Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием детали, определяется по [8 стр. 122, табл. 90] для способа установки в центрах, детали массой не более 80 кг  $T_g = 3,2$  мин.

### 5.5.2 Переход 4.2. является технологическим.

Определение припуска на обработку.

$$h = 0,27 \text{ мм}$$

Выбор характеристики шлифовального круга производится по [8 стр. 256, 257, табл. 1] принимаем 24А 40 Н С1 7 К1

Выбор формы и геометрических размеров шлифовального круга производится в соответствии с характеристиками станка и размерами обрабатываемых поверхностей детали по [8 стр. 16 ÷ 28, табл. 11], принимается: круг прямого профиля типа ПП, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{кр} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{кр} = 40$  мм, класс точности шлифовального круга – А.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{кр} = 1270 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \times d_{кр} \times n_{кр}}{1000 \times 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Окончательно принимается характеристика шлифовального круга: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с.

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 268, табл. 6],  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ , по паспорту станка принимается  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{\text{поп}} = S_{\text{поп табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [2, стр. 268, табл. 6],  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \div 0,78 \text{ мм/мин}$ , принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \text{ мм/мин}$ ;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [2, стр. 269, табл. 6], для предварительного шлифования  $K_1 = 1,8$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_3 = 0,75$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,39 \times 1,8 \times 1,4 \times 0,75 \times 1 \times 1 = 0,74 \text{ мм/мин}$$

Окончательно по паспорту станка принимается  $S_{\text{поп}} = 0,74$  мм/мин

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{h}{S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для предварительного шлифования  $k = 1,2$

$$T_o = \frac{0,27}{0,74} \times 1,2 = 0,44 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [8 стр. 123, табл. 91],  $T_b = 1$  мин.

5.5.3 Переход 4.3. является технологическим.

Определение припуска на обработку,  $h = 0,13$  мм.

Выбор характеристики, формы и геометрических размеров шлифовального круга производится аналогично переходу 4.2. принимается: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{\text{кр}} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{\text{кр}} = 40$  мм.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{\text{кр}} = 1270$  мин<sup>-1</sup>.

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{\text{кр}} = \frac{\pi \times d_{\text{кр}} \times n_{\text{кр}}}{1000 \times 60}$$

$$v_{\text{кр}} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 268, табл. 6],  $n_d = 75$  мин<sup>-1</sup>, по паспорту станка принимается  $n_d = 75$  мин<sup>-1</sup>.

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{\text{поп}} = S_{\text{поп табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [8 стр. 268, табл. 6],  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \div 0,78$  мм/мин, принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,39$  мм/мин;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6], для предварительного шлифования  $K_1 = 1,3$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_3 = 0,75$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,39 \times 1,3 \times 1,4 \times 0,75 \times 1 \times 1 = 0,53 \text{ мм/мин}$$

Окончательно по паспорту станка принимается  $S_{\text{поп}} = 0,53$  мм/мин

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{h}{S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для чистового шлифования  $k = 1,7$

$$T_o = \frac{0,13}{0,53} \times 1,7 = 0,42 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [8 стр. 123, табл. 91],  $T_v = 0,55$  мин.

5.5.4 Переход 4.4. является технологическим.

Определение припуска на обработку.

$$h = 0,27 \text{ мм}$$

Выбор характеристики, формы и геометрических размеров шлифовального круга производится аналогично переходу 4.2. принимается: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{кр} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{кр} = 40$  мм.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{кр} = 1270 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \times d_{кр} \times n_{кр}}{1000 \times 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 268, табл. 6],  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ , по паспорту станка принимается  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{\text{поп}} = S_{\text{поп табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [8 стр. 268, табл. 6],  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \div 0,78 \text{ мм/мин}$ , принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \text{ мм/мин}$ ;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6], для предварительного шлифования  $K_1 = 1,8$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_3 = 0,9$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,39 \times 1,8 \times 1,4 \times 0,9 \times 1 \times 1 = 0,88 \text{ мм/мин}$$

Окончательно по паспорту станка принимается  $S_{\text{поп}} = 0,88$  мм/мин

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{h}{S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для предварительного шлифования  $k = 1,2$

$$T_o = \frac{0,27}{0,88} \times 1,2 = 0,37 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [1, стр. 123, табл. 91],  $T_b = 0,55$  мин.

