

**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»

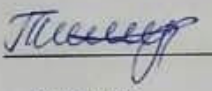
Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «специалист»

**Тема: «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой
устройства для снижения токсичности выхлопных газов»**

Шифр ВКР 23.05.01.110.20.УСТВГ 00.00.00. ПЗ

Студент С251-07 группы  Тимургалиев А.Р.

Ф.И.О.

Руководитель доцент  Хафизов Р.Н.

ученое звание

подпись

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите (протокол №11 от
17.06.2020 г.)

И.о. зав. кафедрой доцент
ученое звание


подпись

Хафизов Р.Н.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

**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»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. зав. кафедрой

/Хафизов Р.Н./

«12» марта 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту: Тимургалиеву Алмазу Рафиковичу

Тема ВКР: «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой устройства для снижения токсичности выхлопных газов»

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

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 13.06.2020

3. Техническое задание на ВКР

- Разработать трактор для выполнения сельскохозяйственных работ.
- Назначение: сельскохозяйственное, общего назначения.
- Тип ходовой части – 4к4, тяговый класс 20 кН
- Произвести тяговый расчет трактора.
- Разработать устройства для снижения токсичности выхлопных газов
- Разработать технологию изготовления детали устройства
- Разработать мероприятия безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.

– Произвести экономическое обоснование проекта.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Тягово-динамический расчет проектируемого трактора; 2. Эскизная компоновка проектируемого трактора; 3. Конструкторская часть; 4. Технологическая часть; 5. Разработка

мероприятий по безопасности жизнедеятельности; 6. Разработка мероприятий по экологической защите окружающей среды; 7. Экономическое обоснование ВКР.

5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей): Лист 1 – Регуляторная и потенциальная характеристика трактора; Лист 2 – Теоретическая тяговая характеристика трактора; Лист 3 – Эскизная компоновка проектируемого трактора; Лист 4 – Технокарта изготовления детали; Лист 5 – Анализ существующих конструкций; Лист 6 – Способы подачи воды в цилиндры двигателя; Лист 7 – Общий вид электромагнитного клапана; Лист 8 – Сборочный чертеж клапана для подачи воды; Лист 9 – Детализация конструкции; Лист 10 – Техничко-экономические показатели проекта.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Технология изготовления детали	Марданов Р.Х.
Безопасность жизнедеятельности	Гаязиев И.Н.
Экология и охрана окружающей среды	Гаязиев И.Н.

7. Дата выдачи задания _____ 12.03.2020 _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Тягово-динамический расчет проектируемого трактора	20.03.2020	
2	Эскизная компоновка проектируемого трактора	27.03.2020	
3	Конструкторская часть	12.04.2020	
4	Технологическая часть	17.04.2020	
5	Безопасность жизнедеятельности и охрана труда	25.05.2020	
6	Разработка мероприятий по экологической защите окружающей среды	01.06.2020	
7	Экономическое обоснование ВКР	10.06.2020	

Студент _____ (Тимургалиев А.Р.)
 Руководитель ВКР _____ (Хафизов Р.Н.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Тимургалиева А.Р. «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой устройства для снижения токсичности выхлопных газов».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 94 страницах машинописного текста и графической части на 10 листах. Записка состоит из введения, 7 разделов, вывода и включает 12 рисунков и 8 таблиц. Список используемой литературы содержит 23 наименований.

В первом разделе представлен тяговый расчет трактора. Определены основные параметры проектируемого трактора.

Во втором разделе приведена эскизная компоновка проектируемого трактора.

В третьем разделе приведено описание проектируемой конструкции, проведены конструктивные расчеты.

В четвертом разделе представлены технологические расчеты по изготовлению детали.

В пятом разделе рассмотрены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

В шестом разделе рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

В седьмом разделе представлено экономическая эффективность конструкции.

Пояснительная записка также содержит заключение, список использованной литературы, приложения и спецификации.

ABSTRACT

For the final qualifying work of Timurgaliev A.R. "Design of a tractor of traction class 20 kN with the development of a device to reduce the toxicity of exhaust gases."

The final qualifying work consists of an explanatory note on 94 pages of typewritten text and a graphic part on 10 sheets. The note consists of an introduction, 7 sections, conclusion and includes 12 figures and 8 tables. The list of used literature contains 23 items.

The first section presents the calculation of the traction of the tractor. The main parameters of the designed tractor are determined.

The second section provides a sketch layout of the designed tractor.

The third section provides a description of the design, carried out structural calculations.

The fourth section presents the technological calculations for the manufacture of parts.

The fifth section describes the measures for the safety of life.

The sixth section deals with environmental issues.

The seventh section presents the economic efficiency of the design.

The explanatory note also contains a conclusion, a list of references, annexes and specifications.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА.....	10
1.1 Расчет теоретической тяговой характеристики трактора.....	10
1.1.1 Определение массы трактора.....	10
1.1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика.....	11
1.1.3 Определение параметров ходовой части.....	12
1.1.4 Определение номинальной мощности двигателя.....	13
1.1.5 Определение крутящего момента двигателя.....	13
1.1.6 Расчеты с использованием ЭВМ.....	20
2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА.....	25
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	32
3.1 Патентный поиск	32
3.2 Системы для подачи воды в цилиндры двигателя.....	35
3.2.1 Схема системы раздельной подачи дизельного топлива и воды в цилиндр дизеля	35
3.2.2 Подача воды во впускной трубопровод двигателя.....	37
3.2.3 Система для дизеля ЯМЗ-240	39
3.2.4 Впрыскивание воды в цилиндры двигателя.....	42
3.3 Разработка системы для подачи воды в цилиндры двигателя	47
3.3.1 Описание предлагаемой системы.....	47
3.3.2 Расчет метрологических характеристик управляющего электромагнита.....	48
3.3.3 Расчет конструктивных параметров электромагнита.....	49
3.3.4 Расчет усилия затяжки шпильки.....	55

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	57
4.1 Коэффициент унификации конструктивных элементов детали.....	57
4.2 Качественная технологичность детали	58
4.3 Выбор вида заготовки.....	59
4.3.1 Расчет припусков на заготовку.....	59
4.3.2 Расчет припусков на длину детали.....	63
4.4 Определение минимального расчетного значения детали.....	65
4.5 Выбор оборудования.....	65
4.6 Разработка метода контроля детали и проектирования измерительного инструмента.....	66
5 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	68
5.1 Анализ условий труда на тракторе	68
5.2 Расчёт вентиляции кабины проектируемого трактора.....	69
5.3 Противопожарная безопасность.....	70
5.4 Безопасность при использовании конструкции.....	73
5.5 Физическая культура на производстве.....	75
6. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	77
7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР.....	80
7.1 Расчёт производительности	80
7.2 Расчет показателей экономического эффекта и эффективности.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	90

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в автомобильной и тракторной промышленности, дальнейшее увеличение грузооборота автомобильного транспорта, значительное расширение тракторного парка в сельском хозяйстве предусматривают не только количественный рост автотракторного парка, но и значительное улучшение использования имеющихся автомобилей и тракторов, повышение культуры их эксплуатации, увеличение межремонтных сроков.

В области развития и совершенствования автомобильных и тракторных двигателей основными задачами на современном этапе являются: расширение использования дизелей, снижение топливной экономичности и удельной массы двигателей, стоимости их производства и эксплуатации. На принципиально новый уровень ставится борьба с токсичными выбросами в атмосферу, а также задачи по снижению шума двигателей в процессе их эксплуатации. Значительно большее внимание уделяется использованию электронно-вычислительных машин при расчётах и испытаниях двигателей. Намечаются пути использования вычислительной техники непосредственно в конструкциях двигателей и в первую очередь конструкциях дизелей [7].

Двигатели внутреннего сгорания, являющиеся одним из основных средств энергетики, используются в различных отраслях народного хозяйства. Не только область применения, но и конкретное назначение двигателя предъявляют определенные специфические требования к его конструкции, режимам работы, способом регулирования и т.п. в результате двигатели одной и той же размерности и мощности, но предназначенные для различных областей использования, не имеют между собой ничего общего и не могут быть унифицированы по основным элементам.

Тракторные двигателестроение в нашей стране имеет характерные особенности, обусловленные широкой гаммой применяемых на тракторах сельскохозяйственных орудий, имеющих часто активные органы, что требует наличия на двигателях дополнительных средств отбора мощности.

Научно-исследовательскими и конструкторскими организациями отрасли накоплен большой опыт разработки освоения и доводки форсированных тракторных двигателей. Установлены специфические методы расчёта основных агрегатов и систем тракторных дизелей, методы выбора основных конструктивных соотношений, принципиальных компоновочных схем как дизеля в целом, так и его основных элементов.

Общие технические требования к тракторным дизелям, определяемые действующими ГОСТами, включают такие специфические требования, как нормы топлива и масла, степень форсирования, методы регулирования, степень унификации, моторесурс, особенности пуска и др. Именно их совокупность определяет задачу создания двигателя конкретных моделей [8].

Исходя из этого целью выпускной квалификационной работы является проектирование колесного (4х4) трактора тягового класса 20 кН, для сельскохозяйственного производства. С последующей разработкой устройства для снижения токсичности выхлопных газов.

1. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

1.1 Расчет теоретической тяговой характеристики трактора

Обоснуем, для чего нужен расчет и построение теоретической тяговой характеристики проектируемого трактора. Эта характеристика рассчитывается и строится для работы на заданном агрофоне на всех передачах. Показатели трактора и эффективность его использования в сельскохозяйственном производстве в соответствии с назначением и условиями эксплуатации зависят от правильного выбора основных параметров: веса (массы), мощности и типа регуляторной характеристики двигателя, передаточных чисел трансмиссии. При выполнении тягового расчета трактора производятся: расчет основных параметров трактора; расчет и построение регуляторной характеристики двигателя, потенциальной и теоретической тяговых характеристик трактора; анализ его основных эксплуатационных свойств [1,6,15].

Теоретическая тяговая характеристика состоит из 2-х частей в нижней части даны зависимости основных параметров тракторного двигателя от величины крутящего момента на его коленчатом валу ($N_e, G_T, n_e = f(M_e)$). Верхняя часть представляет собой тяговую характеристику трактора – $V_d, N_{кр}, g_{кр}, \delta, \eta_{тяг} = f(P_{кр})$.

1.1.1 Определение массы трактора

Различают конструктивную и эксплуатационную массы трактора. Конструктивную массу иногда называют «сухой» массой - это масса трактора сразу после сборки – без заливок маслом, топливом, охлаждающей жидкостью, без инструмента, дополнительных грузов и тракториста, а

эксплуатационная – уже трактора, готового к работе в поле т.е., полностью снаряженного.

Конструктивная масса равна [18]:

$$\frac{R_{кр.ном.}}{1000 \cdot \varphi_{кр.ном.}}, \quad \text{кг} \quad (1.1)$$

где $R_{кр.ном.}$ – номинальное тяговое усилие на крюке трактора, Н;
 $\varphi_{кр.ном.}$ – коэффициент использования массы при номинальном тяговом усилии

Величину $\varphi_{кр.ном.}$ – можно брать:

- 0,32...0,42 (при 4х2);
- 0,40...0,50 (при 4х4);
- 0,45...0,55 (гусеничная ходовая часть)

Эксплуатационная (полная) масса:

$$m_3 = m_k \cdot (1,06 \dots 1,12), \text{ кг.} \quad (1.2)$$

Масса трактора рассчитана в программе MATLAB. Потому что программа более точно определяет массу в разных условиях работы проектируемого трактора. Масса равна 6100 кг.

1.1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика

Зная класс трактора, тип его ходовой части, определив его массы, выбирается прототип из существующих типов тракторов. При отсутствии похожего трактора – выбирают наиболее близкий к проектируемому. Выбрав прототип – приводят его техническую характеристику, которые в дальнейшем помогут выбрать некоторые недостающие параметры будущего трактора (параметры двигателя, трансмиссии, ходовой части и др.) При этом

нужно будет учитывать разницу прототипа и будущего трактора. Прототипом проектируемого трактора является МТЗ-1221.2. [15].

1.1.3 Определение параметров ходовой части

К определяемым параметрам ходовой части относятся: размеры ведущих колес, для колесного трактора.

Ведущие колеса выбираются тракторного типа – с редким и глубоким пр-сунком, с учетом нагрузки на одно колесо:

$$\frac{G_{k1}}{\lambda_k}, Н \quad (1.3)$$

где G_{k1} – вес трактора, приходящееся на одно колесо;

λ_k – коэффициент распределения веса на ведущее колесо, $\lambda_k = 0,92$.

Зная нагрузку на одно колесо из справочника по автотракторным шинам определяют шину. Первая цифра ширина или высота профиля, а вторая – посадочный диаметр в дюймах.

Для данного трактора подходит шина 13-30.

Далее определяют радиус ведущего колеса [1,17]:

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot d + H \cdot (1 - \delta_r)], м \quad (1.4)$$

где 0,0254 – коэф. перевода дюймов в метры;

d – посадочный диаметр в дюймах,

H – высота профиля в дюймах;

δ_r – коэффициент радиальной деформации шины, $\delta_r = 0,11 \dots 0,13$.

Для проектируемого трактора подбираем по справочнику шину следующего типоразмера 13-30.

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot 30 + 13 \cdot (1 - 0,12)] = 0,67 м$$

Выбираем радиус колеса 0,67 м.

1.1.4 Определение номинальной мощности двигателя

Номинальная мощность тракторного двигателя определяется с учетом класса трактора, т.е. номинального тягового усилия на крюке – $P_{кр.ном}$, а также основных рабочих скоростей, при которых выполняются полевые работы. Для современных тракторов большинство полевых операций выполняется на скоростях 6...12 км/ч или 1,6...3,3 м/с.

С учетом сказанного:

$$\text{-----}, \text{кВт} \quad (1.5)$$

где $N_{е.ном}$ – номинальная мощность двигателя, кВт;
 $V_{ср}$ – скорость движения на одной из низших передач, используемых при выполнении тяжелых работ (например, при вспашке), м/с;
 $P_{кр.ном}$ – номинальное тяговое усилие на крюке, Н;
 f – коэфф. сопротивления движению при работах в нормальных условиях;
 m_0 – эксплуатационная масса, кг;
 $\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии трактора, можно принять $\eta_{тр} = 0,9$.

$$\text{-----},$$

К основным параметрам двигателя относятся: номинальная мощность – $N_{е.ном}$, крутящий момент – $M_{ен.ном}$, часовой расход топлива – $G_{т.ном}$, удельный расход топлива – $g_{ен.ном}$ и частота вращения коленчатого вала – $n_{ен.ном}$.

При этом $n_{ен}$ и $g_{ен}$ – даны в задании,

$N_{ен}$ – уже определили выше.

Выбираем с запасом 70 кВт.

1.1.5 Определение крутящего момента двигателя

$$\text{-----}, \text{Нм} \quad (1.6)$$

где $M_{ен.ном}$ – крутящий момент двигателя, Нм;

$N_{\text{енном}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт;

$n_{\text{енном}}$ – номинальные обороты вала двигателя, об/мин [1,17];

Определение номинального часового расхода топлива:

$$\text{---}, \text{ кг/ч} \quad (1.7)$$

где $G_{\text{тном}}$ – номинальный часовой расход топлива, кг/ч;

$q_{\text{енном}}$ – удельный расход топлива, г/кВт×ч;

$N_{\text{енном}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт;

$n_{\text{енном}}$ – номинальные обороты вала двигателя, об/мин;

Таким образом, все номинальные параметры определены. По этим параметрам нужно подобрать прототип двигателя из тех, которые установлены на имеющихся тракторах, дать описание этого двигателя, привести его основные технические данные, отметив, какие параметры и насколько отличаются.

В качестве двигателя внутреннего сгорания выбираем двигатель Д-260.2, у которого следующие характеристики таблица 1.1 [1,6]:

Таблица 1.1 - Характеристики двигателя Д-260.2

Модель	Число и расположение цилиндров	Тип системы газоборозна	Номинал. мощность, кВт	Номинал. частота вращения, об/мин	Макс. крутящий момент, Н·м	Частота вращения при макс. крутящем моменте, об/мин	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
Д-260.2	6	Т	114	2100	622	1400	220

Расчет и построение регуляторной характеристики тракторного двигателя.

Для расчета используются номинальные значения параметров двигателя – $N_{\text{енном}}$, $M_{\text{енном}}$, $G_{\text{т ном}}$, $g_{\text{енном}}$ и $n_{\text{енном}}$.

Вначале на оси частоты вращения (n_e) нужно определить еще две точки: $n_{e\min}$ – наименьшие обороты холостого хода – $n_{e\min} = 600 \dots 900$ об/мин.

Причем – 600...750 для двигателей с $n_{e\text{ном}}$ до 2000 об/мин., с 750...900 для двигателей с $n_{e\text{ном}}$ более 2000 об/мин.

Принимаем $n_{e\min} = 800$ об/мин.

При меньших $n_{e\min}$ оборотах двигатель глохнет, т.к., получающаяся мощность не хватает на внутренние потребности самого двигателя (привод механизмов, на трение, привод систем и др.

Следующая точка – это наибольшая скорость вращения коленчатого вала при полной подаче топлива, но без нагрузки.

$$n_{ex/x} = n_{e\text{ном}} (1 + b_p), \text{ об/мин} \quad (1.8)$$

где $n_{ex/x}$ – наибольшая скорость вращения коленчатого вала, об/мин;

$n_{e\text{ном}}$ – номинальные обороты вала двигателя, об/мин;

b_p – степень неравномерности регулятора, $b_p = 0,07 \dots 0,09$.

$$n_{ex/x} = 2100 (1 + 0,08) = 2256 \text{ об/мин}$$

Тут же нужно определить величину расхода топлива.

$$G_{tx/x} = G_{\text{тном}} (0,25 \dots 0,30), \text{ кг/ч} \quad (1.9)$$

где $G_{tx/x}$ – величину расхода топлива, кг/ч;

$G_{\text{тном}}$ – номинальный часовой расход топлива, кг/ч;

$$G_{tx/x} = 15,4 * 0,25 = 5,4 \text{ кг/ч}$$

Для расчета использовали программу для расчета.

Таблица 1.2 - Данные для расчета регуляторной характеристики

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
1.	Номинальная мощность двигателя – кВт	$N_{ном}$	N	70
2.	Номин. частота вращения к/вала – об/мин.	$n_{ном}$	H	2100
3.	Малые обороты хол. хода дв. – об/мин.	n_{emin}	H2	800
4.	Козф. для расчета характеристики дв-ля	C_1	C1	0,75
5.	Номинальный удельный расход топлива, гр/кВт•ч	$g_{ном}$	Q	220
6.	Степень неравномерности регулятора	δ_p	B	0,08

Таблица 1.3 - Данные для расчета потенциальной характеристики

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычно е	в программе	
1.	Номин. Мощность двигателя – кВт.	N	N	70
2.	к.п.д. трансмиссии трактора	$\eta_{тр}$	H6	0,9
3.	Козф. сор. движению на стерне – п	f	F	0,08
4.	Козф. Сцепления х/ч с почвой	φ	F1	0,7
5.	Козф. Распределения веса	λ_k	L	0,5
6.	Номин. Тяговое усилие трактора – Н.	$P_{кр ном}$	P	20000
7.	Козффициенты для расчета буксования	a	A5	0,13
8.		b	B5	0,013
9.		c	C5	8
10.	Полная масса трактора – кг.	m_2	M5	6160

Результаты расчетов представлены в приложении

Определение тяговой зоны трактора.

