

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 колесного трактора категории Т тягового класса 20 кН с разработкой системы питания на газодизельном топливе.

Шифр ВКР.23.05.01.840.20.00.00.00.ПЗ

Студент

6251-07



подпись

Габидуллин Р.Н.

Ф.И.О.

Руководитель

доцент

ученое звание



подпись

Синицкий С.А.

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(Протокол № 11 от 17 июня 2020 г.)

И.о. зав. кафедрой

к.т.н., доцент

ученое звание



подпись

Хафизов Р. Н.

Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

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»

Утверждаю

И. о. зав. кафедрой

 /Хафизов Р. Н./

13 марта 2020 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту: Габидуллину Р. Н.

Тема ВКР: Проектирование колесного трактора категории Т тягового класса 20 кН с разработкой системы питания на газодизельном топливе.

Утверждена приказом по университету от 22 мая 2020 года № 178

Срок сдачи студентом законченной ВКР 15 июня 2020 года

Техническое задание на ВКР: Тяговый класс трактора – 20 кН; колесная формула 4х4; вид применяемого топлива – дизельное и газовое (метан) топливо.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Тяговый расчет трактора.
2. Эскизная компоновка трактора
3. Проектирование конструкции системы питания трактора на газодизельном топливе.
4. Технологическая часть
5. Разработка мероприятий по технике безопасности.
6. Разработка мероприятий по экологии
7. Экономическое обоснование проектируемой конструкции системы питания на газодизельном топливе.

Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей).

1. Регуляторная характеристика двигателя.
2. Потенциальная характеристика трактора.
3. Теоретическая тяговая характеристика трактора
4. Схема организации переоборудования тракторов для работы на СПГ.
5. Эскизная компоновка трактора
6. Сборочный чертеж конструкции, сборочные единицы и деталировка (3 листа).
7. Технологическая карта на изготовление детали
8. Техничко-экономические показатели конструкции.

Консультанты по ВКР с указанием соответствующих разделов проекта

Раздел	Консультант
Охрана труда и техника безопасности	Гаязиев И. Н.
Экономическое обоснование разрабатываемой конструкции	

Дата выдачи задания 13.03.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов дипломного проектирования	Срок выполнения	Примечание
1	Тяговый, динамический и экономический расчеты автомобиля	14.04.2020	
2.	Эскизная компоновка трактора	28.04.2020	
3	Проектирование системы питания трактора на газодизельном топливе	14.05.2020	
4	Технологическая часть	20.05.2020	
5	Разработка мероприятий по технике безопасности	28.05.2020	
6	Разработка мероприятий по экологии	02.06.2020	
7	Экономическое обоснование проектируемых мероприятий	08.06.2020	

Студент-дипломник _____ (Габидуллин Р. Н.)

Руководитель ВКР к.т.н. доцент _____ (Синицкий С.А.)

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Габидуллина Р.Н., выполнившего выпускную квалификационную работу на тему: “Проектирование колесного трактора категории Т тягового класса 20 кН с разработкой системы питания на газодизельном топливе”.

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 84 листах машинописного текста, включающая 13 таблиц, 18 рисунков. Библиографический список содержит 16 наименований. Графическая часть ВКР выполнена на 9 листах формата А1.

Первая глава ВКР - тяговый расчет трактора.

Вторая глава ВКР - эскизная компоновка трактора.

Третья глава ВКР - конструкторская разработка системы питания трактора на газодизельном топливе.

Четвертая глава ВКР - технология изготовления нестандартной детали и технология сборки конструкции

Пятая глава ВКР - мероприятия по технике безопасности

Шестая глава ВКР - мероприятия по экологии

Седьмая глава ВКР - экономическое обоснование проектируемых мероприятий

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы

ABSTRACT

For the final qualification work Gabidullina R. N/, who completed the final qualification work on the topic: "Design of a wheeled tractor of category T traction class 20 kN with the development of a power system on gas-diesel fuel".

The final qualifying work contains an explanatory note on 84 sheets of type-written text, including 13 tables, 18 figures. The bibliography contains 16 titles. The graphic part of the WRC is made on 9 sheets of A1 format.

The first Chapter of the WRC-tractor traction calculation

Second Chapter of the WRC - draft layout of the tractor.

The third Chapter of the WRC - design development of the tractor power system on gas-diesel fuel.

The fourth Chapter of the WRC - technology for manufacturing non-standard parts and technology for assembling the structure

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ТРАКТОРА	9
1.1. Определение массы трактора.....	9
1.2 Подбор прототипа трактора	10
1.3 Определение параметров ходовой части	10
1.4 Определение номинальной мощности двигателя	11
1.5 Определение основных параметров двигателя	11
1.6 Расчет и построение регуляторной характеристики дизельного двигателя трактора	12
1.7 Расчет потенциальной тяговой характеристики трактора	15
1.8 Определение передаточных чисел трансмиссии	20
1.9. Расчет теоретической тяговой характеристики трактора	21
2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ТРАКТОРА ПЕРЕОБОРУДОВАННОГО НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО	26
2.1 Предпосылки модернизации системы питания тракторов.	26
2.2. Эскизная компоновка трактора.....	27
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТРАКТОРА НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ	29
3.1. Обзор конструкций системы питания дизельных двигателей на газодизельном топливе.	29
3.2. Обзор патентов.	31

3.3. Подбор технологического оборудования для системы питания на газодизельном топливе и расчет конструкции.....	48
3.3.1. Определение расхода газа за смену.	49
3.3.2 Расчет конструкции.....	51
3.3.3. Расчет сварного соединения.	54
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	55
4.1 Технологические расчеты	59
5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	71
5.1 Разработка инструкций безопасности труда при работе с газобаллонным оборудованием	71
5.2 Физическая культура на производстве	72
6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	73
7. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТРАКТОРА НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ.....	74
7.1. Расчеты балансовой стоимости и массы проектируемой конструкции системы питания трактора на газодизельном топливе.	74
7.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции	75
ВЫВОДЫ.....	82
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	83
ПРИЛОЖЕНИЯ	85

ВВЕДЕНИЕ

Большую часть стоимости сельскохозяйственной продукции составляют затраты на топливо-смазочные материалы (ТСМ).

Необходимость перевода мобильных и стационарных энергетических установок с жидкого моторного топлива нефтяного происхождения (ЖМТ) на сжатый природный газ (СПГ) обусловлен значительным повышением стоимости нефти и производства ЖМТ при одновременном большом его потреблении.

Вторым побуждающим фактором необходимости перехода на потребление газомоторного топлива (ГМТ) является чрезмерное загрязнение окружающей среды обитания человека и животных отходами промышленного производства и вредными выбросами отработавших газов мобильных и стационарных энергетических установок, работающих на ЖМТ. Основным загрязнителем атмосферы является транспорт. На него приходится 40% всех вредных примесей, а в крупных городах эта доля составляет более 70%.

1. ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ТРАКТОРА

Таблица 1.1 - Исходные данные

Класс трактора - $P_{кр ном}$, кН	20
Тип ходовой части трактора	колесный 4х4
Средняя рабочая скорость - $V_{ср}$, м/с	2,1...3,4
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя - $n_{ен}$, об/мин	2200
Удельный расход топлива - $q_{ен}$, г/кВт.ч.	240
Коэффициент для расчета характеристики двигателя, C_1	0,72
Метод определения передаточных чисел трансмиссии	3
Агрофон для расчета и построения теоретической тяговой характеристики	стерня

1.1. Определение массы трактора.

Различают конструктивную и эксплуатационную массы трактора.

Конструкционная масса трактора определяется по формуле,[6]:

$$m_k = \frac{P_{кр ном}}{\varphi_{кр ном} \cdot 9,81} = \frac{20000}{0,46 \cdot 9,81} = 4434 \text{ кг} \quad (1.1)$$

где m_k - конструктивная масса трактора, кг.

$P_{кр ном}$ - номинальное тяговое усилие трактора, Н.