5.5.5 Переход 4.5. является технологическим.

Определение припуска на обработку.

$$h = 0,13 \text{ мм}$$

Выбор характеристики, формы и геометрических размеров шлифовального круга производится аналогично переходу 5.2. принимается: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{\text{кр}} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{\text{кр}} = 40$  мм.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{кр} = 1270 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \times d_{кр} \times n_{кр}}{1000 \times 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 268, табл. 6],  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ , по паспорту станка принимается  $n_d = 75 \text{ мин}^{-1}$ .

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{\text{поп}} = S_{\text{поп табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [8 стр. 268, табл. 6],  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \div 0,78 \text{ мм/мин}$ , принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,39 \text{ мм/мин}$ ;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6], для предварительного шлифования  $K_1 = 1,3$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 269, табл. 6],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_3 = 0,9$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 270, табл. 6],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,39 \times 1,3 \times 1,4 \times 0,9 \times 1 \times 1 = 0,64 \text{ мм/мин}$$

Окончательно по паспорту станка принимается  $S_{\text{поп}} = 0,64 \text{ мм/мин}$

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{h}{S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для чистового шлифования  $k = 1,7$

$$T_o = \frac{0,13}{0,64} \times 1,7 = 0,35 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [8 стр. 123, табл. 91],  $T_b = 0,55$  мин.

5.5.6 Переход 4.6. является технологическим.

Определение припуска на обработку,  $h = 0,27$  мм.

Выбор характеристики, формы и геометрических размеров шлифовального круга производится аналогично переходу 4.2. принимается: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{кр} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{кр} = 40$  мм.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{кр} = 1270$  мин<sup>-1</sup>.

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \times d_{кр} \times n_{кр}}{1000 \times 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 259 ÷ 260, табл. 3],  $n_d = 65$  мин<sup>-1</sup>, по паспорту станка принимается  $n_d = 65$  мин<sup>-1</sup>.

Определение продольной подачи  $S_{пр}$  по [8 стр. 259 ÷ 260, табл. 3], для предварительного шлифования  $S_{пр} = 1500$  мм/мин, по паспорту станка принимается  $S_{пр} = 1500$  мм/мин.

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{\text{поп}} = S_{\text{поп табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [8 стр. 260 ÷ 261, табл. 3],  $S_{\text{поп табл}} = 0,007 \div 0,015$  мм/ход, принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,007$  мм/ход;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [8 стр. 262, табл. 3],  $K_1 = 1,6$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 262, табл. 3],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 262 ÷ 263, табл. 3],  $K_3 = 0,9$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 263, табл. 3],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 263, табл. 3],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,007 \times 1,6 \times 1,4 \times 0,9 \times 1 \times 1 = 0,014 \text{ мм/ход}$$

Окончательно принимается  $S_{\text{поп}} = 0,014$  мм/мин

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{L \times h}{S_{\text{пр}} \times S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$L$  – длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега шлифовального круга, для выхода круга в обе стороны  $L = l$ ,  $l$  – длина шлифуемой поверхности,  $l = 110$  мм,  $L = 110$  мм;

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для предварительного шлифования  $k = 1,2$

$$T_o = \frac{110 \times 0,27}{1500 \times 0,014} \times 1,2 = 1,7 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [8 стр. 123, табл. 91],  $T_v = 0,55$  мин.

5.5.7 Переход 4.7. является технологическим.

Определение припуска на обработку,  $h = 0,13$  мм.

Выбор характеристики, формы и геометрических размеров шлифовального круга производится аналогично переходу 4.2. принимается: ПП 24А 40 Н С1 7 К1 А 50 м/с, наружный диаметр шлифовального круга  $d_{кр} = 750$  мм, высота шлифовального круга  $H_{кр} = 40$  мм.

Выбор частоты вращения шлифовального круга, по паспорту станка  $n_{кр} = 1270$  мин<sup>-1</sup>.