Основное назначение потенциальной тяговой характеристики – это обоснование и выбор тяговой зоны будущего трактора.

Для этого на построенной характеристике находят точку $N_{кр. max}$, этой же точке соответствует $\eta_{т.т. max}$. От этой точки проводят вертикаль на ось $P_{кр.}$, на пересечениях отмечают – $V_t опп$ и $P_{кр. опп.}$, т.е., это будет оптимальная скорость, оптимальное усилие на крюке трактора. Поскольку при работе в

полевых условиях величина $P_{кр}$ все время меняется как в ту, так и в другую сторону, поэтому нужно определить рабочую зону трактора таким образом, чтобы при всех случаях работы величина тягового к.п.д. ($\eta_{тяг}$) находился вблизи его наибольшего значения. Для этого от точки V_t опт поднимаются вверх по кривой скорости на величину примерно $0,8...0,9$ м/с и отмечают скорость V_{tmax} , от этой же точки (V_t опт) опускаются вниз по кривой на величину $0,7...0,8$ м/с и отмечают точку V_{tmin} и через эти точки проводят вертикальные линии до кривой $N_{кр}$ (или $\eta_{тяг}$). Если снижение мощности на крюке при скоростях V_{tmax} и V_{tmin} примерно одинаковое, то это и будет рабочей тяговой зоной, если же снижение в одну из сторон значительно больше, чем в другую, то вносят коррективы – рабочую зону перемещают вправо или влево, но так, чтобы $V_{tmax} - V_{tmin} \approx 1,4...1,7$ м/с.

Таким образом, определяется тяговая рабочая зона

Нужно проверить, не выходит ли δ_{max} за пределы допустимого ГОСТом значения, если немного будет выходить, нужно предложить меры по его снижению до приемлемого уровня (за счет дополнительных грузов или других мероприятий).

После определения тяговой зоны трактора принимают:

$$V_{tmin} = V_{т1} = 3,3 \text{ м/с и } V_{tmax} = V_{тп} = 4,7 \text{ м/с,}$$

т.е. это будет соответственно, скорости на первой и последней рабочей передачах.

Здесь рассматриваются только рабочие передачи, замедленные и транспортные не рассматриваются. На первой передаче выполняются наиболее тяжелые работы, например, вспашка, а на последней – более легкие работы, например, боронование или каткование. Количество передач (n) дается в задании, обычно может быть $4...6$.

Далее рассчитываются значения передаточных чисел трансмиссии трактора для каждой передачи [1,6,17].

(1.10)

где $i_{тр}$ – значения передаточных чисел трансмиссии трактора;

$n_{ном}$ – номинальные обороты вала двигателя, об/мин;

r_k – радиус ведущего колеса.

$$\frac{\dots}{\dots}$$

Определим знаменатель геометрической прогрессии

$$q = \sqrt[n]{\frac{i_{m2n}}{i_{m1}}} = \sqrt[3]{\frac{44,7}{77,8}} = 0,82 \quad (1.11)$$

Распределение величины $i_{тр}$ по агрегатам трансмиссии

Поскольку трансмиссия трактора состоит из коробки передач, из главной и конечной передач, т.е.

$$i_{тр} = i_{кпп} i_0 i_k, \quad (1.12)$$

При этом нужно учитывать соответствующие параметры прототипа и требования курса детали машин. Есть одно требование - возможность включения всех передач, для этого нужно, чтобы:

$$i_{кпп} \geq \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_{Tn}}{V_{T1}}, \quad (1.13)$$

Если $i_{кпп} = V_{max}/V_{min}$, то последняя (высшая) передача будет “прямой”, т.е. через коробку вращение пройдет без изменения, если будет больше – то последняя передача так же будет понижающей. Равным, обычно берут для автомобилей, а для тракторов всегда берут больше.

На практике: i_0 – передаточное число главной передачи - берут равным в передачах 3,5...5, а i_k – передаточное число конечной передачи может быть в пределах 4,5...6.

Составление кинематической схемы трансмиссии и определение количества зубьев шестерён.

При этом так же следует обращаться к прототипу, использовать подходящие передачи этого трактора. В качестве примера рассмотрим простейшую схему колесного трактора, имеющего 4 передачи переднего хода (рисунок 3). Из предыдущих расчетов получены: $i_{тр1}, i_{тр2}, \dots, i_{трn}; i_0$ и i_k , а также:

$$i_{кп1} = \frac{i_{мп1}}{i_0 \cdot i_k} \quad i_{кпj} = \frac{i_{мпj}}{i_0 \cdot i_k}, \quad (1.14)$$

т.е. $i_{кп1}, i_{кп2}, \dots, i_{кпn}$.

$$i_{кп1} = \frac{77,8}{4 \cdot 5} = 3,89$$

$$i_{кп2} = \frac{63,7}{4 \cdot 5} = 3,18$$

$$i_{кп3} = \frac{52,3}{4 \cdot 5} = 2,62$$

$$i_{кп4} = \frac{44,7}{4 \cdot 5} = 2,23$$

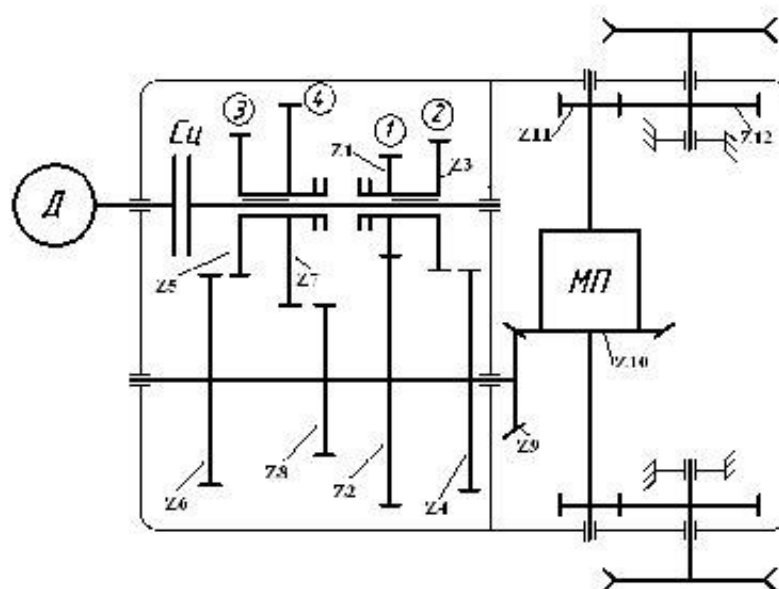


Рисунок 1.1 - Кинематическая схема колесного трактора

Как видно из кинематической схемы, в трансмиссии трактора всего 12 шестерён. Нужно начинать с конечной передачи, которая передает большой

крутящий момент и имеет крупные зубья, часто ведущая шестерня выполняется за одно целое с валом. Выбирают Z_{11} , а $Z_{12} = i_k \cdot Z_{11}$.

Главная передача, также с учетом конструктивных особенностей тракторных трансмиссии выбирают ведущую шестерню – Z_9 , а $Z_{10} = Z_9 \cdot i_0$.

При определении зубьев шестерен коробки передач нужно начинать с 1 передачи – самая малая шестерня передает вращение самой большой.

Для определения числа зубьев шестерен КПП задаемся межцентровым расстоянием – a , мм (расстояние между промежуточным и вторичным валом КПП) и модулем зубьев – m .

Межцентровое расстояние выбирается из ряда: 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280.

Модулем зубьев выбирается из ряда: 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5.

Межцентровое расстояние и модуль зубьев для всех передач КПП берется одинаковым.

$$P_f = f \cdot m_z \cdot 9,81 = 0,1 \cdot 6160 \cdot 9,81 = 6042,9$$

Дальнейшие расчеты были сделаны с помощью компьютера.

1.1.6 Расчеты с использованием ЭВМ

Для расчета теоретической тяговой характеристики с помощью ЭВМ необходимо подготовить следующую таблицу данных для ввода их в ЭВМ:

Таблица 1.4 – Таблица с параметрами трактора

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
1.	Масса трактора, кг	m_z	M	6160

Продолжение таблицы 1.4

2.	Радиус ведущих колес, м.	r_k	R	0,67
3.	К.п.д. трансмиссии	$\eta_{тр}$	H4	0,9
4.	Малые обороты холостого хода двигателя, об/мин.	$n_{емин}$	H1	800
5.	Номин. обороты вала двигателя, об/мин.	$n_{енном}$	H2	2100
6.	Мах. Обороты холостого хода двигателя, об/мин.	$n_{ex/x}$	H3	2256
7.	Номин. момент двигателя, Н.м	$M_{енном}$	M2	318
8.	Мах. Момент двигателя, Н.м.	$M_{еммах.}$	M3	363
9.	Номин. часовой расход топлива, кг/ч.	$G_{тном}$	G2	15,4
10.	Часов. расход на холост. ходу, кг/ч.	$G_{тх/х}$	G3	5,4
11.	Удельный расход топлива, г/кВт*ч	$g_{енном}$	G4	220
12.	Козф. сопрот. качению на заданном фоне.	f	F	0,08
13.	Козф. сцепления на заданном фоне.	ϕ	F1	0,7
14.	Козф. распределения веса на ведущие колеса	λ_k	L	0,5
15.	Козффициенты для расчета буксования	a	A5	0,13
16.		b	B5	0,013
17.		c	C5	8
18.	Обороты двигателя при $M_{еммах.}$	n_o	H6	1320
19.	Номин. усилие на крюке, Н.	$R_{кр.ном}$	P	20000
20.	Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора	$i_{тр.1}$	I1	77,8
21.		$i_{тр.2}$	I2	63,7
22.		$i_{тр.3}$	I3	52,3
23.		$i_{тр.4}$	I4	44,7
24.	Начальное значение усилия на крюке, Н	$R_{кр.нач}$	P1	10
25.	Номин. мощность, кВт	$N_{енном}$	N2	70
26.	Козффициент C_1	C_1	C1	0,75
27.	Козф. $C_2=2-C_1$	C_2	C2	1,25

По результатам расчетов машина выдаст распечатку, где первые 5-колонок - это данные по двигателю:

$H - n_e, \text{ об/мин}$

$N - N_e, \text{ кВт}$

$M1 - M_e, \text{ Нм}$

$G - G_T, \text{ кг/ч}$

$G1 - g_e, \text{ г/квт.ч}$

Следующие 6 – это параметры трактора:

$P - P_{кр}, \text{ Н}$

$B - \delta,$

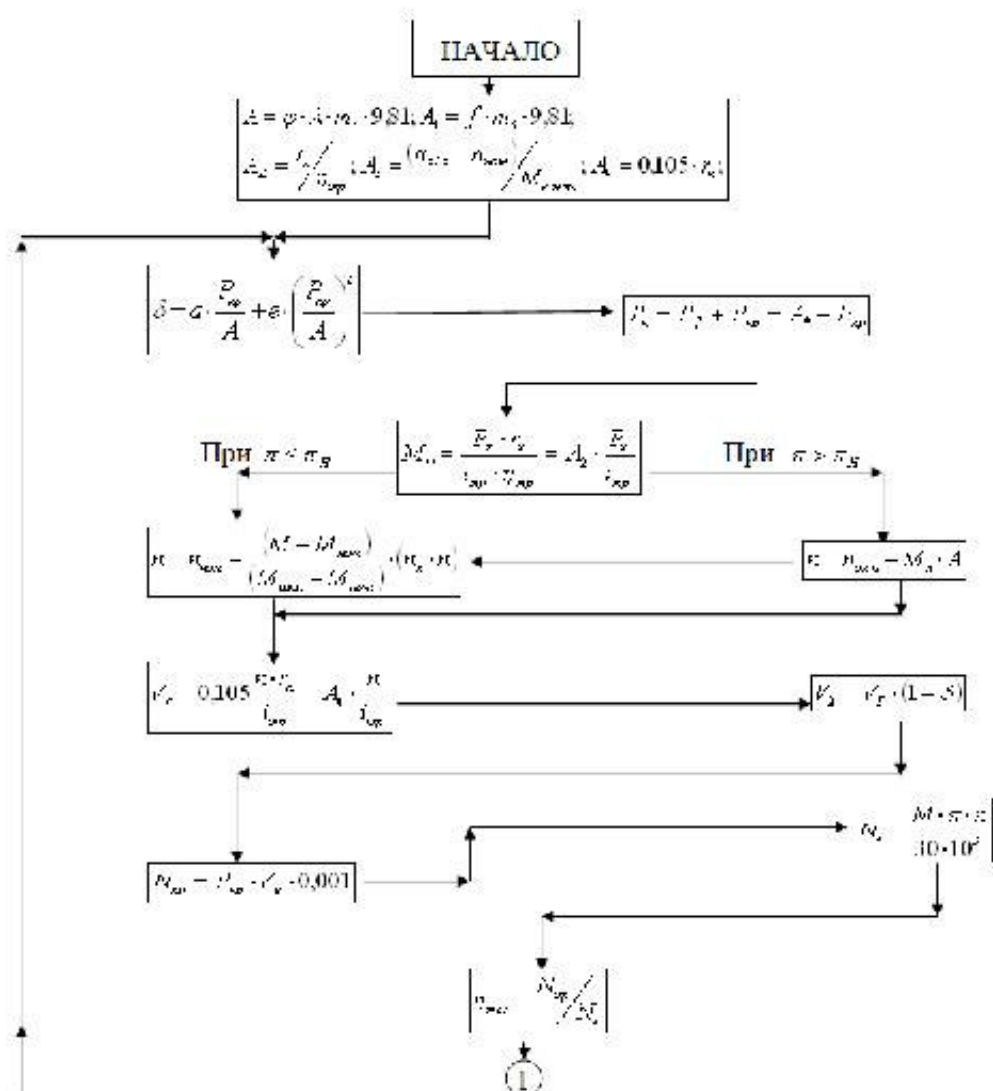
$V1 - V_d, \text{ м/с}$

$N1 - N_{кр}, \text{ кВт}$

$G5 - g_{кр}, \text{ г/кр.квт.ч}$

$H5 - \eta_{тж}$

Блок схема расчета



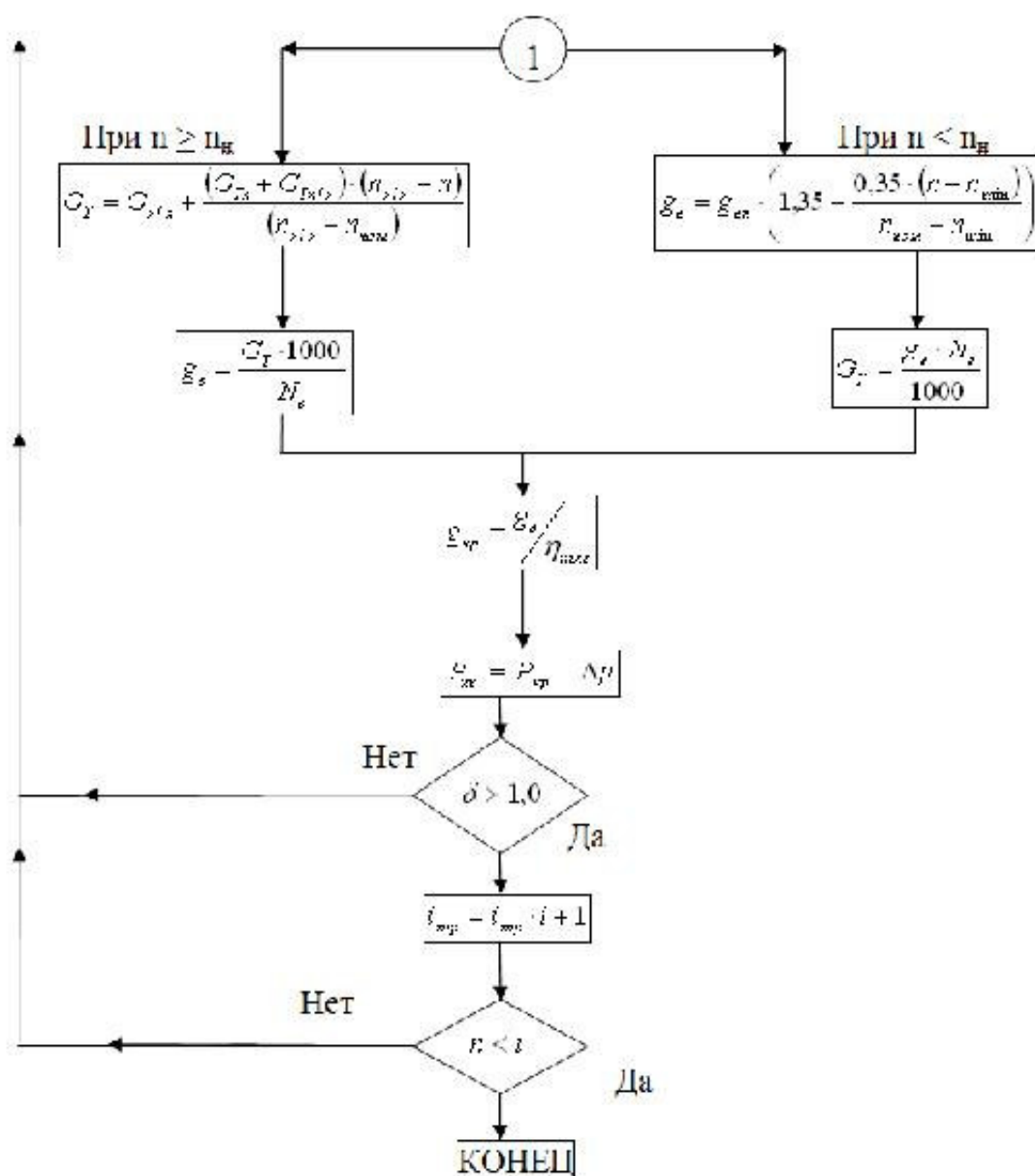


Рисунок 1.2 – Блок схема расчета

По этим данным строится теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора, которая представлена на рисунке 1.3.