$\varphi_{кр ном}$ - коэффициент, учитывающий использование массы трактора с учетом плохих условий эксплуатации, $\varphi_{кр ном} = 0,4...0,5$

Тогда эксплуатационная масса трактора определяется из выражения,[6]:

$$m_э = m_k \cdot (1,06 \div 1,15) = 4434 \cdot 1,1 = 4875 \text{ кг} \quad (1.2)$$

принимая $m_э = 5000$ кг.

1.2 Подбор прототипа трактора

С учетом заданных технических характеристик проектируемого трактора и его расчетной массы принимаем в качестве прототипа колесный трактор тягового класса 20 кН Минского тракторного завода МТЗ-1221.

Данная модель трактора имеет широкое распространение в сельском хозяйстве

В таблице 1.2 приведены основные характеристики трактора МТЗ-1221.

Таблица 1.2 - Основные характеристики трактора МТЗ-1221.

Название	Значение
Тяговый класс трактора, кН	20
Габариты трактора д/ш/в, мм	4600/2250/3000
Колея по передним/ задним колесам, мм	1545-2265/ 1500-1900
Масса без доп. грузов /с грузами, кг	4640/5300
Двигатель (рядный, 6-и цилиндровый с турбонаддувом. Модель Д260.2)	
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	96 (130)
Диапазон скоростей, км/ч	2,34... 41
Частота вращения коленчатого вала двигателя при эксплуатационной мощности, об/мин	2100
Номинальный коэффициент запаса крутящего момента, %	25
Удельный расход топлива трактора при эксплуатационной мощности, г/кВт*ч	226

1.3 Определение параметров ходовой части

К определяемым параметрам ходовой части относятся: радиус качения колеса, который определяется по формуле, [6]:

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot d + H(1 - \delta_r)] , \text{ м} \quad (1.3)$$

где: 0,0254 – коэффициент перевода дюймов в метры;

d – посадочный диаметр шины в дюймах,

H – высота профиля шины в дюймах;

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

На конвейере штатно на МТЗ-1221 устанавливаются следующие шины:

передние - 420/70R24, задние - 18,4R38

Дальнейшие расчеты будем вести по задним ведущим колесам.

$$r_k = 0,0254 \cdot (0,5 \cdot 38 + 18,4 \cdot (1 - 0,12)) = 0,894 \text{ м}$$

Принимаем $r_k = 0,9 \text{ м}$.

1.4 Определение номинальной мощности двигателя

Номинальная мощность тракторного двигателя определяется с учетом класса трактора, т.е. номинального тягового усилия на крюке - $P_{крном}$, а так же 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,[5]:

$$N_{e ном} = \frac{V_{cp} (P_{кр ном} + 9,81 \cdot f \cdot m_{\Sigma})}{1000 \cdot \eta_{тр}} = \frac{3,1(20000 + 5000 \cdot 0,12 \cdot 9,81)}{1000 \cdot 0,9} = 89,16 \text{ кВт} \quad (1.4)$$

где V_{cp} - скорость движения на рабочей передаче, м/с;

$f = 0,09 \dots 0,14$ - коэффициент сопротивления движения при работах в нормальных условиях

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии, можно принять 0,9.

Принимаем $N_{e ном} = 90 \text{ кВт}$.

1.5 Определение основных параметров двигателя

К основным параметрам дизельного двигателя трактора относятся: номинальная мощность - $N_{ен}$, крутящий момент - $M_{ен}$, часовой расход топли-

ва - $G_{тн}$, удельный расход топлива - $g_{ен}$ и частота вращения коленчатого вала - $n_{ен}$, [6]:

$$M_{e ном} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_{ен}}{\pi \cdot n_{ен}} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 58}{3,14 \cdot 2200} = 252 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (1.5)$$

$$G_{Тном} = \frac{g_{ен} \cdot N_{ен}}{1000} = \frac{240 \cdot 58}{1000} = 13,9 \text{ кг/ч}. \quad (1.6)$$

Таким образом, все номинальные параметры определены.

1.6 Расчет и построение регуляторной характеристики дизельного двигателя трактора

Для расчета регуляторной характеристики дизельного двигателя трактора используются номинальные значения параметров:

$$N_{ен}, M_{ен}, G_{тном}, g_{е.ном} \text{ и } n_{е.ном}.$$

Наибольшая частота вращения коленчатого вала двигателя трактора при полной подаче топлива, но без нагрузки определяется по формуле:

$$n_{ex/x} = n_{ен} (1 + \sigma_p), \text{ об/мин}, \quad (1.7)$$

где : σ_p - степень неравномерности регулятора ТНВД, принимаем $\sigma_p = 0,07 \dots 0,09$.

Расхода топлива на холостом ходу определяется по формуле:

$$G_{тх/х} = G_{тном} (0,25 \dots 0,30), \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \quad (1.8)$$

Текущее значение удельного расхода топлива определяется из выражения:

$$g_e = \frac{G_m \cdot 1000}{N_e}, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}, \quad (1.9)$$

Текущее значение мощности двигателя определяется из выражения, [5]:

$$N_e = N_{е.ном} \left[C_1 \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right) + C_2 \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right)^2 - \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right)^3 \right], \text{ кВт}, \quad (1.10)$$

где C_1 - коэффициент для расчета характеристики, дан в задании, C_2 - коэффициент, который определяется по формуле,[5]:

$$C_2 = 2 - C_1; \quad (1.11)$$

Текущее значение крутящего момента двигателя определяется из выражения,[5]:

$$M_e = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_e}{\pi \cdot n_e}, \text{ Н.м.} \quad (1.12)$$

Текущее значение удельного и часового расходов топлива определяется из выражений,[5]:

$$g_e = g_{en} \left[1,35 - \frac{0,35(n_e - n_{e \min})}{(n_{en} - n_{e \min})} \right], \text{ г/кВт.} \quad (1.13)$$

$$G_m = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч.} \quad (1.14)$$

Часовой расход газа при работе двигателя на газодизельном топливе определяется по формуле:

$$G_\Gamma = G_{\Gamma 0} \mp \Delta G_\Gamma, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.15)$$

где ΔG_Γ – изменение часового расхода газа, $\Delta G_\Gamma = f(t, n)$.

Приведенный удельный расход топлива, г/кВт*ч,[5]:

$$g_{ePP} = 1000 \frac{(G_T + K_{ПП} G_\Gamma)}{N_e}, \quad (1.16)$$

где $K_{ПП}$ – коэффициент пропорциональности для часового расхода газа.

Коэффициент пропорциональности для часового расхода газа определяется с учетом теплотворной способности газового и дизельного топлива.

Расчет регуляторной и потенциальной характеристик производится с помощью специальной программы.

Таблица 1.3 – Исходные данные для расчета регуляторной характеристики тракторного двигателя

Наименование параметров	Обозначение		Величина
	обыч- ное	в про- грамме	
Номинальная мощность двигателя трактора, кВт	$N_{e \text{ ном}}$	N	90
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин	$n_{e \text{ ном}}$	H	2200
Малые обороты холостого хода двигателя, об/мин	$n_{e \text{ min}}$	H2	700
Коэффициент для расчета характеристики двигателя	C_1	C1	0,73
Номинальный удельный расход топлива, г/кВт	$g_{e \text{ ном}}$	Q	230
Степень неравномерности регулировки	δ_p	B	0,08

Таблица 1.4 – Результаты расчетов регуляторной характеристики дизельного двигателя проектируемого трактора

$n, \text{ мин}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$M_e, \text{ Н.м}$	$C_T, \text{ кг/ч}$	$g_e, \text{ г/кВт.ч}$
700,000	29,577	403,691	9,184	310,500
850,000	37,256	418,760	11,268	302,450
1000,000	45,027	430,195	13,256	294,400
1150,000	52,720	437,996	15,096	286,350
1300,000	60,164	442,163	16,744	278,300
1450,000	67,186	442,695	18,157	270,250
1600,000	73,617	439,595	19,302	262,200
1750,000	79,285	432,860	20,150	254,150
1900,000	84,019	422,491	20,677	246,100
2050,000	87,648	408,488	20,865	238,050
2200,000	90,000	390,851	20,700	230,000
2230,000	74,659	319,867	18,230	244,178
2260,000	59,318	250,767	15,760	265,690
2290,000	43,977	183,478	13,290	302,209
2320,000	28,636	117,929	10,820	377,857
2350,000	13,295	54,054	8,351	628,077