Расчёт скорости вращения шлифовального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \times d_{кр} \times n_{кр}}{1000 \times 60}$$

$$v_{кр} = \frac{3,14 \times 750 \times 1270}{1000 \times 60} = 49,85 \text{ м/с}$$

Выбор частоты вращения детали по [8 стр. 259 ÷ 260, табл. 3],  $n_d = 65$  мин<sup>-1</sup>, по паспорту станка принимается  $n_d = 65$  мин<sup>-1</sup>.

Определение продольной подачи  $S_{пр}$  по [8 стр. 259 ÷ 260, табл. 3], для предварительного шлифования  $S_{пр} = 550$  мм/мин, по паспорту станка принимается  $S_{пр} = 550$  мм/мин.

Расчёт поперечной подачи:

$$S_{поп} = S_{поп \text{ табл}} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Где:

$S_{\text{поп табл}}$  – табличное значение поперечной подачи выбирается по [8 стр. 260 ÷ 261, табл. 3],  $S_{\text{поп табл}} = 0,021 \div 0,043$  мм/ход, принимается  $S_{\text{поп табл}} = 0,021$  мм/ход;

$K_1$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от качества, выбирается по [8 стр. 262, табл. 3],  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от диаметра круга, выбирается по [8 стр. 262, табл. 3],  $K_2 = 1,4$ ;

$K_3$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от формы поверхности, выбирается по [8 стр. 262 ÷ 263, табл. 3],  $K_3 = 0,9$ ;

$K_4$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от способа измерения размеров, выбирается по [8 стр. 263, табл. 3],  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – поправочный коэффициент на поперечную подачу в зависимости от срока службы станка, выбирается по [8 стр. 263, табл. 3],  $K_5 = 1$ .

$$S_{\text{поп}} = 0,021 \times 1 \times 1,4 \times 0,9 \times 1 \times 1 = 0,026 \text{ мм/ход}$$

Окончательно принимается  $S_{\text{поп}} = 0,026$  мм/мин

Расчёт основного времени:

$$T_o = \frac{L \times h}{S_{\text{пр}} \times S_{\text{поп}}} \times k$$

Где:

$L$  – длина обрабатываемой поверхности с учётом врезания и перебега шлифовального круга, для выхода круга в обе стороны  $L = l$ ,  $l$  – длина шлифуемой поверхности,  $l = 110$  мм,  $L = 110$  мм;

$k$  – коэффициент, учитывающий время на выхаживание, для чистового шлифования  $k = 1,7$

$$T_o = \frac{110 \times 0,13}{550 \times 0,026} \times 1,7 = 1,7 \text{ мин}$$

Вспомогательное время, связанное с проходом, определяется по [2, стр. 123, табл. 91],  $T_b = 0,55$  мин.

5.5.8 Переход 4.8. аналогичен 4.1.

5.5.9 Переход 4.9. аналогичен 4.2.

5.5.10 Переход 4.10. аналогичен 4.3.

5.5.11 Переход 4.11. аналогичен 4.4.

5.5.12 Переход 4.12. аналогичен 4.5.

5.5.13 Переход 4.13. аналогичен 4.6.

5.5.14 Переход 4.14. аналогичен 4.7.

## **6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

### **6.1 Безопасность жизнедеятельности на производстве**

Проблемы промышленной безопасности на современном этапе из социальной сферы переходят в сферу социально-экономическую, активно влияющую на результаты хозяйственной деятельности предприятия. Поэтому, и в настоящее время и в будущем, сохранится большая потребность в специалистах высокой квалификации по безопасности технологических процессов и производств.

Охрана труда и техника безопасности – это комплекс мероприятий и соответствующих приемов выполнения работ, обеспечивающих сохранение здоровья трудящихся на производстве.

Основы техники безопасности по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей отражены Государственным стандартом Российской Федерации в разделе «Межотраслевые правила по охране труда на автомобильном транспорте» (ПОТРМ-027-03)

Ответственность за охрану труда, а также за проведение мероприятий по снижению и предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний в целом по предприятию возлагается на руководителя предприятия, а по отдельным участкам на соответствующих руководителей. Для предупреждения производственного травматизма разрабатываются и доводятся до сведения работающих соответствующие правила техники безопасности.