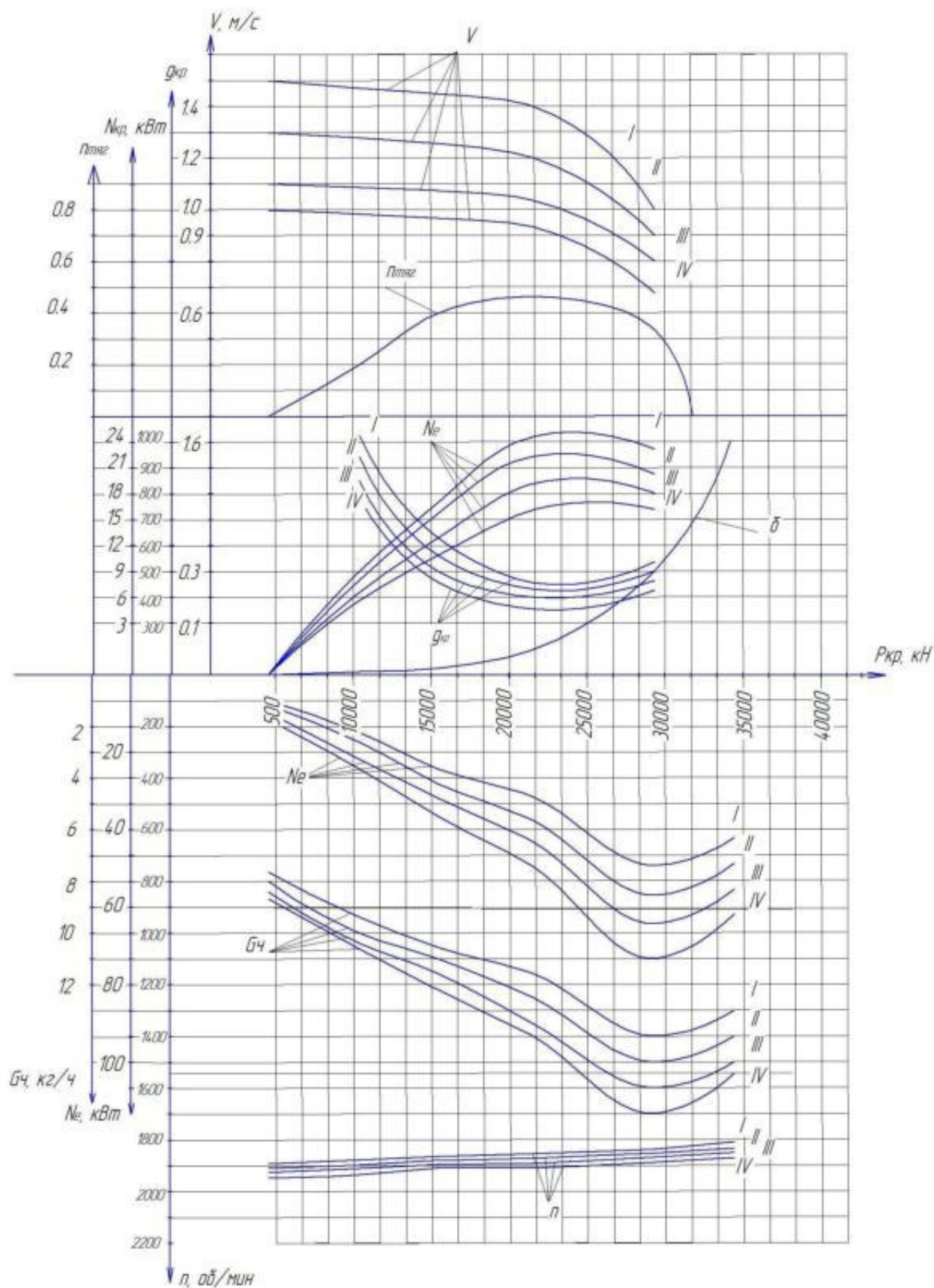


Рисунок 1.3 – Теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора

2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

За основу проектируемого трактора был взят уже существующий трактор МТЗ 1221.2, который представлен на рисунке 2.1.

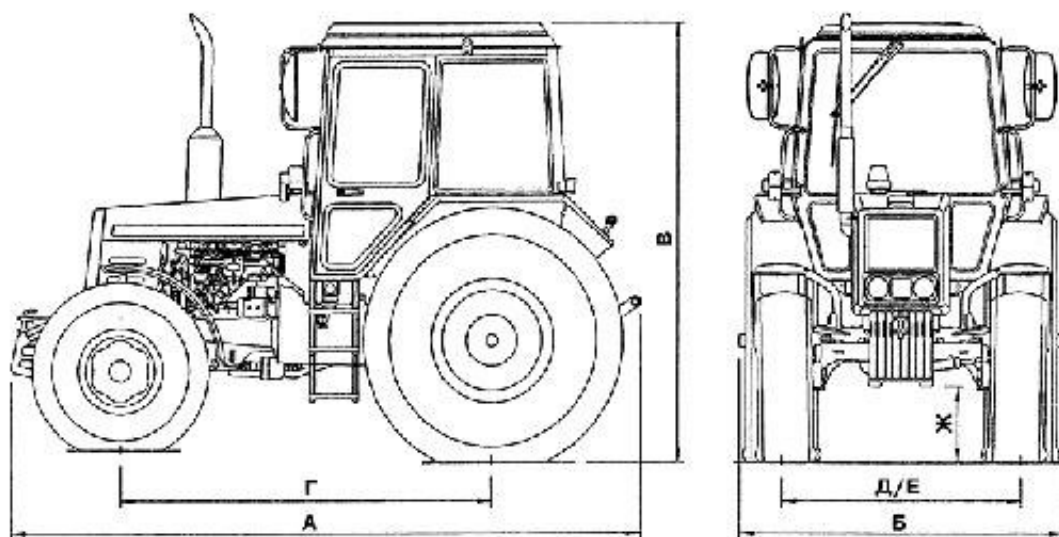


Рисунок 2.1 – Трактор МТЗ 1221.2

Трактор МТЗ 1221 является техникой колесного типа, которая предназначена для выполнения множества поставленных задач в сельском хозяйстве, лесном и для проведения коммунальных и промышленных видов работ. Трактор пользуется особой популярностью благодаря простой своей конструкции, довольно мощному силовому агрегату, высокой проходимостью и, конечно же, большому набору узлов дополнительного навесного оборудования, которое позволяет существенно облегчить рабочий процесс. Под капотом трактора установлен шестицилиндровый дизельный двигатель рядного типа, который способен развить максимальную мощность в 130 лошадиных сил. Также данная модель трактора является 2.0 классом тяговой спецтехники [6].

Трактор МТЗ 1221 особо востребован в сельском хозяйстве, а именно для проведения всего комплекса необходимых работ таких, как: вспахивание поля, обработка грунта, боронирование, культивирование, посев, ну и непосредственно для сбора полученного урожая. В коммунальном хозяйстве данный трактор эксплуатируется для очистки дорог и других участков, благодаря наличию такого навесного оборудования, как дорожные отвалы и

разнообразные щетки. В проведении лесных работ, трактор служит для выкорчевывания гней, землеройных и транспортировочных работ.

Технические характеристики

Масса трактора в состоянии отгрузки с завода составляет 5730 килограмм. Длина, от края до края, обладает значением в 4500 миллиметров. Ширина, с учетом краев задних полуосей, составляет 2300 миллиметров. Высота, начиная с самого низа и заканчивая крышей трактора, обладает значением в 2850 миллиметров. Колесная база трактора составляет 2760 миллиметров. Расстояние между передними колесами имеет значение в 1540 миллиметров, а между задними в 1520 миллиметров. При необходимости можно расширить колею путем разворота колес на 180 градусов, получив при этом следующие значения: по передним колесам 2090 миллиметров, а по задним 2150 миллиметров. За счет этого можно повысить проходимые качества данного трактора. Дорожный просвет составляет 620 миллиметров.

Трактор с завода укомплектован дизельным шестицилиндровым дизельным агрегатом, оснащенный системой турбонаддува. Его максимально достигаемая мощность доходит отметки в 130 лошадиных сил, но в одной из модификаций данного трактора имеется доработанный двигатель, номинальная мощность которого составляет 136 лошадиных сил. Топливный бак рассчитан на 160 литров горючего, а при расходе 226 грамм на киловатт в час, позволит выполнять работу довольно долгое время без остановки на дозаправку, что является также неотъемлемым показателем в спецтехнике универсального предназначения.

Муфта сцепления, как и у множества других тракторов двухдисковая, постоянно замкнутая, фрикционного вида. Коробка переключения передач включает в себя 16 передач движения трактора вперед и 8 передач движения трактора задним ходом. Трактор способен развить максимальную скорость на прямом и ровном участке дороги в 34 километра в час. Задний вал отбора мощности независимый с двумя скоростями работы. На первой скорости вал

отбора мощности развивает номинальные обороты в 557 оборотов в минуту, а на второй может достигнуть отметки в 1000 оборотов в минуту.

Гидравлическая система трактора обладает грузоподъемностью на оси шарниров нижних тяг в 4500 килограмм. Максимально допустимое давление в гидравлической системе равняется 200 килограммам на квадратный сантиметр. Насос обладает производительностью в 55 литров в минуту. Вся гидравлическая система рассчитана на 21 литр жидкости.

Данная машина относится к тяжелой технике и для того, чтобы эксплуатация не вызывала дискомфорта, трактор оборудован гидравлическим усилителем руля, в который входят насос-дозатор и два гидроцилиндра (расположенные в трапеции руля).

Двигатель

Под капотом трактора расположен шестицилиндровый дизельный двигатель Д-260А, рабочий объем которого составляет 5.12 литров. Данный силовой агрегат способен развить максимально допустимую мощность в 95 лошадиных сил или же 70 киловатт. Номинальный крутящий момент при средних оборотах коленвала составляет 500 Нм. Коэффициент запаса крутящего момента равняется 20 процентам. Сам же коленчатый вал может развить номинальные обороты в 2100 оборотов в минуту.

Диаметр одного из цилиндров двигателя составляет 110 миллиметров, что является стандартом среди других двигателей тракторов этого же класса. Ход поршня обладает значением в 125 миллиметров. Расход топлива при номинальных нагрузках на двигатель составляет 226 грамм на киловатт в час.

Данный силовой агрегат оснащен системой непосредственного впрыска топлива и системой турбонаддува, которая приводится в действие за счет отработавших газов двигателя.

Навесное оборудование

Данный трактор является универсальным, способным выполнять массу различных видов работ. И неспроста, ведь машина может использовать

довольно большое количество разнообразных дополнительных навесных агрегатов таких, как:

1. Плуги.
2. Агрегаты для культивирования почвы.
3. Боронировочное оборудование.
4. Специальное дополнительное оборудование для обработки почвы.
5. Дизельное оборудование.
6. Гидравлические ходоуменьшители.
7. Фрезеровочное оборудование.
8. Различные косилки, имеющие гидравлический манипулятор.
9. Кусторезы.
10. Косилки-кусторезы.
11. Оборудование плужно-щеточного типа.
12. Погрузочное оборудование фронтального типа ПФС-0.75.
13. Агрегаты, предназначенные для очистки различных участков от снега.
Существует всего два вида данного оборудования, это роторное и фрезерно-роторное.
14. Различные отвалы.
15. Ковш челюстного типа, предназначенный для силоса.
16. Обыкновенный ковш, предназначенный для землеройных работ. Имеет объем 0.92 кубических метров.
17. Сельскохозяйственные вилы без захвата.
18. Сельскохозяйственные вилы, оснащенные гидравлическим захватом.
19. Вилы штыкового вида.
20. Универсальный захват.
21. Бревнозахват.
22. Погрузчик фронтального типа.

Особенности

Трактор МТЗ 1221.2 является довольно мощной и надежной машиной, которая способна выполнить довольно объемную работу за удивительно

короткое время. Это объясняется огромным набором узлов дополнительного навесного оборудования и высокими тяговыми характеристиками. Также данная модель обладает большим списком модифицированных версий.

Кабина трактора просторная и комфортная. Для эксплуатации машины в различных погодных условиях, в кабине предусмотрены отопитель и система фильтрации поступающего воздуха в кабину с возможностью подогрева. Имеется возможность открытия заднего и боковых окон трактора, а в одной из модификаций и вовсе имеется тенговая кабина, которую в случае необходимости можно будет без затруднений снять. Также предусмотрены стеклоочистители и омыватели, расположенные у лобового и заднего окна. Все рычаги управления и приборы занимают удобное положение.

Высокий дорожный просвет и довольно большие широкие колеса, позволяют применять трактор на различных типах почвы с нестабильной несущей способностью. Благодаря дифференциалу с автоматической блокировкой, расположенном на переднем мосту, пробуксовывание колес сводится к минимуму, что позволяет трактору не увязнуть в мягкой почве или бросе.

Но, конечно же, необходимо отметить высокий ресурс двигателя, простоту конструкции и доступность запасных частей, приобрести которые можно по доступным для всех ценам [1].

Ходовая и трансмиссия трактора

Коробка передач на «1221.2» механическая, с постоянным зацеплением шестерен. Переключение происходит ступенчато с помощью синхронизаторов, в 4-х диапазонах при движении вперед и 2-х диапазонах назад. По четыре скорости в диапазоне, в целом КПТ обеспечивает 16 скоростей вперед и 8 назад. Трансмиссия трактора имеет ряд существенных отличий от применявшейся, на тракторах предыдущих моделей:

- Муфта сцепления двухдисковая, усиленная, заключенная в жесткий корпус.

- Задний мост оснащен колесными, планетарными редукторами. Электрогидравлическая система управления дифференциалом, с возможными режимами автоматический, включено, выключено.

- Тормоза сухие, трехдисковые. Возможна комплектация многодисковыми тормозами, которые монтируются на валах ведущих шестерен. Такая конструкция тормозов называется «мокрой», так как работают они в масле.

- Полуоси конечных передач и заднего моста усилены, что позволяет использовать более тяжелое и мощное навесное оборудование.

- Передний мост. Так же является ведущим, может быть планетарного типа, либо балочно-соосный. Оборудован планетарными колесными редукторами, узлами шкворневыми двухопорными, надежной усиленной балкой, а так же гидроцилиндрами рулевого механизма.

Гидравлика и навесное устройства трактора

Для контроля работы навесного, прицепного и полунавесного оборудования, МТЗ 1221.2 оборудован системой гидравлики. Система на данной модели представлена в двух вариантах: Два вертикальных силовых цилиндра встроены в гидроприемник. Силовой цилиндр автономный, горизонтально расположенный. Система неприхотлива в эксплуатации, а регулировка температуры рабочей жидкости и ее фильтрация происходит без вмешательства оператора. Расходный бак большого объема и 3 пары выходов, для гидравлических шлангов высокого давления, позволяет работать с гидрообъемным навесным оборудованием. Задняя система навески 3-точечная. Служит для монтажа навесного оборудования к трактору и регулировки его положения в пространстве с помощью раскосов и растяжек.

Кабина и управление

Основные элементы управления трактором расположены справа от тракториста. Ими являются рычаги управления гидравликой навески и навесного оборудования, ручной подачи дизельного топлива, включения

ВОМ, управления ПВМ и прочее. Так как на МТЗ-1221 возможна работа в режиме реверса, рычаги и переключатели размещены так, чтоб их использование было удобно в обоих режимах. Рулевое управление полностью гидрофицировано. Дополнительным плюсом на данной модели трактора является вполне современный салон, с заявкой на комфортную работу. Неплохо оформленный, современный интерьер с использованием обивки из качественных тканей и пластиковых панелей радуют глаз. Не забыли и о безопасности водителя, надежный металлический каркас защитит водителя при опрокидывании трактора, а ремни безопасности удержат внутри кабины. В крыше имеется люк, он служит в качестве дополнительной вентиляции и в качестве аварийного выхода в чрезвычайной ситуации.

Эскизная компоновка проектируемого трактора приведена на рисунках 2.2.

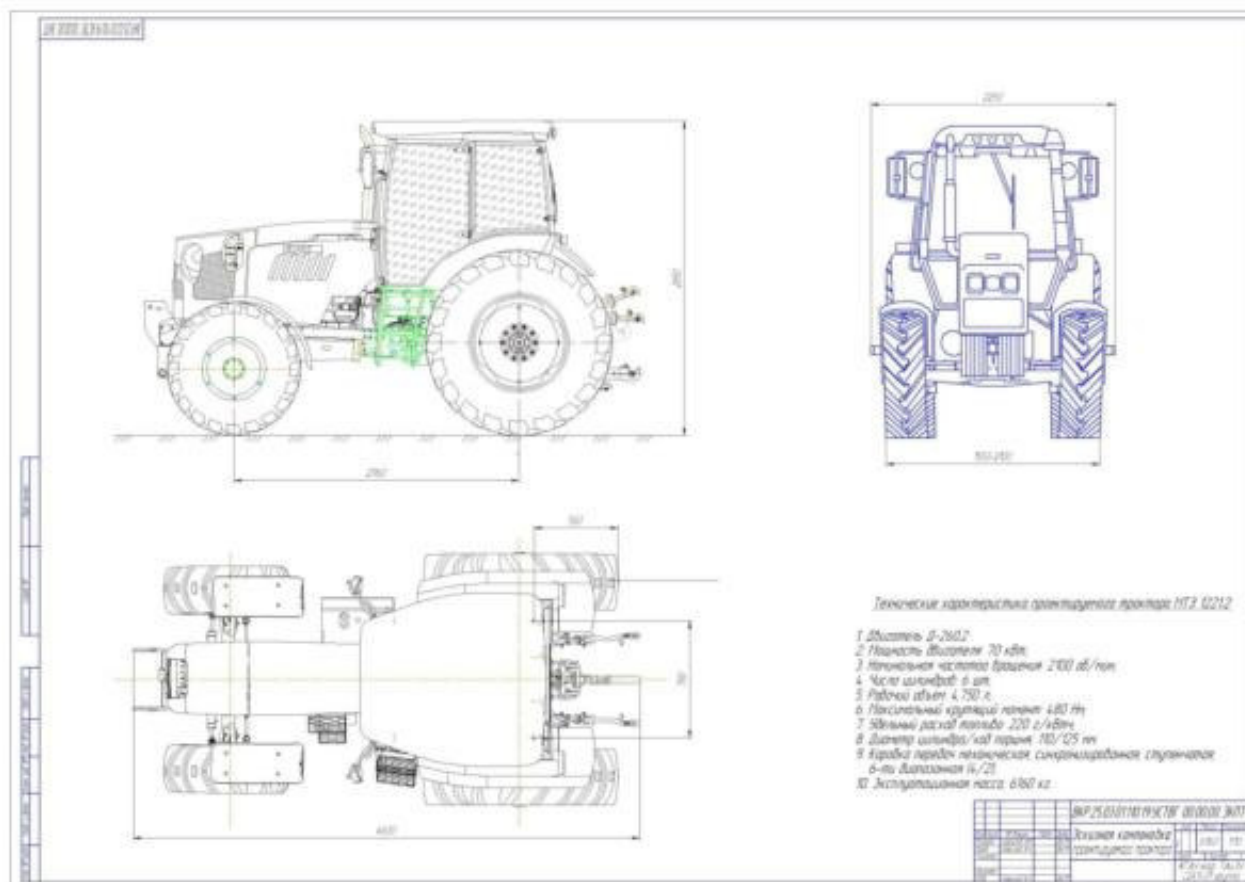


Рисунок 2.2 – Эскизная компоновка проектируемого трактора

3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Патентный поиск

Вода не рассматривается в качестве самостоятельного вида топлива, поскольку сама является продуктом полного окисления водорода. Возможно расщепление молекулы воды при ее электролизе с целью получения водорода и его последующего сжигания в дизельных двигателях. Однако связь атомов водорода и кислорода в молекуле воды достаточно прочная. Поэтому с учетом необходимых затрат электроэнергии для получения водорода и выбросов вредных веществ при его выработке эффективность такого способа использования воды в качестве топлива для дизелей невысока. Вместе с тем, возможно добавление воды к различным углеводородным топливам с целью улучшения рабочих процессов дизельных двигателей. Этому способствует некоторые особенности физико-химических свойств воды, ее доступность и практически неограниченные ресурсы [6].

Некоторые физические свойства воды представлены 3.1, а зависимость физических свойств воды и водяного пара от температуры можно оценить по данным таблицы 3.2 и 3.3.