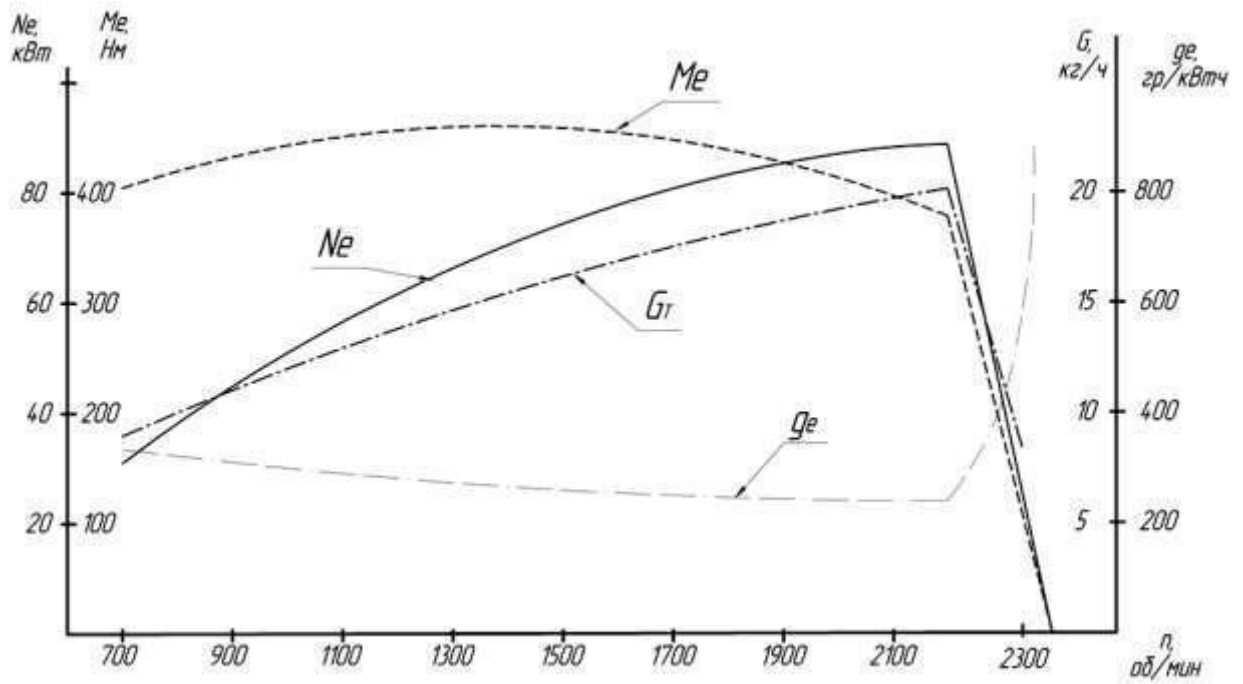


Рисунок 1.2 – График регуляторной характеристики двигателя трактора

1.7 Расчет потенциальной тяговой характеристики трактора

Потенциальная тяговая характеристика рассчитывается при работе трактора в нормальных полевых условиях. Такими условиями для сельскохозяйственного трактора принято считать: агрофон-стерня зерновых культур с ровным рельефом местности. Для таких условий подбирается из справочников φ и f .

Потери мощности в трансмиссии определяется по формуле.,[5]:

$$N_{тр} = N_{e ном} (1 - \eta_{тр}), \text{ кВт.} \quad (1.17)$$

Теоретическая скорость трактора определяется по формуле. ,[5]:

$$V_T = \frac{1000 \cdot N_{ен} \cdot \eta_{тр}}{P_{кр} + f \cdot m_{э} \cdot 9,81}, \text{ м/с} \quad (1.18)$$

Для получения полной картины величину $P_{кр}$, берут до $P_{кр. max} = 1,5 P_{кр ном}$

Величина буксования трактора определяется из выражения, [5]:

$$\delta = a \cdot p + b \cdot p^c \quad (1.19)$$

a, b, c – постоянные коэффициенты.

$$P = \frac{P_{кр}}{\varphi \cdot \lambda_k \cdot m_3 \cdot 9,81} \quad (1.20)$$

Потеря мощности на буксование определяется по формуле, [5]:

$$N_{\delta} = \frac{P_{кр} \cdot V_T \cdot \delta}{1000}, \text{ кВт.} \quad (1.21)$$

Потеря мощности на качение по формуле, [5]:

$$N_f = \frac{f \cdot m_3 \cdot 9,81 \cdot V_T (1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.22)$$

мощности на крюке по формуле, [4]:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_T \cdot (1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт.} \quad (1.23)$$

Определение величины тягового к.п.д. - $\eta_{тяг}$ (условного)

$$\eta_{тяг} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}} \quad (1.24)$$

Таблица 1.5 – Исходные данные для потенциальной тяговой характеристики трактора

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
1	Номин. Мощность двигателя - квт.	N	N	90
2	К.п.д. трансмиссии трактора	$\eta_{тр}$	H6	0,9
3	Коэф. сор. движению на стерне -п	f	F	0,09
4	Коэф. Сцепления х/ч с почвой	φ	F1	0,7
5	Коэф. Распределения веса.	λ_k	L	0,85
6	Номин. Тяговое усилие трактора-Н.	P _{кр ном}	P	20000
7	Коэффициенты для расчета буксования	a	A5	0,13
8		b	B5	0,013
9		c	C5	8
10	Полная масса трактора - кг.	m_3	MS	5000