Руководство предприятий обязано: обеспечить своевременное и качественное проведение инструктажа и обучение работающих безопасным приемам и методам работы, предварительные и периодические медицинские осмотры, выдавать средства индивидуальной защиты.

Большое значение для предупреждения производственного травматизма при производстве текущего ремонта автомобилей имеет правильная организация рабочего места. Рабочее место должно быть оснащено средствами механизации основных и вспомогательных работ, необходимой документацией, местом для инструмента, специализированной тарой.

Участок обслуживания систем охлаждения должен иметь прочные негорючие стены. Полы на участке должны быть ровные. Их необходимо систематически очищать от смазки и грязи. Потолки и стены следует закрашивать краской светлых тонов.

Использованный обтирочный материал складывают в металлические ящики с крышкой.

Для безопасности и удобства выполнения работ на участке расстояния между отдельными единицами технологического оборудования приняты в соответствии с ОНТП-01-91.

На рабочих местах установлены деревянные переносные настилы для предохранения от переохлаждения ног рабочего персонала.

Низкий уровень производственного травматизма во многом зависит от качества и исправности применяемого оборудования и инструмента, тип и размер инструмента должен быть указан в технологических картах, вывешенных на рабочих местах. Инструменты, используемые производственными рабочими (молотки, гайковерты, отвертки и т.п.), всегда должны быть гладкими, без трещин и задиров, гаечные ключи должны быть исправными и строго соответствовать размерам гаек и болтов.

Состояние инструмента должно контролироваться мастерами производственных участков и, в случае необходимости несоответствующий технике безопасности инструмент, должен быть заменен на новый.

## **6.2 Вредные факторы производства**

На участке обслуживания систем охлаждения отходами является использованная ветошь, слитая охлаждающая жидкость, грязная вода после мойки колес. Все технические жидкости предприятие сдает, и там их уже утилизируют.

Основные мероприятия охраны окружающей среды на автомобильном транспорте направлены на:

- сокращение вредных для здоровья людей примесей в отработанных газах;
- снижение уровня шума;
- повышение надежности узлов и механизмов, обеспечивающих безопасность движения;
- сокращение вредных для окружающей среды выбросов.

Прямое негативное воздействие автомобилей на окружающую среду связано с выбросами вредных веществ в атмосферу, шумом и различными электромагнитными излучениями. Косвенное влияние автомобильного транспорта на окружающую среду связано с тем, что автодороги, стоянки, автотранспортные предприятия занимают значительную площадь, необходимую для жизнедеятельности человека.

## **6.3 Пожарная безопасность**

Системы пожарной безопасности ориентированы на профилактику пожаров. Пожарная безопасность в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 обеспечивается системой предотвращения пожара и пожарной защиты и организационными мероприятиями. Система предотвращения пожара ориентирует на исключение возможности образования горючей среды и появление в ней источников зажигания; поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимально допустимых по горючести.

Система пожарной защиты обеспечивается применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо пожароопасных, изоляцией горючей среды, использованием материалов с регламентированными пределами огнестойкости и горючестью, эвакуацией людей и применением средств индивидуальной и коллективной защиты, применением средств пожарной сигнализации.

Система организационных мероприятий включает: организацию пожарной охраны, соблюдение порядка обслуживания объектов, организацию обучения правилам пожарной безопасности, разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, а также инструкции о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами и о действиях людей при возникновении пожара.

По пожарной опасности технологического процесса согласно ППБ 01 - 03 все производства подразделяются на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д, Е.

Зона участка обслуживания системы охлаждения относится к категории «Д». Это производства, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

В производственных помещениях, где производится техническое обслуживание автомобилей, существует система пожарной безопасности, которая состоит из:

- автоматических средств тушения пожара (сплинкерная система);
- ручных средств (шланги, брандспойты, огнетушители и др.).