Плотность и вязкость воды соизмерны с аналогичными показателями нефтяных моторных топлив (дизельных топлив, автомобильных бензинов, реактивных топлив). Причем, плотность воды близка к плотности тяжелых дизельных топлив, а вязкость – к вязкости бензинов (таблица 3.2). Следует отметить, что вода имеет наибольшую плотность при $t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\rho = 1000\text{ кг/м}^3$), а с понижением или повышением температуры плотность ее жидкой фазы уменьшается.

Вода даже в очень незначительных количествах действует как катализатор, ускоряющий многие химические реакции. Это объясняется тем, что вода является реакционноспособным соединением. Вода хорошо смешивается с некоторыми органическими соединениями, в частности – с низкомолекулярными спиртами (метанол, этанол) и низкомолекулярными

эфирами (диметоксиметан, метил – трет – бутиловый эфир). Причем, с повышением температуры их растворимость водой повышается. В то же время, вода практически не растворяет нефтепродукты и ряд других высокомолекулярных органических соединений. Но с этими соединениями вода образует водотопливные эмульсии (ВТЭ), которые могут быть использованы в качестве топлив для дизелей. Возможно так же использование в качестве моторных топлив суспензий ряда пылевидных твердых веществ в воде – угольной пыли, торфа и др [6,8].

Таким образом, вода может использоваться в смеси (суспензии или эмульсии) с различными углеводородными топливами – угольной пылью, традиционными дизельными топливами, высоковязкими нефтепродуктами, растительными маслами, спиртами, эфирами. Результаты некоторых исследований дизелей, работающих на водоугольных суспензиях, представлены в шестом разделе настоящего учебного пособия.

Водотопливные эмульсии представляют собой системы, включающие две нерастворимые жидкости. При этом одна из жидкостей – дисперсная фаза в виде мельчайших капель равномерно диспергирована в другой жидкости – дисперсной среде. Водотопливные эмульсии могут быть двух видов: типа «масло-вода», в которых вода является дисперсной средой, а органическая жидкость – дисперсной фазой, и типа «вода-масло», в которой дисперсной средой является соединение. Концентрированные эмульсии, как правило, являются неустойчивыми. Вследствие увеличения поверхностного натяжения на поверхностях раздела фаз, капли дисперсной фазы стремятся к взаимному слиянию, что ведет к разрыву дисперсионных прослоек и постепенному укреплению элементов дисперсной фазы. Этот процесс завершается полным расслоением системы и разделением ее на две самостоятельные фазы. Для увеличения времени существования эмульсии часто используется третье вещество, называемое эмульгатором. При его наличии устойчивость эмульсии обеспечивается путем образования на внешней поверхности капель дисперсной фазы сплошного адсорбционно-осольватного слоя, причем одна из

жидкостей системы сольватирует молекулы эмульгатора (образует с ним непрочное соединение).

Таблица 3.1 – Некоторые физические свойства воды

Свойства	Значение параметра
Температура кипения,	100
Температура плавления,	0
Критическая температура,	314,75
Критическое давление, МПа	22,06
Теплота парообразования при температуре кипения, кДж/кг	2260
Удельная теплоемкость при 20 , кДж/ (кг)	4,2
Коэффициент изотермической сжимаемости, при 0 при 60	51,1 45,5
Температурный коэффициент объемного расширения, при 0 при 10 при 20	-3,4 9,0 2,0
Теплопроводность, МВт/(м) при 0 при 45	565 645

Таблица 3.2 – Физические свойства воды при различных температурах

Свойства	Температура,					
	0	20	40	60	80	100
Плотность, кг/	999,9	998,2	992,2	983,2	971,8	958,4
Вязкость кинематическая,	1,792	1,006	0,660	0,478	0,367	0,296
Поверхностное натяжение, мН/м	75,65	72,74	69	66,24	62,68	58,92
Давление пара, кПа	0,611	2,337	7,375	19,92	47,36	101,3
Теплопроводность, МВт/(м К)	561	598,5	630,6	654,4	669,8	678,8

Таблица 3.3 – Физические свойства водяного пара при различных температурах

Свойства	Температура,						
	100	120	150	200	250	300	350
Плотность, кг/	0,598	1,121	2,547	7,862	19,98	46,21	113,6
Вязкость динамическая, мкПа	12,28	12,97	14,02	15,78	17,59	19,74	23,72
Теплопроводность, МВт/(м	25,1	27,5	31,6	40,1	51,3	69,6	134,2

3.2 Системы для подачи воды в цилиндры двигателя

3.2.1 Схема системы раздельной подачи дизельного топлива и воды в цилиндр дизеля

В ряде случаев более рациональным представляется подача воды и дизельного топлива через одну форсунку. Такая система раздельной подачи топлива и воды через общую форсунку в КС высокооборотного дизеля, представленная на рисунке 1.1, предложена и исследована в Японии. В этой системе подачи топливо от ТНВД 1 через нагнетательный клапан 2 по топливопроводу 3 и каналу 17 подается в подыгольную полость 21 форсунки 19. В процессе нагнетания игла форсунки поднимается, и топливо через сопловые отверстия 22 распылителя впрыскивается в КС дизеля. Одновременно топливо поступает в полость 14 дозатора воды 13, воздействует на вытеснитель 12 и смещает поршень 9 влево до упора 6, деформируя при этом пружину 4. В результате в полости 10 создается разрежение, и она заполняется водой, всасываемой из емкости 8 через клапан 7 и трубопровод 5. После окончания подачи топлива (после отсечки) при посадке нагнетательного клапана 2 ТНВД давление в топливопроводах 3, 16 уменьшается и пружина 4 смещает поршень 9 вправо. Возрастающее давление в полости 10 закрывает клапан 7 и открывает клапан 11, подавая воду через

трубопровод 15 и каналы 18, 20 к распылителю форсунки. При этом вода вытесняет оставшееся там топливо в КС дизеля. Затем часть воды впрыскивается в цилиндр, а часть - остается в распылителе до следующего цикла впрыскивания. Таким образом, подача воды осуществляется в начале и в конце периода впрыскивания топлива. Такая организация процесса подачи топлива и воды позволяет существенно снизить выбросы оксидов азота и продуктов неполного сгорания топлива, повысить на 1-2% топливную экономичность.

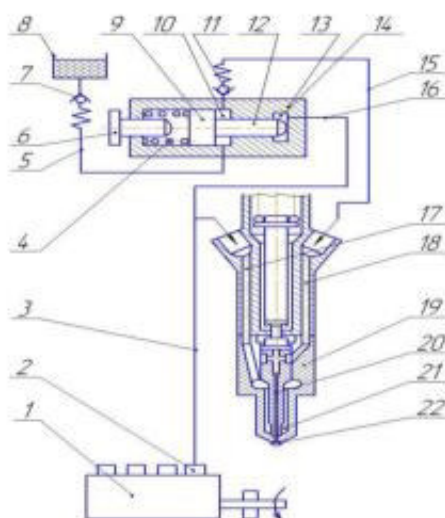


Рисунок 3.1 – Схема системы раздельной подачи дизельного топлива и воды в цилиндр дизеля

- 1- ТНВД; 2 - нагнетательный клапан; 3,16 - топливопроводы; 5,15 - трубопроводы;
 6 - упор; 7,11 - клапаны; 8 - емкость с
 1 водой; 9 - поршень; 10, 14 - полости; 12 - вытеснитель поршня; 13 - дозатор
 воды; 17,18,20 - каналы; 19 - форсунка; 21- подыгольная полость;
 2 22 - сопловые отверстия

В рисунке 3.1 приведены результаты экспериментальных исследований дизеля типа TDI фирмы Volkswagen, работающего с подачей топлива и воды в КС через одну форсунку. Дизель имел размерность $S/D=95/79,5$, рабочий объем $V_h=0,47$ л, степень сжатия $E=20$, среднее эффективное давление $p_e=0,8$ МПа, мощность $N_e=81$ кВт. Впрыскивание топлива и воды в цилиндр осуществлялось форсункой. Процесс топливоподачи организован следующим образом. Вода по каналу 4 подается в распылитель форсунки в

период между впрыскиваниями, когда давление топлива в канале 3 и распылителе 1 минимально. В это время, открывается запирающий клапан 5 и вода поступает в полость перед распыливающими отверстиями 6 форсунки. При последующем впрыскивании она вместе с дизельным топливом подается в КС дизеля. В процессе испытаний исследовалось влияние геометрии проточной части распылителя форсунки на показатели дизеля, работающего на дизельном топливе без подачи воды и с дополнительной подачей воды в КС в количестве 25 и 40% от цикловой подачи топлива. Применялось два типа распылителей: с пятью распыливающими отверстиями ($i_p=5$) диаметром $d_p=0,170$ мм и с двенадцатью распыливающими отверстиями ($i_p=12$) диаметром $d_p=0,126$ мм. Преимуществом систем подачи топлива и воды через одну форсунку является возможность гидроочистки распылителей при закоксовывание распыливающих отверстий. Это особенно важно для дизелей, работающих на тяжелых нефтяных и альтернативных топливах (например растительных маслах), склонных к коксованию в КС дизеля. Недостатком описанной организации процесса подачи является сложность регулирования количества подаваемой воды и момента ее подачи в КС дизеля. Применение такой системы питания обеспечивает расслоение рабочей смеси и способствует уменьшению выбросов оксидов азота, снижению дымности ОГ при повышении индикаторного КПД двигателя.

3.2.2 Подача воды во впускной трубопровод двигателя

Проблемы создания конструкций устройства для подачи воды во впускной трубопровод решаются с учетом особенностей дизеля, а также количества подаваемой воды и необходимости создания специальных устройств, позволяющих регулировать подачу воды в зависимости от температуры двигателя и ряда других факторов. В работах предложена система подачи воды во впускной трубопровод для дизеля Д-21А1 трактора Т-25А, содержащая бесплоплавковый карбюратор. В этой системе

расход воды, примерно равный расходу топлива, устанавливается с помощью регулировочной иглы 6 карбюратора. Система включается в работу после прогрева двигателя путем подключения карбюратора к баку с водой. Отключение карбюратора производится в конце работы за 10-15 минут до остановки двигателя. Описанная система подачи воды на впуске прошла испытания в составе трактора Т-25А, эксплуатируемого на животноводческом комплексе. Содержание в воздухе этого комплекса двух токсичных компонентов ОГ - оксидов азота и монооксида углерода определялось по проходу трактора, и после прохода трактора, работающего только на дизельном топливе и при подаче воды на впуске. Результаты приведенных испытаний, показывают, что при работе трактора в животноводческом комплексе в его атмосфере отмечается содержание указанных токсичных компонентов ОГ, значительно превышающие их предельно допустимые концентрации. После прохода трактора с подачей воды во впускной трубопровод содержание кислорода в воздухе рабочей зоны снижается на 13-40% по сравнению с работой трактора только на дизельном топливе, а концентрация СО остается на том же уровне.

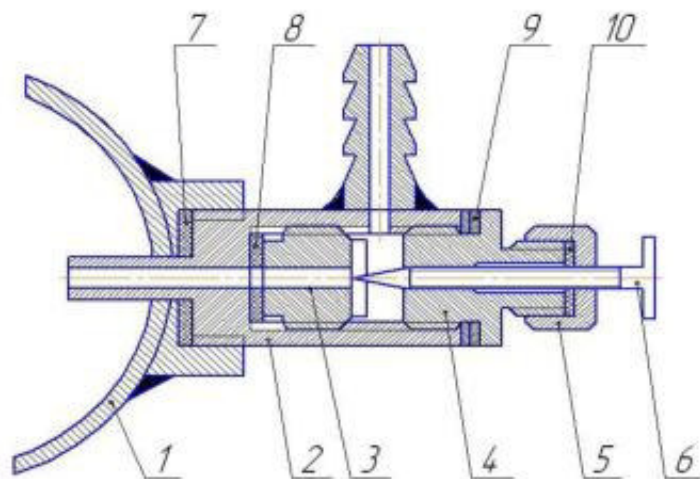


Рисунок 3.2 – Схема бесплоплавкового карбюратора для подачи воды во впускной трубопровод дизеля Д21А1 трактора Т-25А

- 1- впускной трубопровод; 2- корпус; 3- жиклер; 4- корпус регулировочной иглы;
 5- гайка сальника регулировочной иглы; 6- регулировочная игла;
 7,8,9- уплотнительные прокладки; 10- сальник уплотнительной иглы.

3.2.3 Система для дизеля ЯМЗ-240

Кроме описанной простейшей схемы подачи воды во впускной трубопровод дизеля в работе предложена усовершенствованная система для дизеля ЯМЗ-240 самосвала БезАз-540А (рисунок 3.3). Эта система состоит из следующих основных элементов: термостатического устройства, вакуумного автомата и карбюратора. Система работает следующим образом. Вода из водяного бака после прохождения термостатического устройства 23 и вакуумного автомата 14 с помощью карбюратора 8 подается в дополнительный трубопровод 9, из которого она поступает во впускной трубопровод 12 дизеля 33. Воздух, поступающий в дизель из впускного трубопровода 12, очищается от пыли и частиц в штатном воздухоочистителе 1, а часть воздушного потока, проходящего в дополнительный трубопровод 9 через карбюратор 8, очищается в дополнительном воздушном фильтре 2.

Система подачи воды на впуске (рисунок 3.3) содержит устройства, автоматически прекращающие подачу воды в карбюратор при понижении температуры охлаждающей жидкости ниже допустимой (термостат), а также включающие систему при пуске и выключающие ее при остановке дизеля (вакуумный автомат). Термостат работает следующим образом. Вода из системы охлаждения дизеля 33 поступает через отверстие 26 в корпусе 28, омывает термостат 27, который выполнен в виде гофрированной оболочки, заполненной рабочей жидкостью с большим коэффициентом линейного расширения, и выходит из корпуса через отверстие 31. При падении температуры воды в системе охлаждения ниже минимально допустимой объем рабочей жидкости термостата 27 уменьшается и шток 29 термостата занимает крайнее нижнее положение. В результате клапан 25 под действием пружины 21, поджатой болтом 20, прижимается к седлу отверстия, связывающего штуцеры 19 и 24, прекращая, тем самым, поступление воды из бака в карбюратор 8. Сальник 30 предотвращает возможность поступления воды из системы охлаждения двигателя в корпус 22. При повышении

температуры воды в системе охлаждения рабочая жидкость термостата 27 расширяется, поднимает оболочку термостата, а с ней и шток 29, который, преодолевая сопротивление пружины 21, поднимает клапан 25, открывает отверстие, связывающее штуцеры 19 и 24. Вода вновь поступает из бака в карбюратор 8. При дальнейшем повышении температуры воды соответственно возрастает объем жидкости термостата 27 и под действием штока 29 клапан 25 поднимается и увеличивает проходное сечение отверстия, связывающего штуцеры 19 и 24. Такое регулирование количества подаваемой воды позволяет существенно стабилизировать температурный режим дизеля, что повышает его долговечность.

Вакуумный автомат работает следующим образом. При неработающем дизеле 33 во впускном трубопроводе 12, а, следовательно, и под мембраной 13 в корпусе 10 устанавливается атмосферное давление. Верхняя полость корпуса 10 над мембраной 13 связана с атмосферой отверстием 7 и герметизируется от воды, проходящей через штуцеры 18 и 3, уплотнением 15 в виде сальника 6. В нижней полости корпуса 10 под мембраной 13 создается разрежение за счет связи этой полости (через трубку 11) с впускным трубопроводом 1.2. При этом положении мембрана находится в равновесном состоянии, а клапан 16 в корпусе 17 прижат пружиной 4 к седлу отверстия, связывающего штуцеры 18 и 3. В результате вода из термостатического устройства 23 не поступает в карбюратор 8. При пуске двигателя во впускном трубопроводе создается разрежение, и мембрана 13 вследствие разности давлений (атмосферное над мембраной и разрежение под ней) опускается вниз. При этом усилие от мембраны 13 с помощью штока 5 передается на пружину 4, в результате чего пружина сжимается, а клапан 16 опускается, открывая магистраль подачи воды в карбюратор. При остановке двигателя давление под мембраной 13 и над ней выравнивается, мембрана занимает нейтральное положение, а клапан 16 под действием пружины 4 вновь закрывает отверстие, связывающее штуцеры 18 и 3. Подача воды из бака в поплавковую камеру карбюратора прекращается. Таким образом, вакуумный

автомат включает и выключает систему подачи воды без участия водителя в управлении системой, а также исключает попадание воды в цилиндры неработающего двигателя. Результаты эксплуатационных испытаний системы подачи воды во впускной трубопровод дизеля ЯМЗ-240 автомобиля БелАЗ-540А при подаче воды в его впускную систему в количестве $G_B/G_T=30-40\%$ представлены на рисунок 1.3. Из приведенных данных следует, что в процессе эксплуатационных испытаний выбросы NO_x снижаются в среднем на 30%, что обусловлено снижением температур сгорания топлива при подаче воды во впускной трубопровод. При этом температура ОГ уменьшается на 20-50° С, а нагарообразование в цилиндрах дизеля снизилось в 2-3 раза. Нарботка пяти автосамосвалов с описанной системой подачи воды составила от 5000 до 20000 км. Проведенный на 3 исследуемых двигателях микрометриж деталей цилиндропоршневой группы при пробеге автомобилей от 12000 до 20000 км значительного снижения долговечности этих деталей не выявил.

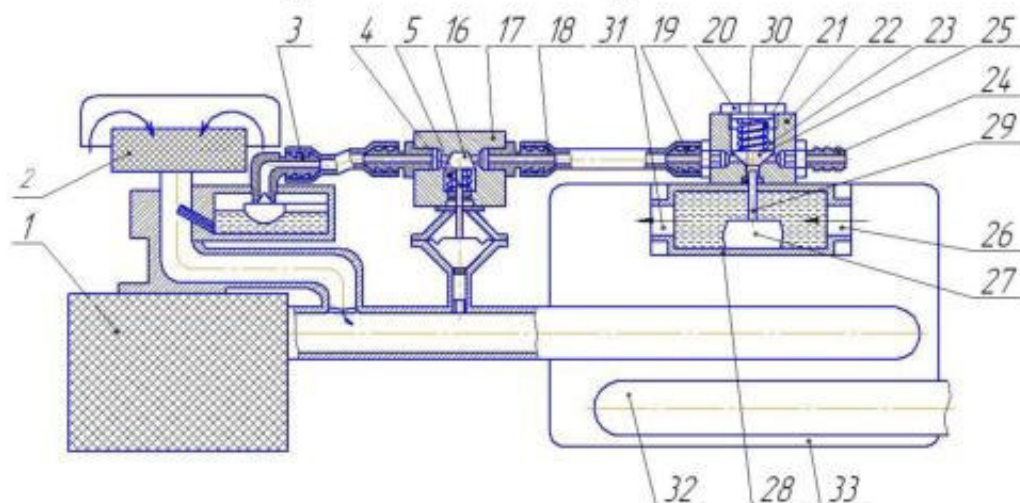


Рисунок 3.3 – Схема системы подачи воды во впускной трубопровод дизеля ЯМЗ-240 самосвала Белаз-504А

- 1- воздухоочиститель; 2- воздушный фильтр; 3, 18, 19, 24- штуцеры;
 4, 21- пружины; 5, 29- штоки; 6, 30- сальники; 7, 26, 31 - отверстия;
 10, 17, 22, 28 - корпуса; 8 - карбюратор; 9 - дополнительный трубопровод;
 11- трубка; 12- впускной трубопровод; 13- мембрана; 14- вакуумный автомат;
 15- уплотнение; 16, 25 - клапаны; 20- болт; 23 - термостатическое устройство;
 27- термостат; 32 - впускной трубопровод; 33- дизель

3.2.4 Впрыскивание воды в цилиндры двигателя

Непосредственное впрыскивание воды в цилиндры двигателя может быть осуществлено с использованием двойной системы топливоподачи, в которой топливо и вода впрыскиваются в КС двумя отдельными форсунками. Такая организация рабочего процесса дизеля реализована в системе непосредственной подачи воды в КС дизеля, разработанной в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете. Исследован дизель Д-242 (4 Ч 11/12,5), работающий как на чистом дизельном топливе, так и при впрыскивании воды дополнительной форсункой 6 (рисунок 3.4). Методика проведения испытаний предусматривала определение рабочих характеристик двигателя и показателей токсичности его ОГ как при работе на чистом дизельном топливе, так и при подаче в цилиндры некоторого количества воды на номинальном режиме при $n=1800$ мин⁻¹ при стандартных регулировках двигателя. Изменяемыми параметрами в ходе эксперимента являлись количество подаваемой воды G_B и угол начала ее впрыскивания $\alpha_{в}$.