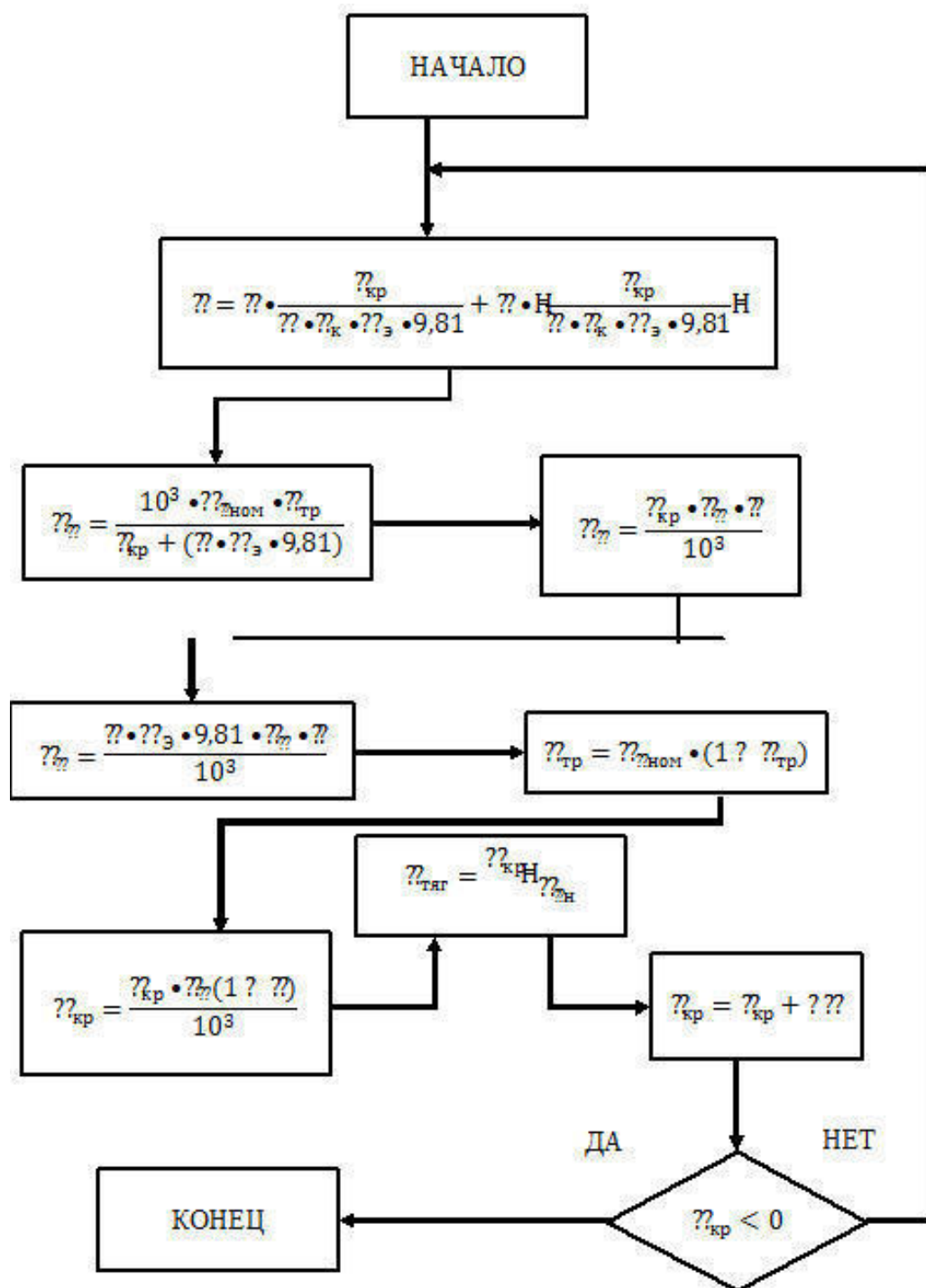


Рисунок 1.3 – блок-схема для расчета потенциальной тяговой характеристики трактора

Таблица 1.6 – Результаты расчетов потенциальной тяговой характеристики трактора.

$P_{кр}, Н$	δ	$V_T, м/с$	$N_{тр}$	$N_{букс}$	N_f	$N_{пр}$	КПДтяг.усл.
1333,300	0,000	14,000	9,000	0,110	62,210	18,678	0,208
2666,600	0,010	11,400	9,000	0,360	50,497	30,141	0,335
3999,900	0,010	9,600	9,000	0,680	42,496	37,818	0,420
5333,200	0,020	8,300	9,000	1,050	36,683	43,264	0,481
6666,500	0,020	7,300	9,000	1,440	32,269	47,284	0,525
7999,800	0,030	6,500	9,000	1,860	28,804	50,336	0,559
9333,100	0,040	5,800	9,000	2,280	26,010	52,704	0,586
10666,400	0,040	5,300	9,000	2,720	23,711	54,567	0,606
11999,700	0,050	4,900	9,000	3,160	21,785	56,050	0,623
13333,000	0,050	4,500	9,000	3,610	20,148	57,236	0,636
14666,300	0,060	4,200	9,000	4,070	18,740	58,189	0,647
15999,600	0,070	3,900	9,000	4,530	17,516	58,953	0,655
17332,900	0,070	3,700	9,000	4,990	16,442	59,560	0,662
18666,200	0,080	3,500	9,000	5,470	15,493	60,037	0,667
19999,500	0,080	3,300	9,000	5,950	14,647	60,400	0,671
21332,800	0,090	3,100	9,000	6,440	13,888	60,663	0,674
22666,100	0,100	2,900	9,000	6,960	13,204	60,834	0,676
23999,400	0,100	2,800	9,000	7,490	12,585	60,915	0,677
25332,700	0,110	2,700	9,000	8,070	12,021	60,907	0,677
26666,000	0,120	2,600	9,000	8,690	11,505	60,801	0,676
27999,300	0,130	2,400	9,000	9,370	11,032	60,589	0,673
29332,600	0,140	2,400	9,000	10,15	10,596	60,252	0,669
30665,900	0,150	2,300	9,000	11,03	10,193	59,767	0,664
31999,200	0,160	2,200	9,000	12,07	9,820	59,101	0,657
33332,500	0,180	2,100	9,000	13,31	9,473	58,214	0,647
34665,800	0,200	2,000	9,000	14,79	9,150	57,054	0,634
35999,100	0,230	2,000	9,000	16,59	8,848	55,555	0,617
37332,400	0,250	1,900	9,000	18,79	8,566	53,638	0,596
38665,700	0,290	1,800	9,000	21,49	8,301	51,207	0,569
39999,000	0,340	1,800	9,000	24,80	8,052	48,145	0,535
41332,300	0,390	1,700	9,000	28,87	7,817	44,312	0,492
42665,600	0,460	1,700	9,000	33,85	7,596	39,545	0,439
43998,900	0,540	1,600	9,000	39,96	7,387	33,647	0,374
45332,200	0,640	1,600	9,000	47,41	7,189	26,392	0,293
46665,500	0,760	1,500	9,000	56,48	7,001	17,511	0,195
47998,800	0,900	1,500	9,000	67,47	6,824	6,697	0,074
49332,100	1,080	1,500	9,000	80,75	6,655	-6,409	-0,071

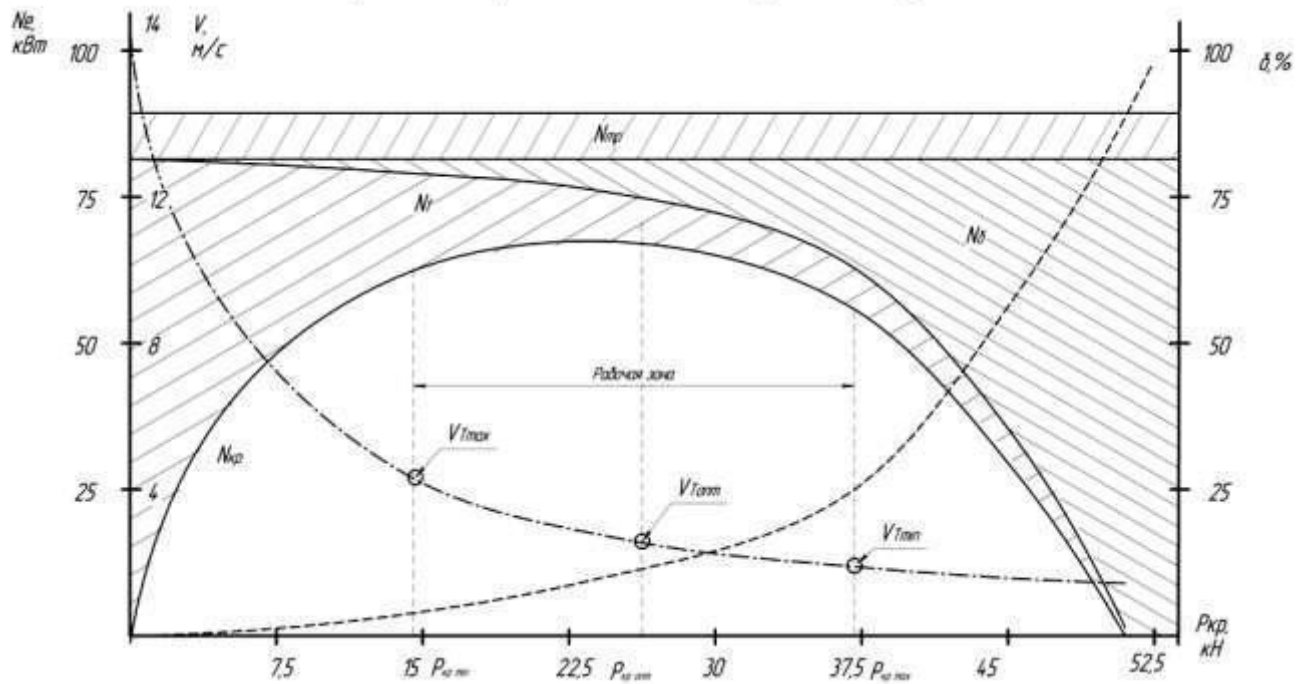


Рисунок 1.4 –Потенциальная тяговая характеристика трактора.