На территории автотранспортного цеха от всего персонала требуется безукоризненное исполнение всех правил пожарной безопасности: курение разрешено только в отведенных местах, запрещено пользоваться открытым огнем, бензином для мойки деталей. Особое внимание необходимо обращать на хранение легковоспламеняющихся материалов, чистоту помещений и исправность электропроводки и электрических приборов, а также производство

сварочных и малярных работ.

Для экстренного тушения пожара подручными средствами во всех помещениях и особенно связанных с нахождением и использованием горючих веществ, должны быть в необходимых количествах песок, пожарные краны, химические или углекислотные огнетушители. В зоне применяются четыре пенных огнетушителя.

Первичные средства пожаротушения и пожарный инвентарь должны содержаться в исправном состоянии и находиться в доступных местах, ответственность за невыполнение этих требований несет ответственный по БЖД. Огнетушители, ящики с песком, бочки для воды устанавливаются на видном месте, так, чтобы их можно было быстро и легко применить в случае необходимости. При каждом ящике с песком должен постоянно находиться необходимый специальный инвентарь, ящики должны быть плотно закрыты крышками.

В производственных корпусах, участках и зонах ТО и ремонта АПС должны быть вывешены таблички с указанием телефонов ближайшей пожарной команды, ответственных за пожарную безопасность лиц и перечислением мер предосторожности.

На предприятии в производственных корпусах отводятся специально отведенные и соответствующим образом оборудованные места для курения.

Допускается совместное хранение шин, несгораемых материалов, а также агрегатов и деталей в одном помещении. Хранение баллонов с газом допускается только в отдельно стоящих складах при условии защиты баллонов от источников тепловой энергии.

Пожары можно тушить водой, которая способствует понижению температуры горения, а также пенообразующими составами или химическим порошком из огнетушителей или песком, которые изолируют горящие предметы от доступа кислорода воздуха. Однако водой нельзя тушить горючие жидкости, плотность которых меньше плотности воды, потому что эти жидкости

всплывают и продолжают гореть. В случае возгорания горючих жидкостей или электроприборов необходимо применять только химическую пену, углекислоту или химический порошок, используемые в соответствующих типах огнетушителей.

#### **6.4 Физическая культура на производстве**

Физическая культура на производстве – это важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Поэтому выпускник Казанского ГАУ, освоивший программу специалитета, должен обладать способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности.

Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

## **7 Охрана окружающей среды**

В настоящее время перспективным решением по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу является применение нейтрализаторов, электронных систем управления впрыском топлива, его дозирование, регулировка состава отработавших газов и переоборудование автомобиля для работы на природном и нефтяном газе. Также существует необходимость в проверке состава отработавших газов АТС при проведении технического обслуживания с применением газоанализаторов, дымомеров.

Мероприятия по защите окружающей среды предусматривают: вывод устаревших технологий, ввод новых, экологически более чистых, установка газопылевых очистных сооружений, локальных очистных сооружений (для очистки сточных вод).

В соответствии с природоохранными требованиями уровень влияния хозяйственной деятельности предприятия на окружающую природную среду не должен превышать ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, водоемах и почвах. В то же время превышение регламентированных нормативов не лишает предприятие права на природопользование, но обязывает разрабатывать и практически осуществлять природоохранные мероприятия по снижению до нормативного уровня негативного воздействия производства на природную среду.

## 8 Экономическое обоснование работы.

### 8.1 Экономическое обоснование технологии применения конструкции

Одним из важнейших показателей, отражающих эффективность внедрения и использования новых или усовершенствованных конструкций является анализ его экономических показателей. Об экономической эффективности внедрения новой конструкции можно судить по снижению трудоемкости изготовления и эксплуатации, по повышению производительности и качества конструкции, по уменьшению эксплуатационных затрат. Исходя из этого, применение конструкций, более эффективных с точки зрения технико-экономических показателей имеет важное значение, так как снижение издержек производства и увеличение производительности, позволяет увеличить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции.