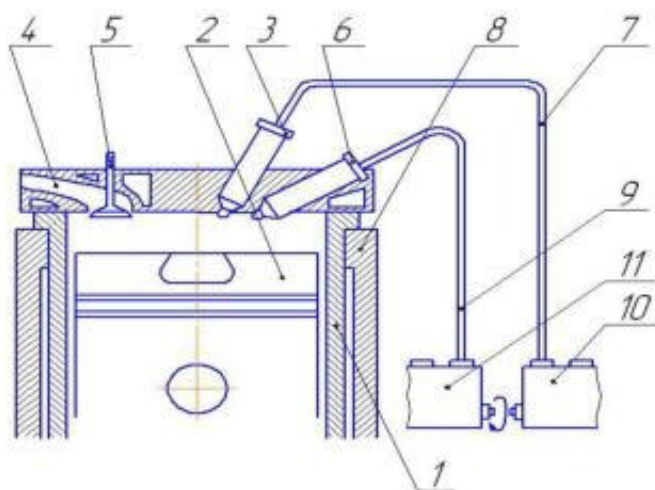


Рисунок 3.4 – Конструктивная схема системы раздельной подачи дизельного топлива и воды в цилиндры двигателя

1- цилиндр; 2 - поршень; 3 - форсунка впрыскивания топлива; 4 - выпускной трубопровод; 5 - выпускной клапан; 6 - форсунка для впрыскивания воды; 7,9 - топливопровод; 8- блок цилиндров; 10- штатный ТНВД; 11- ТНВД для подачи воды; 12- головка блока.

Результаты безмоторных исследований показали, что на номинальном

режиме при $n_{\text{ш}}=900 \text{ мин}^{-1}$ при неизменном положении рейки ТНВД объемная цикловая подача воды увеличивается в среднем на 4-6% по сравнению с работой на дизельном топливе, что объясняется уменьшением ее дросселирования при истечении из распыливающих отверстий форсунок. Установлено, что затраты мощности на привод ТНВД для подачи воды составили 0,5 кВт. Однако эти затраты компенсируются уменьшением потребляемой мощности на привод агрегатов основной системы охлаждения двигателя. Проверка гидроплотности прецизионных пар этого ТНВД и герметичности форсунки в сборе до и после 125 ч работы выявила отсутствие повышенного износа рабочих поверхностей прецизионных деталей.

При проведении моторных испытаний отмечено, что на нагрев впрыснутой воды, ее испарение и перегрев образовавшегося пара затрачивается часть теплоты рабочей смеси, в результате чего снижается их температура, замедляется образование оксидов азота NO_x и уменьшается их содержание в ОГ. Кроме того, вода разбавляет горючую смесь, уменьшая тем самым относительную концентрацию кислорода, что также приводит к снижению содержания NO^* в ОГ. Чем больше количество подаваемой воды и чем раньше она подается в КС, тем значительно снижается температура по сравнению с обычным дизельным циклом [8].

Интенсивное образование оксидов азота наступает при температуре $T=1900 \text{ К}$ и их эмиссия удваивается при повышении температуры на 200-250 К. Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что при впрыскивании воды сокращается продолжительность периода температур $\phi_{\text{МОХ}}$, соответствующая интенсивному образованию оксидов азота. Если в штатном дизельном цикле она составляет $\phi_{\text{МОХ}}=32^\circ \text{ п.к.в.}$, то при впрыскивании воды в количестве $G_B/G_T=50\%$ (от подачи топлива G_T) и угле опережения ее впрыскивания $\phi_b=3^\circ \text{ п.к.в.}$ до ВМТ продолжительность этого периода температур сокращается до $\phi_{\text{NOX}}=23^\circ \text{ п.к.в.}$ Более позднее впрыскивание воды в количестве $G_B/G_T=50\%$, соответствующее началу подачи воды $\phi_b=12^\circ \text{ п.к.в.}$ после ВМТ, приводит к увеличению периода

максимальных температур до $\Phi_{\text{кох}}=27^\circ$ п.к.в.. В рабочем цикле с подачей воды снижается максимальная температура цикла T_{max} . Так, при работе по дизельному циклу эта температура составляет $T_{\text{max}}=2280$ К, при $G_B/G_T=50\%$ и $\Phi_B=3^\circ$ п.к.в. до ВМТ - $T_{\text{max}}=2150$ К, при $G_B/G_T=50\%$ и $\Phi_B=12^\circ$ п.к.в. после ВМТ - $T_{\text{max}}=2260$ К.

Снижение уровня максимальных температур сгорания при впрыскивании воды создает условия для снижения выбросов оксидов азота с ОГ. Но при этом несколько повышается удельный эффективный расход топлива d_e , и, как следствие, снижается эффективная мощность дизеля N_e . Так, если при работе дизеля на номинальном режиме только на дизельном топливе расход топлива составлял $d_e=252$ г/(кВт·ч), а эффективная мощность $N_e=49,6$ кВт, то при подаче воды в количестве $G_B/G_T=50\%$ в момент времени $\Phi_B=12^\circ$ п.к.в. после ВМТ эти показатели оказались равны $d_e=257$ г/(кВт·ч) и $N_e=48,63$ кВт.

Таким образом, исследования работы подтвердили возможность значительного снижения выбросов оксидов азота (до 6 раз) путем подачи в КС транспортного дизеля некоторого количества воды при небольшом (на 1-6%) увеличении удельного эффективного расхода топлива, которое может быть частично скомпенсировано при доводке системы водоподдачи.

В работе представлены результаты проведенных в Мюнхенском институте двигателестроения экспериментальных и теоретических исследований влияния добавки воды и метанола на эффективные мощность N_e и удельный расход топлива d_e , период задержки воспламенения, дымность ОГ и эмиссию оксидов азота NO_x дизелем с непосредственным впрыскиванием топлива в неразделенную КС. Исследования проведены на одноцилиндровой установке с рабочим объемом $V_h=1,58$ л, степенью сжатия $\epsilon=19$, цилиндрической КС в поршне и впрыскиванием топлива горизонтально расположенной (по радиусу КС) односопловой форсункой. В одном варианте струя топлива впрыскивалась под углом 50° относительно оси форсунки, в другом - по оси форсунки в направлении центра КС.

Впрыскивание воды или метанола осуществлялось форсункой, установленной на противоположной стороне относительно основной форсунки. Из проведенного анализа различных механизмов воздействия воды и метанола на процесс сгорания сделан вывод о том, что эти добавки как химические реагенты не оказывают непосредственного влияния на концентрацию составляющих продуктов сгорания. Только в области экстремального недостатка воздуха они эффективно способствуют торможению реакции сажеобразования. В этом случае вода оказывает более сильное влияние на образование сажи, чем метанол. Сложные и малоизученные вопросы кинетики образования сажи пока не позволили определить роль неравновесных реакций в этих процессах. Однозначно доминирующее влияние на сажеобразование оказывает охлаждающее действие испаряющейся воды. Оно снижает температуру в КС и увеличивает ПЗВ, в результате чего улучшается гомогенизация смеси и снижается сажеобразование. В условиях проведения эксперимента скоростная киносъемка процессов распыливания топлива и его испарения не подтвердили влияния так называемых «микровзрывов» на указанные процессы при впрыскивании эмульсии из дизельного топлива и воды. Отмечено, что добавка воды не способствовала повышению КПД дизеля, поскольку ее испарение снижало температуру цикла. Несмотря на то, что в связи с увеличением ПЗВ при подаче воды скорость тепловыделения в начальной фазе сгорания возрастает, в целом процесс сгорания протекает медленнее, чем при использовании только дизельного топлива, и значительно растянут по времени. Наиболее эффективной является зависящая от нагрузки подача воды или метанола непосредственно в зону горения. Количество подаваемой воды должно составлять меньше 50% от массовой цикловой подачи дизельного топлива. При максимальном содержании воды в цикловой подаче максимальная температура цикла снижается на 250 К. Так как метанол сам является топливом, то ожидалось, что при его впрыскивании температура цикла не должна снижаться. Однако температура цикла снизилась на 100 К вследствие

большей в два раза теплоты испарения метанола по сравнению с дизельным топливом.

Описанная выше система топливоподачи (рисунок 3.4) предполагает наличие двух автономных систем подачи с двумя форсунками для подачи дизельного топлива и воды. Это несколько усложняет конструкцию системы топливоподачи и головки блока цилиндров. В ряде случаев более рациональным представляется подача этих двух компонентов через одну форсунку.

Анализ существующих конструкций позволяет более обоснованно подойти к выбору той или иной системы питания двигателя. При этом разработано несколько способов подачи воды в цилиндры двигателя рисунок 3.5. Возможна подача воды в цилиндры двигателя в жидкой фазе или в виде пара. Подача водяного пара в цилиндры дизеля может быть реализована в силовых установках, имеющих контур утилизации теплоты (теплоты ОГ, охлаждающей воды, смазывающего масла), отводимой от двигателя и используемый для подогрева воды и ее испарения. Для быстроходных дизелей, устанавливаемых на транспортные средства, более предпочтительным представляется подача воды в цилиндры двигателя в жидкой фазе [20].

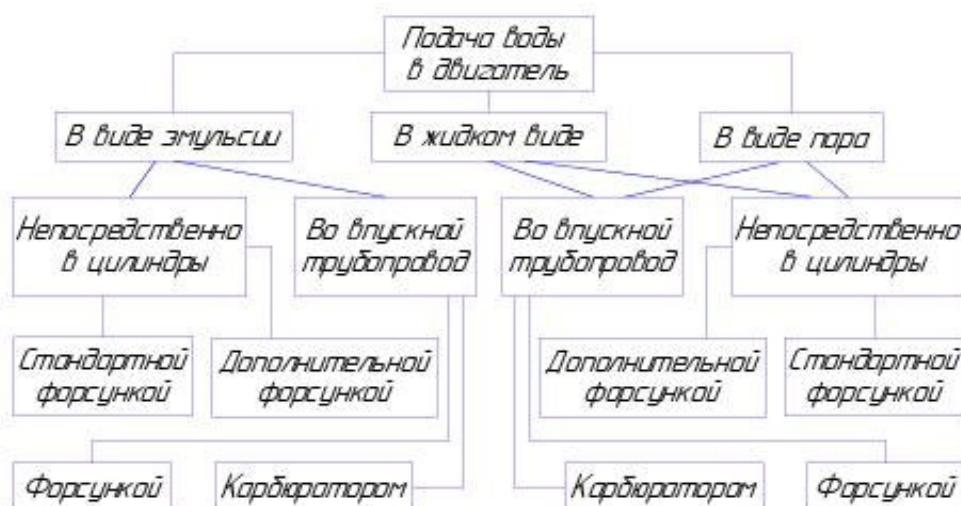


Рисунок 3.5 – Способы подачи воды в цилиндры двигателя

Наибольшее практическое применение нашли следующие способы: впрыскивание воды непосредственно в цилиндры двигателя, применение в качестве топлива водотопливной эмульсии (ВТЭ), подача воды на всасывание (во впускной трубопровод дизеля).

3.3 Разработка системы для подачи воды в цилиндры двигателя

3.3.1 Описание предлагаемой системы

Проблемы создания конструкций устройства для подачи воды во впускной трубопровод решаются с учетом особенностей дизеля, а также количества подаваемой воды и необходимости создания специальных устройств, позволяющих регулировать подачу воды в зависимости от температуры двигателя и ряда других факторов. В этой связи была разработана система подачи воды в цилиндры двигателя (рисунок 3.6).

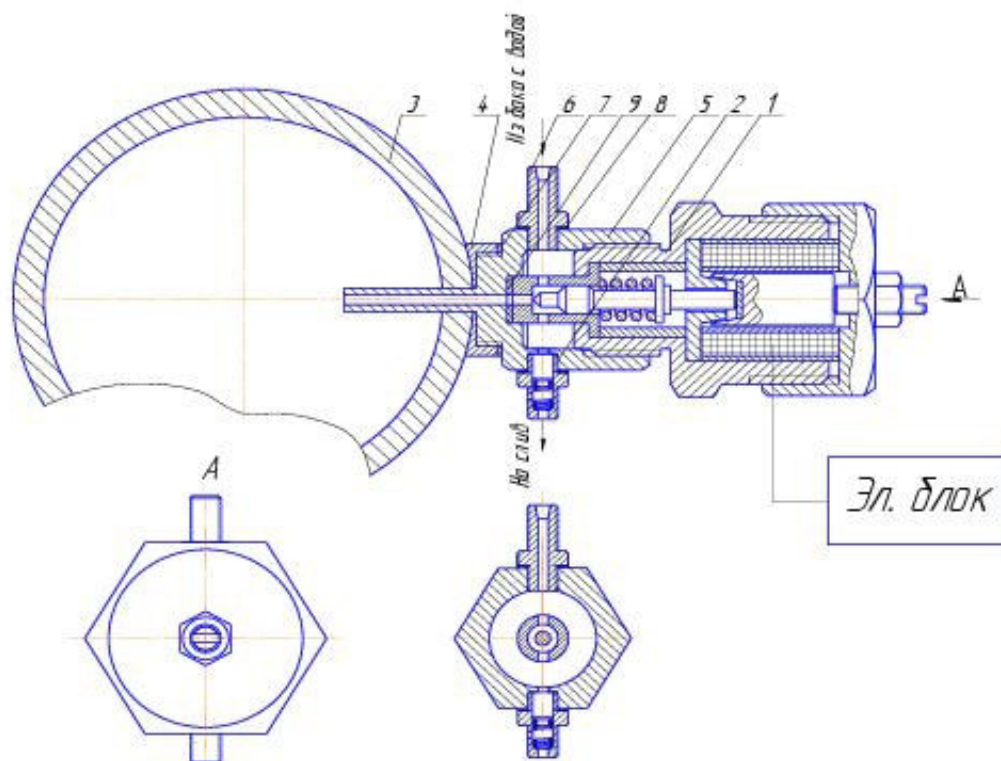


Рисунок 3.6 - Система для подачи топлива: 1- клапан электромагнитный, 2-штуцер с клапанным механизмом, 3- впускной коллектор, 4- втулка, 5- корпус, 6-штуцер, 7- кольцо, 8- кольцо, 9- уплотнительное кольцо

Работает она следующим образом. При пуске двигателя электронный блок подает импульс на обмотку клапана электромагнитного 1. При этом якорь притягиваясь к электромагниту, преодолевая усилия, пружины закрывает иглой канал. При этом вода не подается в цилиндры двигателя. После достижения оптимальной температуры нагрева двигателя электронный блок при получении информации от датчиков прекращает подачу импульса к электромагниту 1. При этом игла под действием пружины возвращается в исходное положение. При открытии канала, вода из бака поступает во впускной трубопровод и далее в цилиндры двигателя.

3.3.2 Расчет метрологических характеристик управляющего электромагнита

В конструкции электромагнитного клапана предполагается использование прецизионного электромагнита, включаемого в управляющую цепь по дифференциальной схеме. Проектируемое устройство представляет собой устройство прямого преобразования, содержащее следующие преобразовательные элементы: электромагнит, схему включения датчика, генератор питания схемы включения, усилитель переменного тока, регистрирующую аппаратуру [16].

Необходимая чувствительность в мкм^{-1} определяется по выражению:

$$\delta S_{\text{ид}} = \frac{1}{C \cdot U_n \cdot k_{\text{св}} \cdot k_y \cdot k_{\text{ра}}}, \quad (3.1)$$

где C – цена деления устройства, ед.;

U_n – напряжение питания схемы включения, В;

$k_{\text{св}}, k_y, k_{\text{ра}}$ – передаточные коэффициенты схемы включения, усилителя, регистрирующего аппарата.

Задавая цену деления $C=0,01$ мкм и, учитывая, что обычно $U_n=10$ В, $k_{\text{св}}=0,25$, $k_y=30$, $k_{\text{ра}}=550$ (с.24 [3]), по выражению (2.1) находим:

$$\delta S_{\text{ид}} = \frac{1}{0,01 \cdot 10 \cdot 0,25 \cdot 30 \cdot 550} = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^{-1}.$$

Суммарная относительная погрешность электромагнита находится по выражению:

$$\delta_{\pi} = \frac{\delta Z_{\text{д}}}{\delta S_{\text{ид}} \cdot D} + \delta_{\text{св}} + \delta_y + \delta_{\text{ра}}, \quad (3.2)$$

где $\delta Z_{\text{д}}$ – погрешность преобразования электромагнита, ед.;

$\delta S_{\text{ид}}$ – чувствительность электромагнита, мкм^{-1} ;

D – ход якоря, мкм ;

$\delta_{\text{св}}$, δ_y , $\delta_{\text{ра}}$ – относительные погрешности преобразовательных элементов схемы включения, усилителя, регистрирующего прибора, ед.

Для существующих конструкций электромагнитов с переменной длиной воздушного зазора $\delta Z_{\text{д}}=1 \cdot 10^{-5}$, относительные погрешности преобразовательных элементов составляют: $\delta_{\text{св}}=10^{-5}$, $\delta_y=10^{-3}$, $\delta_{\text{ра}}=10^{-2}$.

Подставляя числовые значения в выражение (3.9), получим:

$$\delta_{\pi} = \frac{1 \cdot 10^{-5}}{2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 5,03} + 10^{-5} + 10^{-3} + 10^{-2} = 0,01 \quad 1\%.$$

3.3.3 Расчет конструктивных параметров электромагнита

Исходными данными являются вычисленные в п. 1 и п. 2 основные метрологические характеристики электромагнита [17,18]:

- ход якоря $D=5,03$ мкм ;
- чувствительность преобразования $\delta S_{\text{ид}}=2,42 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^{-1}$;
- суммарная относительная погрешность преобразования $\delta_{\pi}=0,01$.

В конструкции электромагнита предполагается использовать стандартный сердечник марки Б – 12 из феррита 2000НМ1.