Определение тяговой зоны трактора:

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

При работе в полевых условиях величина $P_{кр}$ все время меняется, поэтому необходимо определить рабочую зону трактора таким образом, чтобы при всех случаях работы величина тягового к.п.д. ($\eta_{мгя}$) находился вблизи его наибольшего значения.

После определения тяговой зоны трактора принимают: ,[5]:

$$V_{Tmin}=V_{T1} \text{ и } V_{Tmax}=V_{Tл.},$$

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

Здесь рассматриваются только рабочие передачи, замедленные и транспортные не рассматриваются.

Количество передач (n) дается в задании, обычно может быть 4... 9.

1.8 Определение передаточных чисел трансмиссии

Основа этого метода,[5]:

$$P_{кр1} - P_{кр2} = P_{кр2} - P_{кр3} = \dots = P_{кр(n-1)} - P_{крn} = \Delta P \quad (1.25)$$

Отсюда:

$$\Delta P = \frac{P_{крmax} - P_{крmin}}{n - 1}, \quad (1.26)$$

где $P_{крmax} = P_{кр1}$ и $P_{крmin} = P_{крn}$.

Определив $P_{кр}$ на всех передачах определяют все скорости:

$$V_{Ti} = \frac{10^3 \cdot N_{ен} \cdot \eta_{mp}}{P_{кр.i} + f \cdot m_3 \cdot 9,81}, \text{ м/с} \quad (1.27)$$

и далее:

$$i_{mpi} = 0,105 \frac{n_{ен} \cdot r_{\kappa}}{V_{mi}}. \quad (1.28)$$

$$\Delta P = \frac{37300 - 14700}{9 - 1} = 2825 \text{ Н}$$

$$V_{T1} = \frac{10^3 \cdot 90 \cdot 0,9}{37300 + 0,08 \cdot 5000 \cdot 9,81} = 1,96 \text{ м/с}$$

$$i_{mp1} = 0,105 \frac{2200 \cdot 0,9}{1,96} = 105,8.$$

Аналогично проводятся расчеты для остальных передач. Результаты расчетов представлены в таблице 1.7

Передаточное число трансмиссии определяется по формуле.

$$i'_{mp} = i'_{\kappa n} \cdot i_0 \cdot i_{\kappa}; \quad (1.29)$$

$$i'_{\kappa n} \geq \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{4,35}{1,96} = 2,17; \quad (1.30)$$

$$i'_{\kappa n} = \frac{i_{mp}}{i_0 \cdot i_{\kappa}}; \quad (1.31)$$

$$i_0 \approx 4;$$

$$i_{\kappa} \approx 5;$$

$$i_{кп1} = \frac{i_{мп1}}{i_0 \cdot i_{\kappa}} = \frac{105,8}{4 \cdot 5} = 5,29;$$

Результаты расчетов представлены в таблице 1.7

Таблица 1.7- Результаты расчетов значений

Номер передачи	Pi, Н	VTi, м/с	I тpi	I кпi
1	37300	1,96	105,8	5,29
2	34475	2,11	98,6	4,93
3	31650	2,28	91,3	4,57
4	28825	2,47	84,1	4,20
5	26000	2,71	76,8	3,84
6	23175	2,99	69,6	3,48
7	20350	3,34	62,3	3,12
8	17525	3,78	55,1	2,75
9	14700	4,35	47,8	2,39

1.9. Расчет теоретической тяговой характеристики трактора

Эта характеристика рассчитывается и строится для работы на всех передачах на заданном агрофоне,

Теоретическая тяговая характеристика состоит из 2-х частей.

В первой части даны зависимости основных параметров тракторного двигателя от величины крутящего момента двигателя ($N_e, G_T, n_e = f(M_e)$).

Вторая часть - тяговая характеристика трактора - $V_d, g_{кр}, \delta, \eta_{тяг} = f(P_{кр})$

.,[11]:

$$P_{\kappa 1 \max} = P_{кр 1 \max} + P_f = \frac{M_{e \max} \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп}}{r_{\kappa}}, \text{ Н} \quad (1.32)$$

При этом :

$$P_f = f \cdot m_{\vartheta} \cdot 9,81, \text{ Н} \quad (1.33)$$

здесь величину f - уже берут для заданного агрофона.

В первой части теоретической тяговой характеристики рассчитывают и строят кривую буксования на заданном аэрофоне по известной уже формуле:

$$\delta = a \cdot p + b \cdot p^c \quad (1.34)$$

При этом величиной $P_{кр}$ задаются от 0 до $P_{кр\max}$ на соответствующей передаче.

Определение действительной скорости движения трактора на всех передачах осуществляется по формуле:

$$V_{\delta} = V_T \cdot (1 - \delta) = 0,105 \frac{n_{ен} \cdot r_{\kappa}}{i_{тр}} (1 - \delta), \text{ м/с} \quad (1.35)$$

Мощность на крюке трактора определяется по формуле: ,[11]:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_{\delta}}{1000} = \frac{P_{кр} \cdot V_T \cdot (1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.36)$$

Удельный крюковой расход топлива определяется по формуле,[11]:

$$g_{кр} = \frac{G_T \cdot 1000}{N_{кр}}, \frac{\text{г}}{\text{кр.кВт.ч}} \quad (1.37)$$

Тяговый к.п.д. трактора определяется по формуле,[5]:

$$\eta_{тяг} = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (1.38)$$

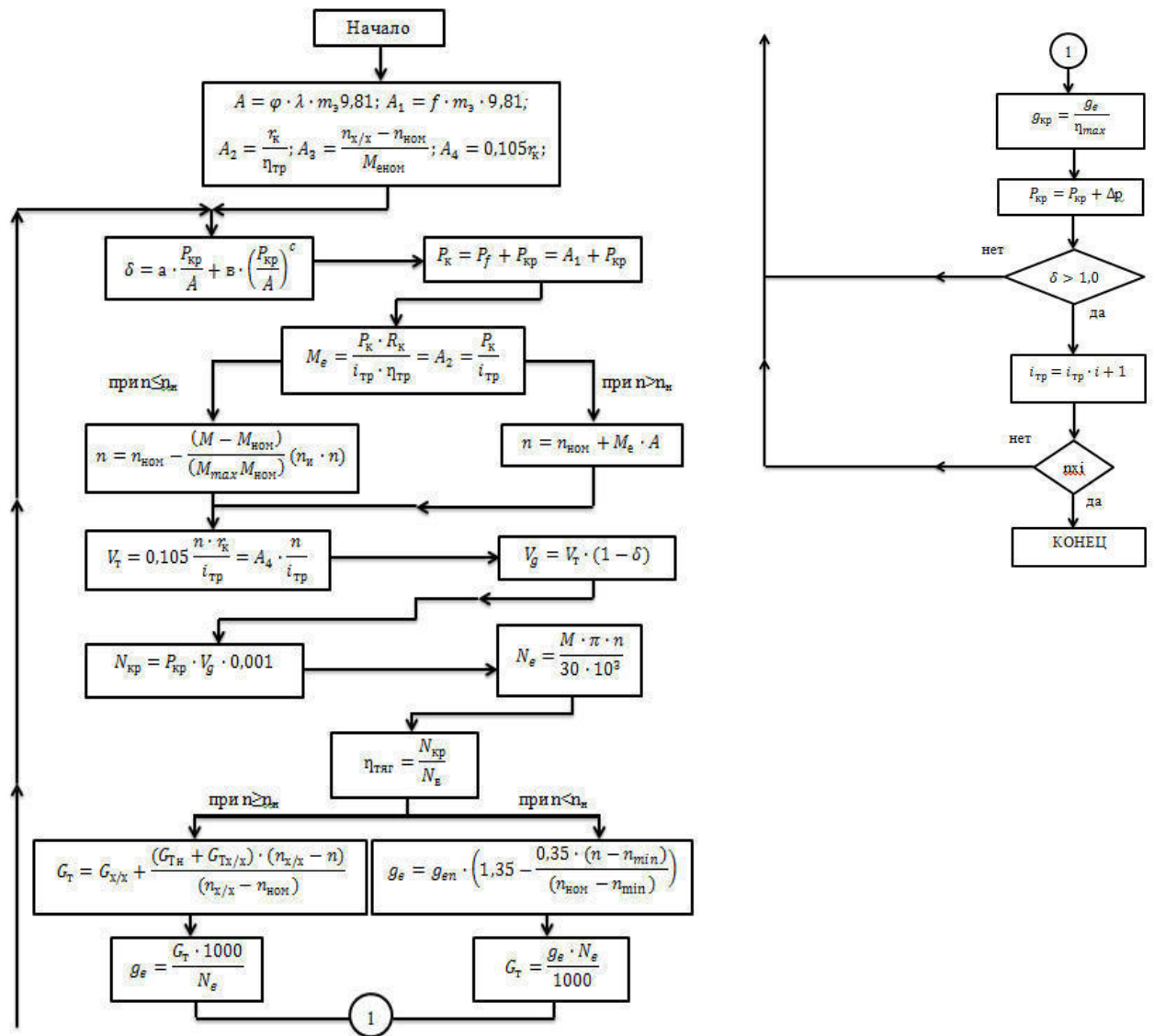


Рисунок 1.5 – блок-схема для расчета теоретической тяговой характеристики трактора