Таблица 8.1 – Расчет массы сконструированных деталей

пп	Наименование деталей.	Объем детали, см <sup>3</sup> .	Удельный вес, кг/см <sup>3</sup>	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
	Магнитведущий	11,25	0,08	0,9	1	0,9
	Магнитведомый	7,3	0,08	0,58	1	0,58
	Крыльчатка	5,1	0,02	0,12	1	0,12
	Корпус направляющий	9,7	0,03	0,3	1	0,3
	Кожух магнита	6,3	0,03	0,23	1	0,23
	Передорodka	4,1	0,02	0,1	1	0,1
Итого:						2,23

Масса конструкции определяется по формуле [4]:

$$G = (G_K + G_G) \cdot K, \quad (8.1)$$

где  $G_K$  – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

$G_G$  – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

$K$  – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ( $K = 1,05 \dots 1,15$ ) [4].

Таблица 8.2 – Массы покупных деталей

пп	Наименование деталей	Кол ичество	Масса, кг		Цены, рублей	
			О дной	В сего	Одн ой	Все го
	Болты	24	0,02	0,48	5	120
	Гайки	24	0,015	0,36	2	48
	Шайбы	48	0,01	0,48	2	96
	Двигатель эл.	1	1,8	1,8	178	178
	РТИ	2	0,15	0,3	65	130
	Хомуты	8	0,015	0,12	40	320
	Подшипник	2	0,086	0,172	200	400
Итого:				2,432		2890

Определим массу конструкции по, подставив значения из таблиц 8.1 и 8.2:

$$(0,23 \cdot 2 + 0,43 \cdot 2 + 0,15 \cdot 5) \cdot 1,15 = 2,432 \text{ г}$$

Определение балансовой стоимости новой конструкции производится на основе сопоставления ее отдельных параметров по расчетно-

конструктивному способу с использованием среднеотраслевых нормативов затрат на 1 кг. массы:

$$C_{\text{б}} = [G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{пд}}] \cdot K_{\text{нац}} \quad (8.2)$$

где  $G_{\text{к}}$  – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

$C_{\text{з}}$  – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, рублей. ( $C_{\text{з}}=0,02\dots0,15$ );

$E$  – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска (так как конструкция является штучным производством, принимаем  $E=1,5$ );

$C_{\text{м}}$ –затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг. массы машин, рублей./кг. ( $C_{\text{м}}=0,68\dots0,95$ );

$C_{\text{пд}}$  – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, рублей.;

$K_{\text{нац}}$  – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ( $K_{\text{нац}}= 1,15\dots1,4$ ).

р

$$C_{\text{б}} = (0,23 (0,15 \cdot 1,50 \cdot 1,85 + 890 \cdot 0,20) + 480) \cdot 1,15 = 480 \text{ рублей.}$$

Прежде чем приступить к расчету технико-экономических показателей, приведём исходные данные (см. таблицу 8.3)

Таблица 8.3 – Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
Масса конструкции, кг	5,3	8,1
Балансовая стоимость, рублей.	3480	6500
Потребляемая мощность. кВт	0,750	2
Часовая производительность,	0,5	0,5

шттехн / час		
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, рублей./ч.	120	120
Норма амортизации, %	14	14
Норма затрат на ремонт ТО, %	15	15
Годовая загрузка конструкции, ч	1440	1440

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

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как  $X_0$ , а проектируемого как  $X_1$ .

По сопоставимости массы:

$$C_{\sigma 1} = \frac{C_{\sigma 0} \cdot G_0 \cdot \sigma}{G_1}$$

где  $G_{\sigma 0}, G_{\sigma 1}$  – балансовая стоимость существующей и проектируемой конструкции, руб.