Определяем длину магнитопровода вдоль средней магнитной линии l_c и эквивалентную площадь сечения магнитопровода [20]:

$$l_c = l_c' + l_{\text{я}};$$

$$S_c = \frac{l_c'}{\frac{l_c'}{S_{сз}} + \frac{l_{я}}{S_{яз}}}, \quad (3.3)$$

где l_c - полная длина магнитной линии, мм;
 l_c' - длина магнитной линии в сердечнике, мм;
 $l_{я}$ - длина магнитной линии в якоре, мм;
 S_c - эквивалентная площадь сечения магнитопровода, мм²;
 $S_{сз}$ - эффективная площадь сечения сердечника, мм²;
 $S_{яз}$ - эффективная площадь сечения якоря, мм².

Используя эскиз магнитопровода и рекомендации для кольцевого якоря, находим [6,16]:

$$S_{яз} = \frac{\pi \cdot 3,5 \cdot (12 - \frac{6,0 - 4,0}{2})}{\ln(\frac{12,0 \cdot 2}{6,0 - 4,0})} = 87,92 \text{ мм}^2,$$

$$l_{я} = 12,0 - \frac{6,0 + 4,0}{2} = 7,0 \text{ мм}.$$

Для дальнейших расчетов сердечник разбиваем на два элементарных объема – полый цилиндр и кольцо и определяем параметры l_c' и $S_{сз}$:

$$l_c' = \sum_{i=1}^n l_i;$$

$$S_{сз} = \frac{l_c'}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{S_i}}, \quad (3.4)$$

где l_i - средняя длина элементарного участка сердечника с поперечным сечением S_i ;

n – число элементарных участков на которые разбит сердечник.

Используя рекомендации, по выражениям (3.4) находим:

$$l'_c = \frac{4,0 + 2,5}{2} - \frac{1}{2} \cdot (12 - \frac{6,0 + 4,0}{2}) = 6,75 \text{ мм},$$

$$S_{c3} = \frac{6,75}{\frac{4,0 + 2,5}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (6,0^2 + 4,0^2)} + \frac{\frac{1}{2} \cdot (12 - \frac{6,0 + 4,0}{2}) \cdot \ln(\frac{12}{0,5 \cdot (6,0 + 4,0)})}{\pi \cdot (4,0 - 2,5) \cdot (12 - \frac{6,0 + 4,0}{2})}} = 23,13 \text{ мм}^2.$$

По выражениям (3.4) находим:

$$l_c = 6,75 + 7,0 = 13,75 \text{ мм},$$

$$S_c = \frac{13,75}{\frac{6,75}{23,13} + \frac{7,0}{87,92}} = 37,02 \text{ мм}^2.$$

Определяем собственный коэффициент размагничивания сердечника:

$$\frac{N}{4 \cdot \pi} = (1 - 0,211 \cdot \alpha^{-1,116}) \cdot e^{(6,855 - 8,074 \cdot \lambda^{0,1353})}, \quad (3.5)$$

где α, λ - конструктивные параметры сердечника.

$$\lambda = \frac{l'_c}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{S_{c3}}}; \quad (3.6)$$

$$\alpha = \frac{l_k}{l_c},$$

где l_k - длина катушки преобразователя, мм.

Подставляя значения величин l'_c, S_{c3}, l_k в выражения (3.6), находим:

$$\lambda = \frac{6,75}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{23,13}} = 1,24,$$

$$\alpha = \frac{2,5}{6,75} = 0,37.$$

По выражению (3.5) находим:

$$\frac{N}{4 \cdot \pi} = (1 + 0,211 \cdot 0,37^{-1,116}) \cdot e^{(6,855 - 8,074 \cdot 1,24^{0,1353})} = 0,39.$$

Производим оценку выпучивания поля в зазоре по эмпирической зависимости

$$k'_e = (1,345 + 0,33 \cdot \frac{z}{a}) \cdot (\frac{l_z}{a})^{(0,088 + 0,066 \frac{z}{a})}, \quad (3.7)$$

где z – координата поля выпучивания вдоль сердечника, мм;

a – ширина полюса, мм.

Так как сердечник является осесимметричным, то рассмотрение поля ведется только в одном сечении:

$$\text{Примем } a = \frac{6,0 - 4,0}{2} = 1,0 \text{ мм,}$$

$$z = a = 1 \text{ мм, тогда } k_e = 1,675 \cdot (\frac{l_z}{a})^{0,154}.$$

Определяем верхний предел измерения преобразователя путем решения уравнения:

$$l_{\max} = \frac{l_z}{a_{\max}} = \frac{1}{k} \cdot l_c \cdot k_e \cdot \frac{N}{4 \cdot \pi}, \quad (3.8)$$

где k – число одновременно изменяющихся под воздействием входного перемещения измерительных зазоров.

При $k=2$ получаем:

$$\lg(l_{z \max}) = 1,182 \cdot \lg \frac{a^{0,154}}{1,675 \cdot l_c \cdot \frac{N}{4 \cdot \pi}}. \quad (3.9)$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$\lg(l_{z \max}) = -1,182 \cdot \lg \frac{1,0^{0,154}}{1,675 \cdot 13,75 \cdot 0,39} = 1,13,$$

$$\text{откуда } l_{z \max} = 13,39 \text{ мм, } l_{\max} = \frac{13,39}{2} = 6,70 \text{ мм.}$$

Неравенство $l_{z \max} = 6,70 \text{ мм} \gg D = 5,3 \text{ мм}$ выполняется.

Определяем среднюю напряженность в $\frac{A}{M}$ магнитного поля в сердечнике преобразователя [16]:

$$H_{cp} = \frac{I_k \cdot \omega}{l_k}, \quad (3.10)$$

где I_k - средняя величина тока в обмотке преобразователя, мА;

ω - число витков катушки, ед.;

l_k - длина катушки преобразователя, мм.

Принимая средней величиной тока в катушке $I_k = 10$ мА, находим диаметр провода катушки

$$d = 0,03 \cdot \sqrt{I_k} = 0,03 \cdot \sqrt{10} = 0,1 \text{ мм.}$$

Число витков катушки:

$$\omega = \frac{l_k \cdot t}{d^2}, \quad (3.11)$$

где t - толщина намотки катушки, мм.

Находим: $t = \left(\frac{12 - 6}{2} - 0,4 \right) = 2,6$ мм, тогда

$$\omega = \frac{2,0 \cdot 2,60}{0,1^2} = 520 \text{ витков,}$$

$$H_{cp} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 520}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 2080,0 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

По характеристике намагничивания феррита 2000 НМ1 [20] видно, что при значении напряженности $H_{cp} = 2080,0 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ материал сердечника будет работать в режиме глубокого насыщения с существенным искажением формы кривой тока в катушке.

Уменьшим величину среднего тока в катушке до 2 мА, тогда напряженность магнитного поля составит:

$$H_{cp} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 520}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 416,0 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Пользуясь характеристикой намагничивания [20], определяем величину магнитной проницаемости феррита 2000НМ1 при $H_{\varphi} = 416,0 \frac{A}{M}$, которая составит: $\mu_c = 0,00103 \frac{Г}{М}$ или в относительном выражении $\mu_c = 818,0$.

Т.к за счет размагничивания разомкнутого сердечника результирующая напряженность в сердечнике будет уменьшаться и фактически сердечник будет работать на более крутом участке кривой намагничивания $B - f(H)$, то для дальнейших расчетов примем $\mu_c = \mu_{max} = 3500$, тогда наименьшая величина магнитной проницаемости магнитопровода определится следующим образом:

$$\bar{\mu}_c = \frac{\mu_c}{1 + \frac{N}{4 \cdot \pi} (\mu_c - 1)}, \quad (3.12)$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$\bar{\mu}_c = \frac{3500}{1 + 0,39 \cdot (3500 - 1)} = 2,56.$$

Определяем номинальную величину воздушного зазора, соответствующую середине хода электромагнита:

$$l_{zo} = \frac{1}{k} \cdot \left[\sqrt{\frac{\beta}{2 \cdot \delta S_m} + \left(\frac{\beta}{4}\right)^2} - \frac{1}{2} \cdot \left(b + \frac{\beta}{2}\right) \right], \quad (3.13)$$

где δS_m - требуемая относительная чувствительность электромагнита, $мм^{-1}$.

$$b = \frac{l_c}{\mu_c} = \frac{13,75}{3500} = 0,0039 \text{ мм},$$

$$\beta = \frac{1,6 \cdot \lambda \cdot \alpha \cdot l_c}{(\bar{\mu}_c - 1) \cdot \left[\sqrt{(0,8 \cdot \lambda \cdot (1 + \alpha))^2 + 1} - \sqrt{((0,8 \cdot \lambda \cdot (1 - \alpha))^2 + 1)} \right]}, \quad (3.14)$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$\beta = \frac{1,6 \cdot 1,24 \cdot 0,37 \cdot 6,75}{(2,56 - 1) \cdot \left[\sqrt{(0,8 \cdot 1,24 \cdot (1 + 0,37))^2 + 1} - \sqrt{((0,8 \cdot 1,24 \cdot (1 - 0,37))^2 + 1)} \right]} \approx 6,25 \text{ мм}.$$

Подставляя вычисленные значения b, β в выражение (3.13), получим:

$$l_{10} = \frac{1}{2} \cdot \left[\sqrt{\frac{6,25}{2 \cdot 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} + \left(\frac{6,25}{4}\right)^2} - \frac{1}{2} \cdot \left(0,0039 + \frac{6,25}{2}\right) \right] = 0,19 \text{ мм.}$$

Уточняем величину хода якоря (при нелинейности характеристики $\delta l_n = 0,01$):

$$D' = \frac{8 \cdot \delta l_n}{k \cdot \sqrt{\delta S_m \cdot \left(\frac{2}{\beta} + \frac{1}{0,5 \cdot b - k \cdot l_{10}}\right)}}, \quad (3.15)$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$D' = \frac{8 \cdot 0,01}{2 \cdot \sqrt{2,42 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{2}{6,25} + \frac{1}{0,5 \cdot 0,0039 + 2 \cdot 0,19}\right)}} = 0,01 \text{ мм.}$$

Полученное значение $D'=0,01\text{мм}$ больше рассчитанного в п. 1 ($D=0,005\text{мм}$), следовательно проектируемый электромагнит позволит производить управление пропускной способностью клапана в указанном диапазоне с заданной точностью.

3.3.4 Расчет усилия затяжки шпильки

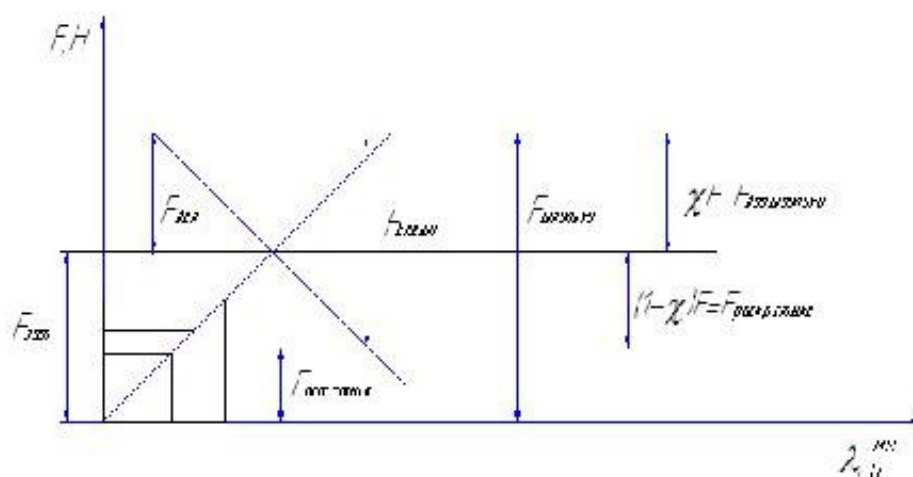


Рисунок 3.7 - Схема затяжки шпилек

Определяем остаточную силу затяжки:

$$F_{ост} = F_{зат} - [1 - \chi] F_{\Sigma} \quad (3.16)$$

где $F_{зат}$ - сила затяжки шпильки, Н;

$[1 - \chi] F_{\Sigma}$ - уменьшение затяжки стыка, Н;

$$F_{ост} = 44,2 - [1 - 0,3] 34 = 20,4 \text{ Н}.$$

Определяем силу затяжки шпильки:

$$F_{зат} = k \cdot F, \quad (3.17)$$

где k - коэффициент затяжки, принимаем $k=1,3$ (с.42/9/);

F - усилие на сжатие пружины толкателя, принимаем $F=34$ Н по ТУ завода изготовителя;

$$F_{зат} = 1,3 \cdot 34 = 44,2 \text{ Н}.$$

Определяем расчетную нагрузку шпильки:

$$F_{ш} = F \cdot [1 + \chi] \quad (3.18)$$

где χ - коэффициент внешней нагрузки, равна 0,3 (с.39/9/);

$$F_{ш} = 34 \cdot [1 + 0,3] = 54,4 \text{ Н}.$$

Условие обеспечения прочности

$$\sigma = \frac{4 \cdot F_{ш} \cdot 1,3}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma] \quad (3.19)$$

где d_1^2 - диаметр шпильки. При конструировании диаметр шпильки приняли равной 5 мм;

$[\sigma]$ - допустимые напряжения.

Принимаем материал шпильки Ст5, допустимые напряжения которой 120 МПа (с.54/9/).

$$\sigma = \frac{4 \cdot 54,4 \cdot 1,3}{3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2} = 3,6 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа} = [\sigma]$$

Так как действующие напряжения не превышают допустимые, следовательно условие прочности выполняется.

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Каждая деталь изготавливается с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени от правильного выбора варианта технологического процесса его оснащения, решение оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На правильность изготовления детали влияет технологические свойства детали. Их можно разделить на, качественную технологичность и количественную технологичность [8].

При обработке на технологичность конструкции детали необходимо:

1. Рассчитать показатели технологичности конструкции
2. Определить показатели уровня технологичности детали
3. Разработать рекомендации по улучшению показателей технологичности
4. Обеспечить технологичность конструкции детали путем внесения изменений

Количественную оценку технологичности конструкции детали можно произвести по следующим коэффициентам:

4.1 Коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{y.z.} = Q_{z.y.} / Q_z, \quad (4.1)$$

где $Q_{z.y.}$ - число унифицированных элементов детали

Q_z - общее число конструктивных деталей

$$Q_{zy} = 16$$

$$Q_z = 20$$

$$Q_{y.z.} = 16 / 20 = 0.8$$

По нормам ЕСТП $K_{y.z.} \geq 0.61$. Так как условие выполняется, то деталь “Крестовина” технологична по унифицированным элементам.

Коэффициент использования материала [13]:

$$K_{\text{М}} = G_{\text{Д}} / G_{\text{З}}, \quad (4.2)$$

где $G_{\text{Д}}$ – масса детали по чертежу, кг

$G_{\text{З}}$ – масса материала заготовки, кг

$$K_{\text{И.М}} = 0.58/0.7 = 0.82$$

По нормам ЕСТПШ $K_{\text{И.М}} \geq 0.75$. Деталь технологична так как условие выполняется. Коэффициент точности обработки детали [13,16].

$$K_{\text{Т.Ч}} = Q_{\text{ТЧ.Н}} / Q_{\text{ТЧ.О}} = 1 - 1/A_{\text{СР}}, \quad (4.3)$$

$$A_{\text{СР}} = \sum A^* n_i / \sum^* n_i, \quad (4.4)$$

где $A_{\text{СР}}$ – средний квалитет точности

n_i – число размеров соответствующего квалитета

$$A_{\text{СР}} = 25 \mid 30 \mid 10 \mid 12 \mid 15 \mid 17 \mid 150 \mid 320 / 60 = 9.36$$

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - 1/9.36 = 0.9$$

По нормам ЕСТПШ $K_{\text{ТЧ}} \leq 0.97$. Требования выполняется, значит деталь технологична.

4.2 Качественная технологичность детали

Технические требования чертежа указывает на необходимость введения операции термической обработки, отливки перед механической обработкой.

Наибольшую точность обработки требуют поверхности $\varnothing 12$ имеющие ограничения по точности формы и взаимного расположения поверхностей детали.

Проанализируем последовательно эти требования с точки зрения их обоснованности и соответствия служебному назначению детали.

1. Термическая обработка: необходима для снятия внутренних напряжений. Штамповка применяется для искусственного старения что бы снять внутренние напряжения, возникающие в отливке при охлаждении и

затвердевании материала. Это обеспечивает в процессе эксплуатации детали стабильность размеров полученные после механической обработки.

2. Точность размера поверхности вала $\varnothing 12$ мм обуславливается характером сопряжения с игольчатыми подшипниками.

3. Ограничения по отклонению от плоскости цапф обусловлены тем что рабочие плоскости в сопряжении с игольчатым подшипником.

Погрешности взаимного расположения поверхностей детали определены величиной отклонения от перпендикулярных осей. Анализ чертежа сборочной единицы, показывает что такое ограничение необходимо в противном случае в сопряжении крестовины с отверстиями карданного вала не будет обеспечен линейный контакт из-за возможного перекоса осей крестовины и отверстий карданного вала после их сборки, возможно, их взаимное защемление.

4. Заданная шероховатость $R_a = 0.63$ поверхностей $\varnothing 12$ мм соответствует требованиям предъявляемым к их точности [13,16].

4.3 Выбор вида заготовки

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпущенных деталей. От этого зависит степень расхода материала, количество операций, их трудоемкость, себестоимость, процесс изготовления детали в целом.

Учитывая выше перечисленные факторы примем для изготовления заготовки штамповку, максимально приближены размерами и формами готовой детали. Для сравнения воспользуемся примером расчета из горячекатанного проката обычной точности по ГОСТ 2590-81

4.3.1 Расчет припусков на заготовку

При расчете припусков используется формула [13,16].

$$Z_{Bmin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + P_{i-1} + E_i \quad (4.5)$$

где $R_{z_{i-1}}$ -высота микро неровности детали полученная на предыдущим переходе МКМ;

$Z_{B_{\min}}$ -минимальный припуск на заготовку на данном переходе МКМ;

T_{i-1} -глубина дефектного слоя детали полученного на предыдущим переходе;

P_{i-1} -кривизна детали полученная после предыдущего перехода;

E_{i-1} -погрешность установки на данном переходе;

При обработки цилиндрических симметричных деталей, формула для расчета припуска имеет вид:

$$2Z_{B_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + E_i^2}) \quad (4.6)$$

Обрабатываемая деталь имеет припуски на наибольший диаметр и наибольшею длину.

Считаем что для получения нужного качества обрабатываемой поверхности необходимо назначить операции; а) токарно черновая б) токарно чистовая в) шлифовальная чистовая черновая.