Таблица 1.8 – Исходные данные для расчета теоретической тяговой характеристики трактора.

Наименование параметра	Обычн.	Прогр.	Величина
Эксплуатационная масса трактора, кг	m_3	M	5000
Радиус ведущих колес, м	r_k	R	0,9
КПД трансмиссии	η_{mp}	H4	0,9
Малые обороты холостого хода, об/мин	n_{emir}	H1	700
Номинальные обороты двигателя, об/мин	$n_{e\text{ ном}}$	H2	2200
Максимальные обороты холостого хода, об/мин	$n_{ex/х}$	H3	2350
Номинальный момент двигателя	$M_{e\text{ ном}}$	M2	391
Максимальный момент двигателя	$M_{e\text{ max}}$	M3	443
Номинальный часовой расход топлива	G_{tnom}	G2	20,7
Расход топлива трактора на холостом ходу	$G_{tx/х}$	G3	8,4
Номинальный удельный расход топлива, г/кВт.ч	$g_{e\text{ ном}}$	G4	230
Коэффициент сопротивления качения на заданном фоне	f	F	0,08
Коэффициент сцепления колес	φ	F1	0,7
Коэффициент распределения веса	λ_k	L	0,85
Коэффициент для расчета буксования	a	A5	0,13
Коэффициент для расчета буксования	b	B5	0,013
Коэффициент для расчета буксования	c	C5	8
Обороты двигателя при максимальном моменте	n_0	H6	14500
Номинальное усилие на крюке, Н	$P_{кр\text{ ном}}$	P	20000
Передаточные числа трансмиссии	i_{mp1}^y	I1	105,8
Передаточные числа трансмиссии	i_{mp2}^y	I2	98,6
Передаточные числа трансмиссии	i_{mp3}^y	I3	91,3
Передаточные числа трансмиссии	i_{mp4}^y	I4	84,1
Передаточные числа трансмиссии	$i_{mp.5}^y$	I5	76,8
Передаточные числа трансмиссии	$i_{mp.6}^y$	I6	69,6
Передаточные числа трансмиссии	$i_{mp.7}^y$	I7	62,3
Передаточные числа трансмиссии	$i_{mp.8}^y$	I8	55,1
Передаточные числа трансмиссии	$i_{mp.9}^y$	I9	47,8
Начальное значение усилия на крюке, Н	$P_{кр\text{ нач}}$	P1	10
Номинальная мощность двигателя, кВт	$N_{e\text{ ном}}$	N2	90
Коэффициент для расчета характеристики двигателя	C_1	C1	0,73
Коэффициент для расчета характеристики двигателя	C_2	C2	1,27

Результаты расчетов представлены в приложении А.

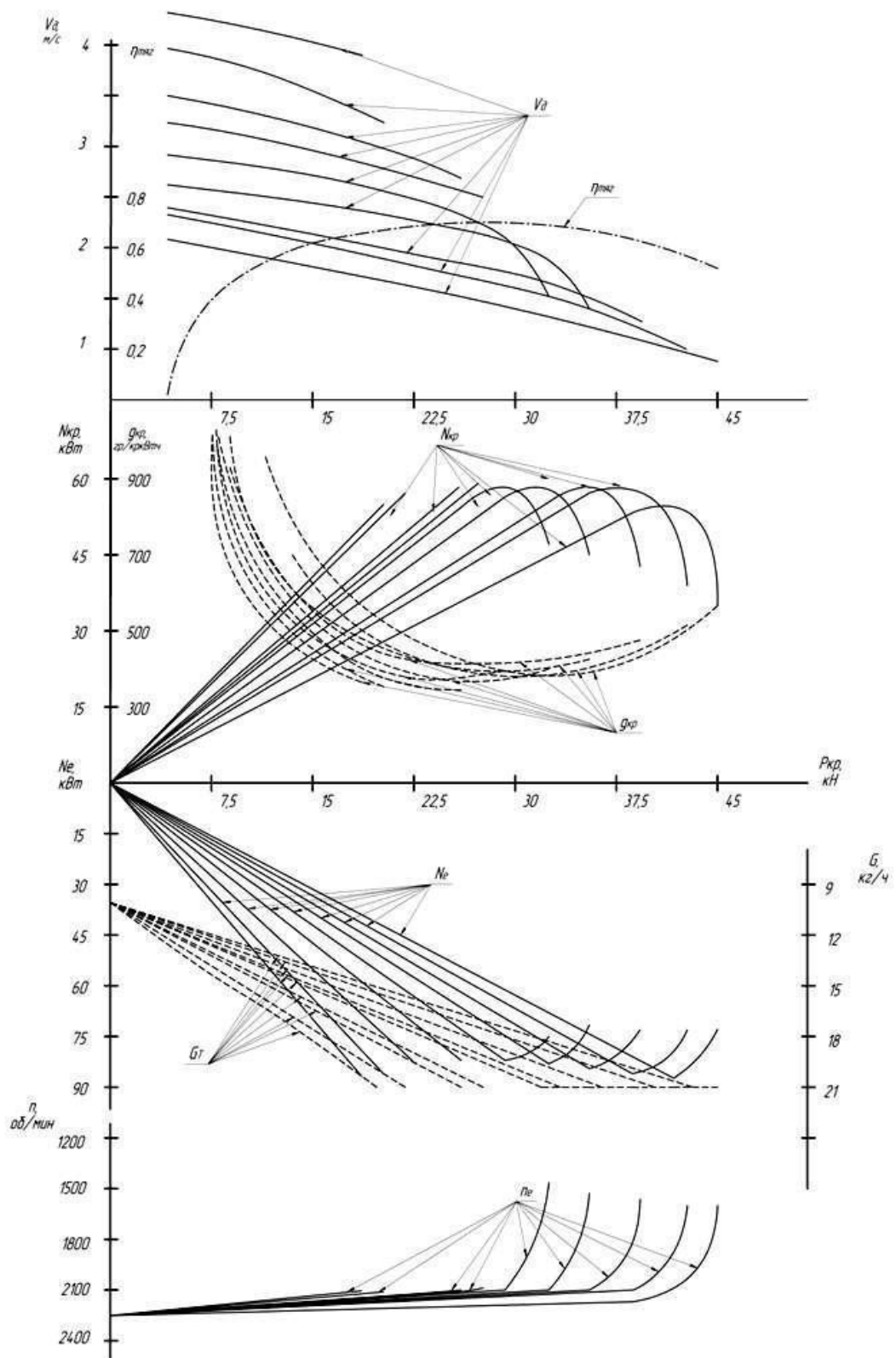


Рисунок 1.6 – Теоретическая тяговая характеристика трактора.

2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ТРАКТОРА ПЕРЕОБОРУДОВАННОГО НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

2.1 Предпосылки модернизации системы питания тракторов.