$G_0, G_1$  – масса существующей и проектируемой конструкции, кг

$\sigma$  – коэффициент удешевления конструкции  $\sigma = 0,9 \dots 0,95$

$$C_{\sigma} = \frac{6500 \cdot 4,6 \cdot 0,92}{8,1} = 3396,04 \quad (8.3)$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (8.4)$$

где  $G$  – масса конст-ии, кг;

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

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

$$e_0 = \frac{8,1}{1} = 0,00011 \text{ к/шт.}$$

$$e_1 = \frac{4,6}{1} = 0,000067 \text{ к/шт.}$$

Фондоёмкость процесса определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_б}{W_ч \cdot T_{\text{год}}} \quad (8.5)$$

где  $C_б$  – балансовая стоимость конструкции, рублей.

$$e_0 = \frac{6500}{1} = 0,66 \text{ рубл/шт.}$$

$$e_1 = \frac{3480}{1} = 0,35 \text{ рубл/шт.}$$

Трудоёмкость процесса определяется по формуле:

$$T_e = \frac{n_e}{W_ч} \quad (8.6)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$e_0 = \frac{\text{---}}{1} = 0,49 \text{ чел/шт}$$

$$e_1 = \frac{0}{1,24} \text{ чел ч/шт}$$

Себестоимость работы определяется по формуле:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рто} + A \quad (8.7)$$

где  $C_{зп}$  – затраты на оплату труда, рублей/шт;

$C_{рто}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, рублей/шт;

$C_э$  – затраты на электроэнергию, рублей/шт;

$A$  – амортизационные отчисления, рублей/шт.

Затраты на заработную плату определяется по формуле:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e \quad (8.8)$$

где  $Z$  - часовая тарифная ставка, руб.

$$C_{зп}^0 = 120 \cdot 760 \cdot 10^{-3} = 60,8 \cdot 10^{-3} \text{ руб / ед}$$

$$C_{зп}^1 = 120 \cdot 728 \cdot 10^{-3} = 58,24 \cdot 10^{-3} \text{ руб / ед}$$

Затраты на ремонт и ТО определяются по формуле:

$$C_{рто} = \frac{C_б \cdot H_{рто}}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}}, \quad (8.9)$$

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

$$C_{рто}^{x0} = \frac{1440 \cdot 7,7}{100 \cdot 1,315 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,062 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$C_{рто}^{x1} = \frac{1175 \cdot 7,5}{100 \cdot 1,372 \cdot 10^3 \cdot 1350} = 0,047 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

По литературным источникам известно, что оптимальный тепловой режим работы двигателя обеспечивает 1-2% экономии топлива.

Если принимать часовой расход топлива  $G$  час = 10 кг/час и стоимость топлива  $H = 45 \times 0,85 = 38,25$  руб/кг, то экономия топлива дает эффект за час работы:

$$N_{час} = 38,25 \cdot 0,02 = 0,765 \text{ руб/час}$$

Запишем окончательные числовые значения для формулы (8.7):

$$S^{x0} = (60,8 + 0,062 + 0,081) \cdot 10^{-3} = 60,94 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

$$S^{x1} = (58,24 + 0,047 + 0,063 - 0,765) \cdot 10^{-3} = 57,35 \cdot 10^{-3} \text{ руб/ед.}$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (8.11)$$

$$\begin{array}{r} \mathcal{E} \quad \quad \quad 2 \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad 778 \quad \quad \quad \text{р} \\ \text{год} \quad ( \quad 60,06 \quad \quad 30,23 \quad * \quad ,5 \quad \quad 200 \quad \quad 98 \quad \quad \text{ублей.} \end{array}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (8.12)$$

$$\begin{array}{r} E \quad \quad \quad 2 \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad 778 \quad \quad \quad \text{р} \\ \text{год} \quad ( \quad 60,06 \quad \quad 30,23 \quad * \quad ,5 \quad \quad 200 \quad \quad 98 \quad \quad \text{ублей.} \end{array}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \quad (8.13)$$

$$\begin{array}{r} \quad \quad \quad 34 \\ \quad \quad \quad 80 \quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad \text{л} \\ \text{ок} = \frac{\quad \quad \quad 77}{89,8} \quad \quad \quad ,44 \quad \quad \quad \text{ет} \end{array}$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1 Повышение эффективности производства продуктов питания в первую очередь зависит от показателей использования технического парка АПК.

2 Одним из вариантов повышения эффективности использования тракторов является модернизация существующих конструкций по современным конструктивным схемам.

3 При проектировании насоса переменной производительности теплообменника 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 77898 рублей, а срок окупаемости составляет 5,28 месяцев.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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