Припуск на черновое обтачивание

$$2Z_{B_{\min}} = 2(R'_{z_{i-1}} + T'_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}'^2 + E_i'^2}) \quad (4.7)$$

где $R_{z_{i-1}} = 150$, $T_{i-1} = 150$

Выбираем прокат обычной точности для диаметра 35 [13,16],

$$P_{i-1} = \sqrt{P_{\text{кор}}^2} + P_{\text{центр}} \quad (4.8)$$

$$P_{\text{кор}} = 5 \times 123 = 615 \text{ мкм}$$

$$P_{\text{центр}} = 0.25 \sqrt{T_{\text{заг}}^2} + 1 \quad (4.9)$$

$$P_{\text{центр}} = 0.25 \sqrt{0.9^2} + 1 = 336 \text{ мкм.}$$

Выбираем сортовой прокат по сортаменту. ГОСТ 2590-81

где $d_{\text{аз}} = 24(^{+0,4}_{-0,5})$, $T_{\text{дон}} = 0,9$;

$$P_{-1} = \sqrt{P_{\text{кор}}^2 + P_{\text{целотр}}^2} \quad (4.10)$$

$$P_{-1} = \sqrt{615^2 + 336^2} = 700$$

$$E_{yi} = 220 \text{ мкм.}$$

Для прутка обычной точности диаметр 24 в радиальном направлении для трех кулачкового патрона.

$$2Z_{B_{\text{min}}} = 2(150 + 150 + \sqrt{700^2 + 220^2}) = 2068 \text{ мкм.}$$

Припуск на чистовое обтачивание.

$$2Z_{B_{\text{min}}}'' = 2(R_{z-1}'' + T_{i-1}'' - \sqrt{P_{i-1}''^2 - E_i''^2}) \quad (4.11)$$

Выбираем значение после обдирочной обработки проката.

$$R_z'' = 100$$

$$T_{i-1}'' = 100$$

$$P_{i-1}'' = K_y \times P_{i-1}^1 \quad (4.12)$$

$$E_{yi}'' = K_y \times E_{yi}^1 \quad (4.13)$$

K_y – коэффициент уточнения, $K_y = 0.06$.

$$P_{i-1}'' = 0.06 * 700 = 42 \text{ мкм,}$$

$$E_{yi}'' = 0.06 * 220 = 13,2 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{B_{\text{min}}}'' = 2(100 + 100 + \sqrt{42^2 + 13^2}) = 488 \text{ мкм.}$$

Определение припуска на черновое шлифование.

$$2Z_{B_{\text{min}}}''' = 2(R_{z-1}''' + T_{i-1}''' + \sqrt{P_{i-1}'''^2 + E_i'''^2}), \quad (4.14)$$

$$R_{z-1}''' = 50$$

$$T_{i-1}''' = 50$$

$$P_{i-1}''' = K_y * P_{i-1}'' = 0.05 * 42 = 2,4$$

$$E_{yi-1}''' = K_y * E_{yi-1}'' = 0.05 * 13,2 = 0,66$$

$$K_Y = 0.05 .$$

В расчетах K_{YI}^{11} не учитываем так как это малая незначительная величина

$$2Z_{bmin}=2(50+50+\sqrt{2,1^2}) \quad 208 .$$

Определяем общий минимальный припуск

$$2Z_{bmin}^{общ} = 2Z'_{bmin} + 2Z''_{bmin} - 2Z'''_{bmin} + 2Z''''_{bmin} , \quad (4.15)$$

$$2Z_{bmin}^{общ} = 2764 .$$

Определяем общий номинальный припуск.

$$2Z_{bmin}^{общ} = 2Z^{\dagger} \min H_{заз} + H_{дет} , \quad (4.16)$$

$H_{заз}$ – верхнее отклонение

Сортамент ГОСТ 2590-80

$$H_{заз} = 400 \text{ мкм}$$

$H_{дет}$ – нижнее отклонение

$$2Z_{bmin}^{общ} = 500 + (-100) = 400 \text{ мкм}$$

Принимаем деталь изготовлена по диаметру $\varnothing 22$ с полем допуска $h8$ ($\begin{smallmatrix} 0 \\ 40 \end{smallmatrix}$),

$$2Z_{ен}^{ном} = 2Z_b^{общ} + H_{з} + H_{дет} \quad (4.17)$$

$$2Z_{ен}^{ном} = 2764 + 400 - 40 = 3124 \text{ мм.}$$

Определение диаметра заготовки:

$$D_{заз} = D_{ном} + 2Z_{bном} \quad (4.18)$$

$D_{ном}$ – по чертежу детали;

$$D_{заз} = 22 + 3,2 = 25,2 \text{ мм.}$$

Выбираем диаметр заготовки по сортаменту;

$$D_{заз} = 25_{-0,7}^{0,4} \text{ мм.}$$

4.3.2 Расчет припусков на длину детали

Расчет припуска по формуле:

$$Z_{B_{\min}} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} - P_{i-1} + E_{yi} \quad (4.19)$$

У детали подрезание с одной стороны на черنو а с другой стороны на чисто.

Расчет припуска на черновое подрезание торца

$$Z'_{B_{\min}} = R'_{Z_{i-1}} + T'_{i-1} + P'_{i-1} + E'_{yi} \quad (4.20)$$

где $R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} = 200$ мм;

Выбираем в качестве режущего инструмента.

$$P'_{i-1} = \sqrt{P_{\text{кор}}^2 + P_{\text{цетр}}^2} \quad (4.21)$$

$$P_{\text{кор}} = \Delta_K * \mathcal{L}_{\text{раз}} \quad (4.22)$$

где $\Delta_K = 5$ мкм;

Δ_K – удельная кривизна.

$$P_{\text{кор}} = 5 * 25 = 125.$$

$$P_{\text{цетр}} = 0.25 \sqrt{T_{\text{раз}}^2 + 1} \quad (4.23)$$

$$P_{\text{цетр}} = 0.25 \sqrt{0.5 + 1} = 280 \text{ мм};$$

$$T_{\text{раз}} = B_0 - H_0. \quad (4.24)$$

$$T_{\text{раз}} = 0.5 \text{ мм};$$

$$P'_{i-1} = \sqrt{125^2 + 280^2} = 307 \text{ мкм} [13,16].$$

Расчет припуска на чистовое подрезание торца

$$Z''_{B_{\min}} = R''_{Z_{i-1}} + T''_{i-1} + P''_{i-1} + E''_{yi} \quad (4.25)$$

где $R''_{Z_{i-1}} = 100$

$$T''_{i-1} = 100.$$

Выбираем отклонения после обдирочной токарной операции

$$P_{i-1}'' = K_y * P_{i-1}' \quad (4.26)$$

$$E_y'' = K_y * E_{yi}' \quad (4.27)$$

где $K_y = 0.06$ коэффициент уточнения

$$P_{i-1}'' = 0.06 * 300 = 18,42,$$

$$E_y'' = 0.06 * 150 = 9,$$

$$Z_{B_{min}}'' = 100 + 100 + 18,4 + 9 = 227,4 \text{ мкм.}$$

Определяем общий минимальный припуск:

$$Z_{B_{min}}^{общ} = Z_{B_{min}}' + Z_{B_{min}}'' \quad (4.28)$$

$$Z_{B_{min}}^{общ} = 657 + 227,4 = 884,4 \text{ мкм.}$$

Определяем номинальный припуск:

$$2Z_{B_{nom}} = 2Z_{B_{min}}^{общ} + H_z + H_{\partial} \quad (4.29)$$

H_z – верхнее отклонение заготовки после резки .

$$H_z = 250.$$

$$H_{\partial} = \left(\pm \frac{IT14}{2} \right). \quad (4.30)$$

H_{∂} – нижнее отклонение детали,

$$H_{\partial} = \left(\pm \frac{1000}{2} \right) = -500.$$

$$2Z_{B_{nom}} = 2 * 884 + 250 - 500 = 1518.$$

Определяем длину заготовки:

$$L_{заг} = L_{дет} + 2Z_{B_{min}}. \quad (4.31)$$

$$L_{заг} = 123 + 2 * 1,5 = 126 \text{ мм.}$$

Принимаем $L_{заг} 130^{+0,25}$

4.4 Определение минимального расчетного значения детали

$$D_{\min} = D_{\text{черт}} + (-HOD).$$

$$22 + h8(0.004) = 21.96.$$

Определяем $D_{\min}$ детали — $D_{\text{детали}}$ по чертежу $h8$.

4.5 Выбор оборудования

Для токарной операции выбираем универсальный токарно-винторезный станок

Техническая характеристика токарно винторезного станка 16К-25.

Высота центров	200 мм
Максимальный диаметр обработанной заготовки	400мм
Расстояние между центрами (макс)	1400 мм
Число оборотов шпинделя	500-630-800-1000-1250-1600-2000 об/мин
Продольные подачи	0.075+4.46
Поперечные подачи	0.075+2.23
Мощность электродвигателя	10 кВт
КПД привода	0.85
Вес станка	2400 кг
Габариты	1166-1355-2785

Для сверлильной операции выбираем вертикально сверлильный станок 2Н 125.

Станок предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания и подрезание торцов. В инструментных, ремонтных и производственных цехах в условиях единичного производства, а так же могут быть использованы в крупно- серийном производстве.

Техническая характеристика станка 2Н 125

Высота центров	200мм
Максимальный диаметр заготовки	400мм
Расстояние между центрами	1400мм

Число оборотов шпинделя	630- 2000об/мин
Продольная подача	0,75 -4,46 мм/об
Поперечная подача	0,075-2,23мм/об
Мощность электродвигателя	10КВт
КПД привода	0,85
Габариты	2785-1165-1355

4.6 Разработка метода контроля детали и проектирования измерительного инструмента

Калибрами называются бесшкальные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и расположения поверхностей деталей. Наиболее часто используют для проверки гладких цилиндрических деталей предельные гладкие калибры. Они позволяют установить, находится ли проверяемый размер детали в пределах допуска, а также проверить отклонения формы детали. Такой контроль, как правило, гарантирует качественное соединение деталей с образованием стандартных посадок.

Основное достоинство предельных калибров – простота и достаточно высокая производительность контроля. Несмотря на ряд недостатков (сложность изготовления, использование дорогого материала), предельные гладкие калибры широко используют в массовом, крупносерийном и индивидуальном производствах.

При конструировании предельных гладких калибров необходимо соблюдать принцип подобия (принцип Тейлора), суть которого можно сформулировать следующим образом:

- 1) проходной калибр (ПР) контролирует отклонение размера и формы проверяемой детали, поэтому он должен иметь форму этой детали,
- 2) непроходной калибр (НЕ) контролирует отклонение размера, поэтому он должен иметь точечный контакт с проверяемой деталью.

Изделие считается годным, если погрешности размера, формы и расположения поверхностей находятся в поле допуска.

При проверке размеров изделия рабочими калибрами проходная сторона калибров должна свободно проходить под действием собственного веса или установленной нагрузки, а непроходная не должна проходить.

Построим схему расположения полей допусков всех калибров и контркалибров для посадки $\phi 40$ по СТ СЭВ 157-75 и подсчитать их исполнительные размеры.

По СТ СЭВ 144-75 находим предельные отклонения вала:

$$EI = -80 \text{ мкм}; ES = -142 \text{ мкм}.$$

$$\text{Тогда для вала } D_{\max} = 39.92, D_{\min} = 39.858.$$

Для заданных интервалов размеров находим (мкм):

$$H = 5; \quad ;$$

С помощью схем расположения полей допусков калибров-скоб (таблица 2) вычисляем следующие величины:

1. Минимальный размер проходного калибра-скобы:

$$Pr_{\min} = D_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 39.92 - 0.013 - \frac{0.008}{2} = 39.903 \text{ ,мм}$$

2. Минимальный размер непроходного калибра-скобы [13,16]:

$$HE_{\min} = D_{\min} - \frac{H_1}{2} = 39.858 - \frac{0.008}{2} = 39.854 \text{ ,мм}$$

Можно вычислить предельные размеры контркалибров к скобам.

$$1. K - PP_{\max} = D_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2} = 39.92 - 0.013 + 0.0015 = 39.9085 \text{ ,м}$$

$$2. K - II_{\max} = D_{\max} + y_1 + \frac{H_p}{2} = 39.92 + 0 + 0.0015 = 39.9215 \text{ ,м}$$

$$3. K - HE_{\max} = D_{\min} + \frac{H_p}{2} = 39.858 + 0.0015 = 39.85 \text{ , мм}.$$

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Безопасность жизнедеятельности и охрана труда на производстве - это система законодательных актов, социально-экономических, технических, санитарно-гигиенических, организационных мероприятий обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Спецификой сельскохозяйственного производства является то, что здесь большинство технологических процессов выполняется механизированным способом, поэтому требуется строже соблюдать правила техники безопасности.

Инженер по технике безопасности контролирует правильность соблюдения требований по технике безопасности, осуществляет контроль использования денежных средств, проводит занятия по охране труда, следит за своевременным проведением инструктажа и ежеквартально предоставляет отчет о проделанной работе. Инженерно-технической службой хозяйства разрабатывается перечень мероприятий по улучшению условий труда. Этот перечень является основой коллективного договора. Ежегодно составляется график отпусков рабочих и служащих.

Основным критерием оценки состояния охраны труда на предприятии являются коэффициенты частоты, тяжести и общих потерь по травматизму и заболеваемости. Коэффициент частоты ($K_{\text{ч}}$) представляет собой отношение количества пострадавших к среднесписочному числу работающих за учтенный период, соотнесенное к тысяче человек работающих:

$$K_{\text{ч}} = (T/P) \cdot 1000, \quad (5.1)$$

где T - число пострадавших с утратой трудоспособности на срок более трех дней и со смертельным исходом;

P - среднесписочное число рабочих.

Коэффициент тяжести (K_T) характеризует среднюю продолжительность времени нетрудоспособности пострадавших:

$$K_T = (D/T), \quad (5.2)$$

где D — количество дней нетрудоспособности.

Коэффициент общих потерь (K_0) характеризует отношение дней нетрудоспособности к среднесписочному числу рабочих, соотнесенных к одной тысяче человек работающих:

$$K_0 = (D/P) \cdot 1000, \quad (5.3)$$

Для профилактики несчастных случаев необходимо перед началом работы проверить исправность оборудования, инструмента, строго следовать инструкциям по ПТВ, проводить исследования в области научной организации труда и отдыха рабочих и служащих.

Необходимо также улучшить безопасность работ в машинотракторном парке предприятия.

Организация работы по охране труда

Ответственность за организацию охраны труда в отделении и обеспечение нормальных условий работы несет правление предприятия.

Проведение всей практической работы по охране труда правление птицефабрики возлагает на заместителя председателя или на одного из членов правления, который занимается вопросами техники безопасности и является ответственным за проведение этой работы. Правление назначает ответственных лиц за состояние техники безопасности на каждом производственном участке (бригада, ферма, стройка, мастерская).

Правление предприятия на своих заседаниях:

- заслушивает по мере необходимости отчеты ответственных лиц о состоянии техники безопасности и производственной санитарии, принимает меры по устранению имеющихся нарушений;

- рассматривает не позже, чем в 3-дневный срок, каждый несчастный случай с тяжелым исходом и принимает необходимые меры по предупреждению подобных случаев, а также по наказанию лиц, виновных в

несчастном случае;

- утверждает планы проведения необходимых мероприятий по оздоровлению условий труда, выделяя соответствующие средства на проведение этих мероприятий;

Заместитель председателя или член правления, являющийся ответственным за состояние охраны труда на предприятии обязан

- проводить вводный инструктаж по технике безопасности, следить за своевременно проводимым инструктажем ответственными лицами на рабочем месте со всеми вновь поступившими и переводными на другие работы;

- следить по вопросам техники безопасности и производственной санитарии;

- систематически проверять состояние техники безопасности и производственной санитарии производственных помещений, технического оборудования и принимать безотлагательные меры по устранению обнаруженных недостатков;

- при приемке из текущего и капитального ремонта техники не допускать их в эксплуатацию без выполнения всех требований действующих технических норм, правил техники безопасности и производственной санитарии;

- разрабатывать и представлять на утверждение правления отделения планы проведения необходимых мероприятий по оздоровлению условий труда и обеспечивать своевременное их выполнение;

Ответственные лица за технику безопасности на производственных участках (бригада, ферма, стройка, мастерская) обязаны:

- следить за санитарным состоянием всех вспомогательных, санитарно-бытовых помещений;

- проводить расследование причин и обстоятельств каждого несчастного случая, связанного с производством, и немедленно извещать о происшедшем заместителя председателя или члена правления колхоза,

ведущего вопросам охраны труда.

5.1 Техника безопасности при работе с автомобилем

К работе на автомобиле могут быть допущены только лица, прошедшие инструктаж, усвоившие правила безопасности, получившие практические навыки безопасного ведения работ.

Приступая к самостоятельной работе на стенде, могут только лица, хорошо знакомые с их устройством, эксплуатацией и обслуживанием.

Приступая к выполнению работы, рабочий обязан

- застегнуть одежду на все пуговицы, рубашку заправить в брюки, завязать рукава;
- подготовить рабочее место согласно требованиям безопасности;
- проверить исправность инструмента, приспособлений;
- опробовать стенд на холостом ходу;
- проверить наличие и исправность ограждений и других защитных приспособлений.

Запрещается работать с неисправными инструментами и приспособлениями.

Не разрешается сидеть, опираться на элементы автомобиля, трогать руками движущиеся части.

Не допускается попадание посторонних предметов в область между нажимным приспособлением и поворотной плитой.

При временной отлучке от стенда он должен быть остановлен, а электродвигатель должен быть выключен.

При всяких замеченных неисправностях в работе стенда он должен быть остановлен обслуживающим его работником. О замеченных неисправностях работник должен поставить в известность администрацию. Без разрешения администрации производить ремонт и исправления работнику не разрешается.

Использовались источники [12], [13], [1]

5.2 Расчет освещения и вентиляции

Расчёт освещения

Определяем площадь остекления

$$\sum F_{oc} = (F_{п} \cdot \epsilon \cdot \eta_0) / (\tau_0 \cdot \gamma_1) \text{ м}^2, \quad (5.6)$$

где $F_{п}$ – площадь пола м^2

ϵ – коэффициент естественного освещения

η_0 – коэффициент, учитывающий размеры помещения

τ_0 – коэффициент светопропускания

γ_1 – коэффициент, учитывающий цветовую окраску помещений

$$\sum F_{oc} = (432 \cdot 5 \cdot 0,3) / (0,5 \cdot 2) = 648 \text{ м}^2$$

Расчет искусственного освещения

Суммарная мощность ламп вычисляется по формуле:

$$N_A = P_y \cdot S_n, \text{ кВт}, \quad (5.7)$$

где P_y – удельная мощность осветительной установки, Вт/м^2

S_n – площадь пола помещения, м^2

$$N_A = 10,6 \cdot 432 = 4,579 \text{ кВт},$$

Выбираем люминесцентные лампы мощностью 40 Вт.

Расчет числа ламп

$$n_a = N_A / N_{\lambda}, \quad (5.8)$$

где N_{λ} – мощность одной лампы, Вт

$$n_a = 4579 / 40 = 114,4 \text{ шт.}$$

Принимаем 114 ламп

Расход электроэнергии на освещение:

$$W_{ocв} = T_{ocв} \cdot N_A \quad (5.9)$$

где $T_{ocв}$ – годовое время работы освещения, которое зависит от географической широты

$$W_{ocв} = 2400 \cdot 4,579 = 10990 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Расчет вентиляции

$$Q = V_n \cdot K, \quad (5.10)$$

где V_n - объем помещения, м^3 ;

K - кратность воздухообмена.

$$Q = 2592 \cdot 3 = 7776$$

Мощность электродвигателя, необходимая для привода вентилятора:

$$W'_в = kQH_v / 3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_{п} \quad (5.11)$$

где k - коэффициент, учитывающий неучтенные потери напора

H_v - напор воздушного потока, $\text{кг}/\text{м}^2$.

η_v - КПД вентилятора.