Проведя анализ по применению альтернативных видов топлив для тракторов можно сделать следующие заключение:

1. Растительные масла в качестве топлива для дизельных двигателей можно применять, но они имеют ряд недостатков, а именно это из высокая стоимость по сравнению с газовым топливом и невозможность его применения в зимний период из-за высокой температуры застывания (около 0 °С).

2. Метанол очень ядовит и не подходит для дизельных двигателей, хотя нашел применение бензиновых двигателях.

3. Газовое топливо. Его можно разделить на 2 вида, это сжиженный природный газ (пропан-бутан) и метан. Пропан-бутан широко применяется в качестве топлива для бензиновых двигателей, но не подходит для дизельных.

Метан в качестве топлива подходит для дизельных двигателей.

В настоящее время существует два типа оборудования для работы двигателей на метановом топливе. 1 тип – это работа на сжатом метане. 2 тип - это работа на сжиженном метане.

1 тип имеет более широкое распространение, но в тоже время у данного оборудования очень большая металлоемкость и малый запас топлива.

2 тип имеет больший запас топлива, но более сложное оборудование и малое количество заправочных станций.

С учетом этого анализа в качестве топлива применяем сжатый природный газ (метан).

Для работы тракторов согласно ГОСТ 27577-87 “Газ природный сжатый для газобаллонных автомобилей и тракторов” применяют двух марок: А и Б, которые отличаются друг от друга содержанием метана и азота.

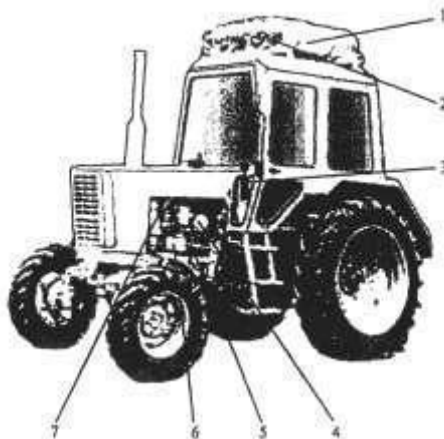
2.2. Эскизная компоновка трактора

За основу проектируемого трактора был взят уже существующий трактор МТЗ-1221, который представлен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Трактор МТЗ-1221

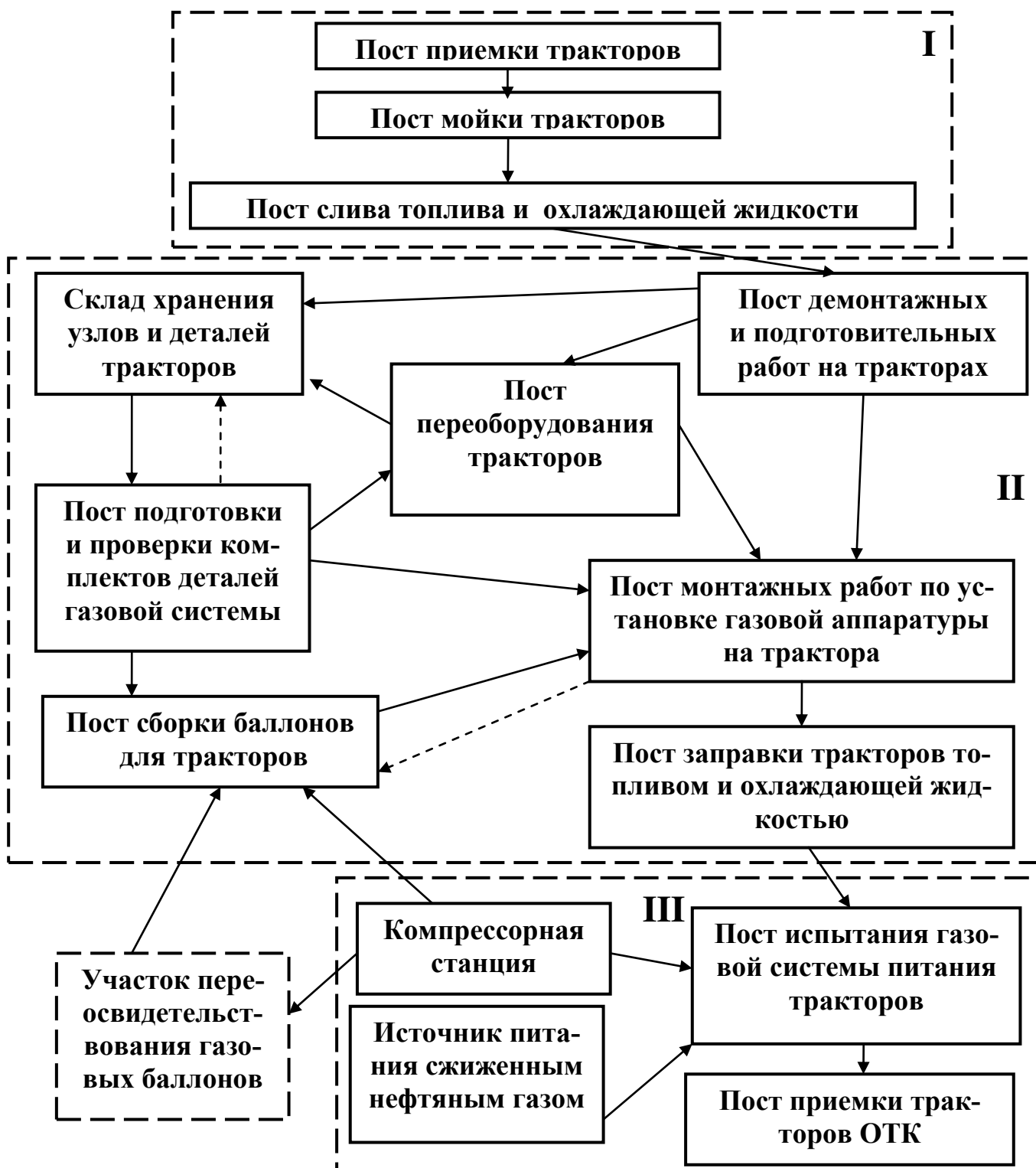
Внешний вид проектируемого трактора будет отличаться от его аналога. В отличие от трактора МТЗ-1221, проектируемый трактор будет обладать большей массой. Крыша кабины будет защищена коркасом на котором будут установлены баллоны для сжатого газа. Эскизная компоновка проектируемого трактора приведена на рисунке 2.2.



1 - баллоны; 2 - магистральный вентиль; 3 - крестовина с манометром, запорочным устройством, расходным и наполнительными вентилями; 4-редуктор-подогреватель; 5 - газовый дозатор; 6 - ТНВД с ограничителем запальной дозы; 7 – распылитель.

Рисунок 2.2 Общий вид газодизельного трактора.

Для проведения переоборудования тракторов для работы на газодизельном топливе требуется более высокая квалификация персонала.



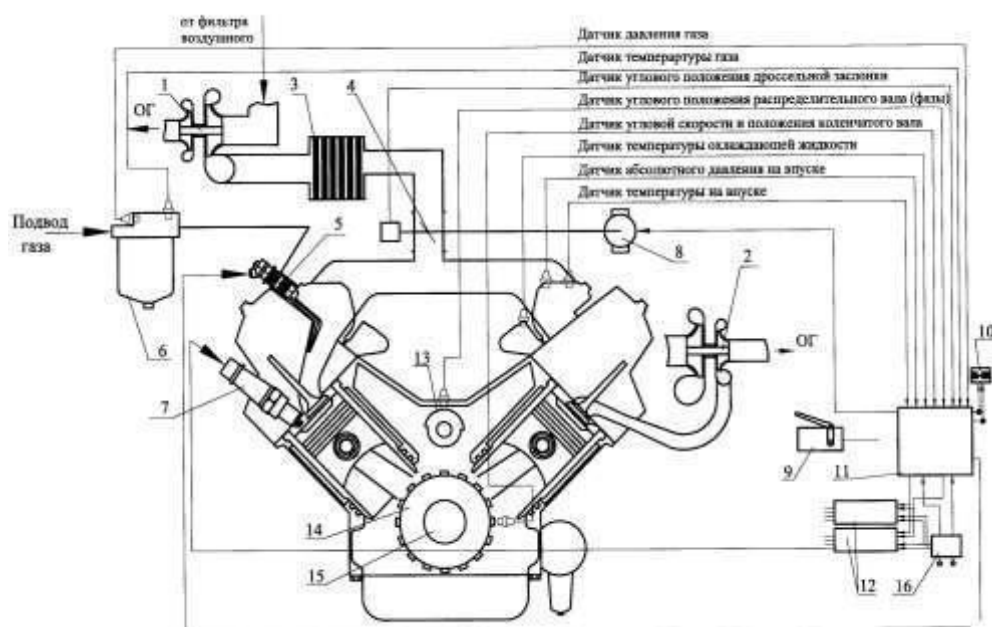
I - участок подготовки тракторов к переоборудованию; II - участок переоборудования тракторов; III - участок испытаний газовой системы питания.
Рисунок 2.3- Схема организации переоборудования тракторов для работы на СПГ.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТРАКТОРА НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

3.1. Обзор конструкций системы питания дизельных двигателей на газодизельном топливе.