$\eta_{п}$ - КПД передачи

$$W'_в = 1,2 \cdot 7776 \cdot 32 / 3600 \cdot 102 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 1,06 \text{ кВт}$$

Окончательно мощность электродвигателя будет:

$$W_в = W'_в \cdot K_0 \quad (5.12)$$

где K_0 - коэффициент, учитывающий затраты мощности на первоначальный пуск вентилятора.

$$W_в = 1,06 \cdot 1,5 = 1,59 \text{ кВт}$$

Выбираем вентилятор радиального типа У4-70 с производительностью $\alpha_{в} = 280 \text{ м}^3/\text{час}$. Электродвигатель типа АОЛ 2-22-4 с мощностью $N = 2 \text{ кВт}$ – принимаем с запасом, $n = 1420 \text{ об/мин}$ [11]

5.3 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

Системы общегосударственных социальных и оборонных мероприятий, осуществляемых в целях защиты населения и народного хозяйства страны.

В настоящее время гражданская оборона является составной частью массового поражения, последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Перед гражданской обороной стоят следующие задачи:

- защита населения от современных средств поражения и аварий
- проведение спасательных и аварийно - восстановительных работ

Для решения этих задач проводится целый ряд мероприятий. Для защиты населения от оружия массового поражения, заблаговременно

строятся защитные сооружения, накапливаются средства индивидуальной защиты, проводятся обучения оказанию медицинской помощи и подготовка к эвакуации населения.

Повышение устойчивой работы объектов агропромышленного комплекса достигается заблаговременным проведением ряда организационных инженерно-технических, агрономических и других мероприятий, направленные на максимальное смягчение результатов воздействия стихийных бедствий, аварий, катастроф, а также создание условий для быстрой ликвидации их последствий и обеспечения производства доброкачественной сельскохозяйственной продукции.

Организация и проведение спасательных работ включают в себя: ведение разведки в очагах поражения и путей выдвижения сил ГО, тушение пожаров, вскрытие заваленных защитных сооружений, разборку завалов, вывоз людей и так далее.

В автотракторном парке ведется разработка плана по переводу транспорта на более экологически чистое топливо - сжиженный газ. Планируется в дальнейшем перевести все автомобили и автобусы с бензиновыми двигателями на этот вид топлива, так как помимо более чистого выхлопа имеют место экономические преимущества.

Упорядочена работа с ГСМ, функционирует заправочная станция и склад для хранения нефтепродуктов. Ведется работа по озеленению и окультуриванию почв.

Для обеспечения еще более полного соответствия предприятия нормам экологической безопасности можно рекомендовать принять следующие нормы:

- продолжать обновлять автотранспортный парк, следить за содержанием выхлопных газов CO и CO₂, проверять технику на обнаружение утечек ГСМ;
- рационально применять севообороты;
- ограничить применение ядохимикатов;

- организовать дополнительные площадки для сбора мусора и отходов, своевременно и правильно утилизировать;

1. Необходимо своевременно на фермах производить очистку навозных ям и загонов. Исключать утечку навозной жижи при транспортировке на поля.

2. Для работы на полях по возможности использовать энергонасыщенные трактора на гусеничном ходу с целью уменьшения количества проходов и уплотнения почвы.

3. Уделять особое внимание состоянию топливной аппаратуры тракторов, чтобы не допускать выброса в атмосферу отработанных газов и утечек масел в землю.

4. Организовать сбор отработанных масел на пункте технического обслуживания и в отделениях хозяйства, не допускать выброса отработки в почву, наладить очистку отработанных масел для повторного использования.

Экологическая экспертиза внедряемой разработки

Устройство пневмоподвесок для грузовых автомобилей, разрабатываемое в данном проекте, отвечает всем требованиям по охране окружающей среды. При эксплуатации необходимо соблюдать лишь полноту наполнения бункера отходами производства и вовремя их утилизировать.

Проведенная экологическая экспертиза внедряемой разработки показывает, что при соблюдении всех перечисленных требований, разработанная конструкция не оказывает вредного влияния на природную среду.[14]

7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР

7.1 Расчёт производительности

Сменная производительность рассчитывается по формуле [2,11,12]:

$$\Pi_{см} = \frac{T_{см} - T_{пз} + T_{отд}}{t_{xx} + t_{mx} + t_n + t_c} \cdot Q, \text{ м}^3 \quad (7.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, $T_{см}=480$ мин;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин.; $T_{пз}=30$ мин/рейс;

$T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, мин.; $T_{отд}=20$ мин/рейс;

$t_{xx}+t_{tx}$ – время пробега расстояния трелевки в обоих направлениях, мин/рейс, по данным предприятия для базовой техники и для новой техники $t_{xx}+t_{tx}=5,83$ мин/рейс;

t_n – время набора пачки для базовой техники и для новой техники $t_n=7,05$ мин/рейс;

t_c – время сброса пачки на погрузочной площадке для базовой техники и для новой техники $t_c=5,4$ мин/рейс;

Q – нагрузка на рейс, м^3

для базовой техники $Q_б=2,5 \text{ м}^3$;

для новой техники $Q_{тр}=2,8 \text{ м}^3$.

Рейсовая нагрузка после модернизации увеличивается до $2,8 \text{ м}^3$.

Сменная производительность базовой ($\Pi_{см1}$) и новой ($\Pi_{см2}$) техники

$$\Pi_{см1} = \frac{480 - (30 + 20)}{5,83 + 7,05 + 5,4} \cdot 2,5 = 59,8 \text{ м}^3,$$

$$\Pi_{см2} = \frac{480 - (30 + 20)}{5,83 + 7,05 - 5,4} \cdot 2,8 = 66,9 \text{ м}^3.$$

Годовая производительность техники определяется по формуле:

$$\Pi_{год} = \Pi_{см} \cdot D_p \cdot K_{см}, \text{ м}^3 \quad (7.2)$$

где D_p – число рабочих дней в году [23];

$K_{см}$ – коэффициент сменности;

$$\Pi_{\text{сод}} 1 = 59,8 \cdot 210 \cdot 1 = 12348 \text{ м}^3,$$

$$\Pi_{\text{сод}} 2 = 66,9 \cdot 210 \cdot 1 = 15839 \text{ м}^3.$$

Рост производительности труда определяется по формуле:

$$РПТ = \frac{\Pi_{\text{сод}} 2 - \Pi_{\text{сод}} 1}{\Pi_{\text{сод}} 1} \cdot 100\%, \quad (7.3)$$

$$РПТ = \frac{15839 - 12348}{12348} \cdot 100\% = 28\%.$$

Расчёт инвестиций (капитальных вложений) в технику

Балансовая стоимость базовой техники (KB_1) определяется исходя из договорной цены и расходов на транспортировку и монтаж, учитываемых коэффициентом $K_{\text{тр}}$, принимаемым равным 1,1 [10,11].

$$KB_1 = C_1 \cdot K_{\text{тр}}, \text{ руб} \quad (7.4)$$

$$KB_1 = 390000 \cdot 1,1 = 429000 \text{ руб.}$$

Балансовая стоимость новой техники (KB_2) рассчитывается укрупнено, исходя из стоимости сопоставимой массы техники:

$$KB_2 = \frac{KB_1}{G_1} \cdot G_2 \cdot K_{\text{ст}}, \quad (7.5)$$

где G_1, G_2 – масса базового и проектируемого;

KB_1, KB_2 – балансовая стоимость базового и проектируемого;

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент сложности, принимается равным 1,03.

$$KB_2 = \frac{429000}{9900} \cdot 9920 \cdot 1,03 = 442760 \text{ руб.}$$

Дополнительные капиталовложения составят:

$$KB_{\text{нов}} = 442760 - 429000 = 13760 \text{ руб.}$$

Расчёт эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты могут рассчитываться на год или на машину смену [23].

Расчет делаем на машину-смену.

Эксплуатационные затраты на машино-смену включают следующие статьи затрат:

1. Заработная плата производственных рабочих с начислениями
2. Себестоимость содержания машино-смены, включающая

следующие статьи:

- Заработная плата вспомогательных рабочих с начислениями;
- затраты на ТСМ;
- амортизационные отчисления;
- затраты на ТО и ТР;
- прочие производственные затраты.

3. Затраты на восстановление износа и ремонт шин.

Заработная плата производственных рабочих рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{пр} = T_{ст} \cdot T_{см} \cdot K_{допл}, \quad (7.6)$$

где $T_{ст}$ - часовая тарифная ставка VI разряда, $T_{ст}=10,0$ руб/час;

$T_{см}$ - продолжительность смены, $T_{см}=8$ час;

$K_{допл}$ - коэффициент доплат, учитывающий все доплаты к тарифному фонду. По данным предприятия $K_{допл}=1,5$.

$$ЗП_{пр1} - ЗП_{пр2} = 10,0 \cdot 8 \cdot 1,5 = 120,0 \text{ руб.}$$

Отчисления на единый социальный налог составляют 35,6%, на страхование от несчастных случаев 4,4%, всего 40,0%.

$$H_{зп1} = H_{зп2} = 0,4 \cdot 120 = 48,0 \text{ руб.}$$

Себестоимость содержания машино – смены

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{всп} = T_{ст} \cdot T_{см} \cdot H_{тз} \cdot K_{допл}, \text{ руб} \quad (7.7)$$

где $T_{ст}$ - тарифная ставка III разряда, руб/час., $T_{ст}=5,0$ руб.;

$T_{см}$ - продолжительность смены, 8 час.;

$H_{тз}$ - норматив трудозатрат на вспомогательные работы,

$H_{тз}=0,32$ чел·час/м·см.,

$$ЗП_{всн1} = ЗП_{всн2} = 5,0 \cdot 8 \cdot 0,32 \cdot 1,3 = 16,64 \text{ руб.}$$

Начисления на заработную плату вспомогательных рабочих составляют 40,0% [10,23].

$$H_{м.всн} = 0,4 \cdot 16,64 = 6,66 \text{ руб.}$$

Затраты на топливо и смазочные материалы определяются исходя из стоимости топлива ($Ц_t$), удельного расхода топлива (q), мощности двигателя ($K_{дв}$), коэффициентов использования двигателя по времени ($K_{вр}$) и мощности ($K_{мощ}$), продолжительности смены ($T_{см}$), коэффициента, учитывающего транспортные расходы ($K_{тр}$) и коэффициента, учитывающего смазочные материалы ($K_{см}$). Для базового $K_{см}=1,25$; для проектируемого $K_{смтр}=1,23$.

$$З_{T_1} = 7,5 \cdot \frac{231}{1000} \cdot 195 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,25 = 297,3 \text{ руб.}$$

$$З_{T_2} = 7,5 \cdot \frac{228}{1000} \cdot 231 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,23 = 328,4 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$A = БС \cdot H_a / 100\% / D_p / K_{см}, \text{ руб.} \quad (7.8)$$

где БС - балансовая стоимость техники,

H_a - годовая норма амортизации, %, $H_a=25\%$;

D_p - число рабочих дней в году;

$K_{см}$ - коэффициент сменности.

$$A_1 = \frac{429000 \cdot 25}{100 \cdot 210} = 510,7 \text{ руб.,}$$

$$A_2 = \frac{442760 \cdot 25}{100 \cdot 210} = 527,1 \text{ руб.}$$

Затраты на ТР и ТО определяются исходя из сложившихся на предприятии нормативов отчислений (12% от балансовой стоимости в год).

$$З_{ТР} = БС \cdot H_{ТР} / 100\% / D_p / K_{см}, \text{ руб.} \quad (7.9)$$

$$З_{ТР1} = \frac{429000 \cdot 12}{100 \cdot 210} = 245,1 \text{ руб.,}$$

$$З_{TP2} = \frac{442760 \cdot 24}{100 \cdot 210} = 253,0 \text{ руб.}$$

Прочие производственные затраты принимаем в размере 10% от суммы предыдущих затрат [23]:

$$З_{np1} = 107,6 \text{ руб.},$$

$$З_{np2} = 113,2 \text{ руб.}$$

7.2 Расчет показателей экономического эффекта и эффективности

Условно-годовая экономия от снижения себестоимости трелевки

$$\mathcal{E}_c = (C_1 - C_2) \cdot \Pi_{год} = (23,0 - 21,4) \cdot 13839 = 23142 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости новых капитальных вложений

$$T_{ок} = KB / \mathcal{E}_c = \frac{13760}{22142} = 0,62_{года} = 7,5_{месяца}.$$

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = \mathcal{E}_c - KB_{нов} \cdot R, \text{ руб.} \quad (7.10)$$

где R - среднеотраслевая рентабельность, %. Принимаем R=20%.

$$\mathcal{E}_{год} = 23142 - 13760 \cdot 0,2 = 20390 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход определяется по формуле:

$$\mathcal{ЧДД} = \mathcal{E}_c \cdot \sum_{t=1}^{T_{ст}} \frac{1}{(1 + \alpha)^{t-1}} - K_{нов}, \quad (7.11)$$

где $T_{ст}$ - срок службы, лет. Принимаем $T_{ст}=4$ года;

t - текущий год;

α - коэффициент дисконтирования, принимаемый равным ставке рефинансирования ЦБ (18%) [22].

$$\mathcal{ЧДД} = 23142 \cdot \left(1 + \frac{1}{1,18} + \frac{1}{1,18^2} + \frac{1}{1,18^3}\right) - 13760 = 58522 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сводим в таблице 6.3.

Таблица 7.1 - Основные технико-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	БТ	ПТ
1.	Производительность			
	Сменная	м ³	59,8	66,9
	Годовая	м ³	12348	15839
2.	Капитальные вложения	Тыс. руб.	429,0	442,8
3.	Эксплуатационные затраты на м-	Руб.	1352	1413
4.	Условно-годовая экономия	Руб.	-	23142
5.	Годовой экономический эффект	Руб.	-	20390
6.	Чистый дисконтированный доход	Руб.	-	58522
7.	Срок окупаемости капитальных	Мес.		7,5
8.	Рост производительности труда		-	12

Вывод: Предлагаемая в выпускной квалификационной работе модернизация системы питания дизеля Д-260.2, устанавливаемого на тракторе МТЗ 1221.2, экономически эффективна, т.к. использование ее потребителем позволяет получить годовую экономию 23 тыс.руб., чистый дисконтированный доход за весь срок службы составит почти 58 тыс.руб.

Капитальные вложения окупятся за 7,5 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован трактор тягового класса 20 кН.

Разработано устройства для снижения токсичности выхлопных газов в системе питания проектируемого трактора. Нами были выяснены, что на нагрев впрыснутой воды, ее испарение и перегрев образовавшегося пара затрачивается часть теплоты рабочей смеси, в результате чего снижается их температура, замедляется образование оксидов азота NO_2 .

Экономические расчеты подтверждают целесообразность разработанных в проекте мероприятий. В результате годовая экономия составила примерно 23142 рублей, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составила 7,5 месяцев.

Выполненные разработки могут быть приняты на практике конструкторскими организациями и отдельными автотранспортными предприятиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобили. Учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский, Под ред. А.В. Богатырева. - 3-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
2. Агарков А.П. Экономика и управление на предприятии [Электронный ресурс]: Учебник/ А.П. Агарков, Р.С. Голов, В.Ю. Теплышев и др.; под ред. д.э.н., проф. А.П. Агаркова. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 400 с.
3. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. С.В.Белов, В.А.Девисилов, А.В.Ильницкая и др. Под общей ред. С.В.Белова. -8-е издание – М.: Высшая школа,2009.- 616 с.
4. В.А.Девисилов. Охрана труда: учебник / В.А. Девясилов -4-е издание перераб. и доп. – М.: Форум, 2009.- 496 с.
5. Гончарова, О. В. Экология: учеб. пособие для вузов / О. В. Гончарова. - Ростов на -Дону : Феникс, 2013. — 366 с.
6. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учебное пособие / В.П.Гребнев, О.И.Поливаев, А.В.Ворохобин; Под общ. ред. О.И.Поливаева. – М.: КНОРУС, 2011. – 264с.
7. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник. - М.: изд-кий центр Академия, 2008, -432с.
8. Зангиев А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. ил. – / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М:Колос, 2008. – 320с
9. Коробкин, В.И. Экология : учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования [Текст] /В.И.Коробкин, Л.В.Передельский.-Ростов-на Дону:Феникс,2012.-602с.
10. Маврицев, В.В. Общая экология : курс лекций [Текст] / В.В.Маврицев.-3-е изд.-Минск:Новое знание ; Москва:Инфра.-М., 2012.- 298с.

11. Организация производства и управление предприятием: Учебник / О.Г. Туровец, В.Б.Родионов и др.; Под ред. О.Г.Туровца - 3-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 506 с
12. Организация производства на промышленных предприятиях: Учебник / И.Н. Иванов. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 352 с.
13. Сидорин Г.А. «Обработка металлов резанием». Методические указания. Изд. КГСХА Казань – 2001
14. Организация производства: Учебник / Р.А. Фатхутдинов. - 3-е изд., перераб. и доп - М.: ИНФРА-М, 2011. - 544 с.
15. Сервис импортной и отечественной сельскохозяйственной техники и оборудования в современных условиях /часть 1/ К.А Хафизов, Б.Г.Зиганшин, А.Р.Валиев, Н.И.Семущкин, под ред. Д.И.Файзрахманова. – Казань: Изд-во КГАУ, 2009. – 444 с.: ил
16. Технология машиностроения: учебник / Л.В.Лебедев и др.-2-е изд., -М.: Издательский центр Академия, 2008.- 528 с.
17. Тракторы и автомобили Учебник/А.В.Богатырев, В.Р.Лехтер - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 425 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.znaniyum.com>
18. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей зарубежного производства: учебное пособие / И.С.Туревский - М : ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2009. - 208 с : ил.
19. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей зарубежного производства: учебное пособие / И.С.Туревский - М : ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2011. – 208 с.
20. Хафизов К.А. Электронные системы управления двигателем. – Казань: КГАУ, 2010. – 408с.
21. Хафизов К.А., Хафизов Р.Н. Выпускная квалификационная работа. Учебно- методическое пособие для бакалавров по направлениям подготовки «Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и специалистов по направлению подготовки

«Наземные транспортно-технологические средства» – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014.– 280 с.

22. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов; Под общ. ред. М.В. Графкиной. - М.: Форум, 2009. - 320 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=173866>

23. Экономика предприятия: Учебник. Практикум / В.Д. Грибов, В.П. Грузинов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ Инфра-М, 2013. - 448 с.

СПЕЦИФИКАЦИИ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	
						Детали		
Справ. №			1		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.01	Втулка	1	
			2		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.02	Втулка	1	
			3		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.03	Втулка	1	
			4		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.04	Втулка упорная	1	
			5		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.05	Диск	1	
			6		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.06	Игла	1	
			7		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.07	Корпус электромагнита	1	
			8		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.08	Крышка	1	
			9		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.09	Пружина	1	
			10		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.10	Пята упорная	1	
			11		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.11	Электромагнит	1	
			12		ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.12	Якорь	1	
Подп. и дата						Стандартные изделия		
			13			Винт 2М5×0,8-6d×12.48	1	
						ГОСТ 50385-92		
			14			Гайка М5-6Н5(S8)	1	
Взам. инв. №						ГОСТ 5929-70		
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					ВКР.25.03.01.110.20.УСТВГ 00.02.00 СБ			
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Тимиргалиев А.Р.			06.20			
Пров.		Хафизов Р.Н.			06.20			
Н.контр.		Хафизов Р.Н.			06.20			
Утв.		Хафизов Р.Н.			06.20			
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		
						Копировал		