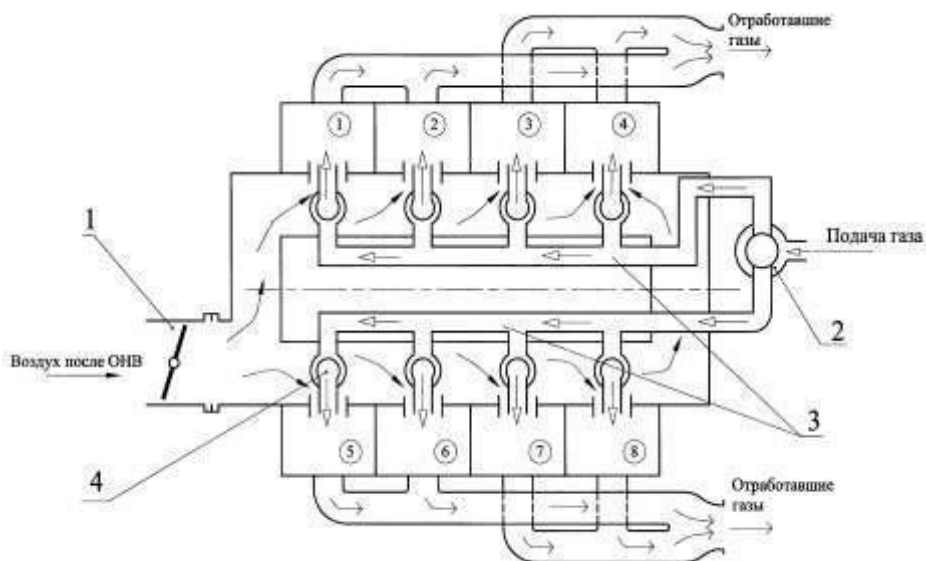
В настоящее время существует большое разнообразие газового оборудования и схем его установки на технику.

Ниже приведены некоторые из них.



1,2 – турбокомпрессоры; 3 – интеркуллер; 4 – дроссельная заслонка; 5 – электромагнитный дозатор газа; 6 – газовый фильтр; 7 – свеча зажигания; 8 – электропривод дроссельной заслонки; 9 – модуль педальный; 10 – диагностический разъем; 11 – электронный блок управления газовым двигателем; 12 – катушки зажигания; 13 – колесо датчика фазы; 14 – зубчатый венец; 15 – коленчатый вал; 16 – питание.

Рисунок 3.1- Принципиальная схема управления газового двигателя.



1 – узел дроссельной заслонки; 2 – фильтр очистки газа; 3 – газовый коллектор;
4 – электромагнитный газовый дозатор

Рисунок 3.2 – Схема системы питания двигателя воздухом и газом

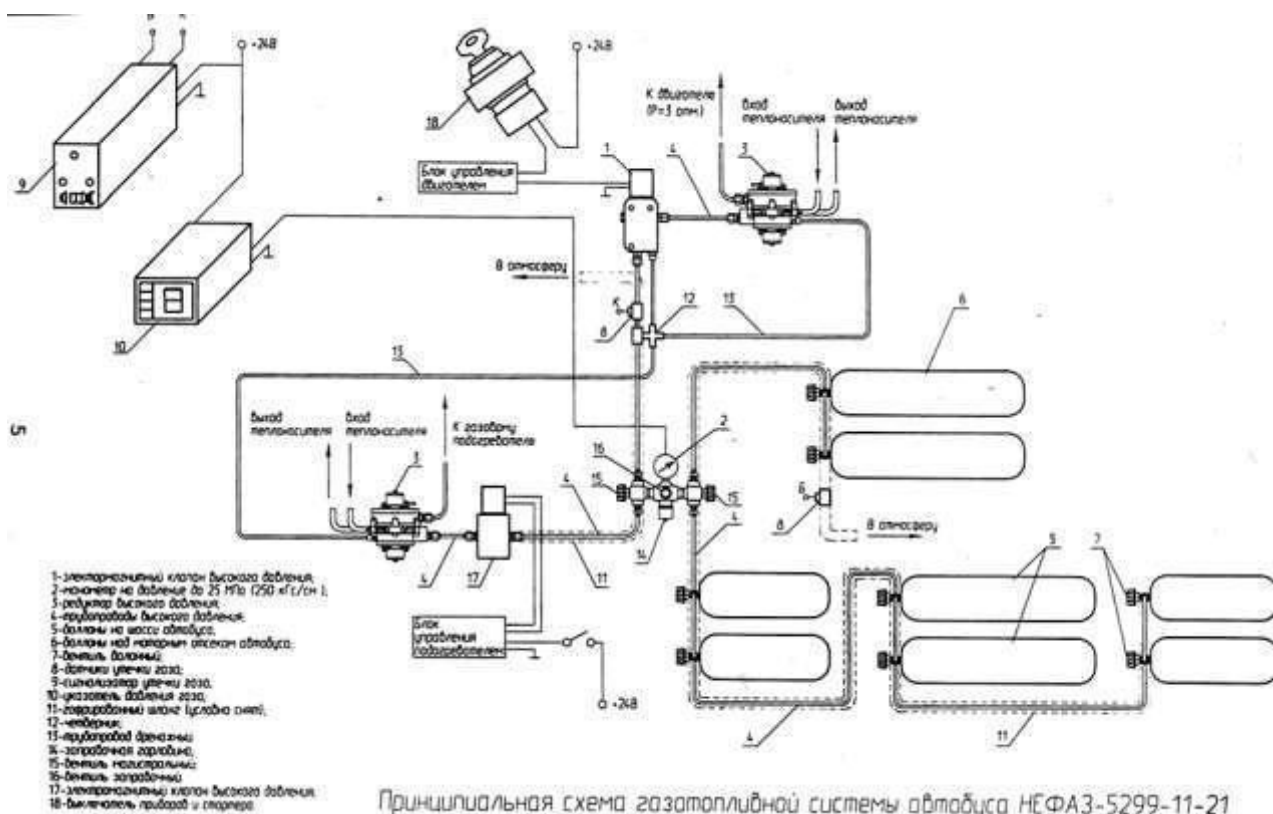


Рисунок 3.3 – Принципиальная схема газовой системы автобуса НЕФА3-5299-11-21

3.2. Обзор патентов.

Описание к патенту № 2689658, [16].

Изобретение относится к области двигателестроения и, в частности, к системам регулирования топливоподачи газодизелей, а также к областям автомобильной электроники, электропривода и импульсной техники, и может быть использовано в машиностроении, двигателестроении.

Изобретение представляет собой универсальную двухтопливную систему питания с использованием газообразных топлив (к которым относятся, в частности, метан, пропан-бутановая смесь, попутные углеводородные газы, биогаз, водород и др.), как основных, и дизельного топлива, как источника воспламенения газозоудшнй смеси, реализуемую с минимальными изменениями в конструкции штатной системы питания дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) любого типа (с топливными насосами высокого давления (ТНВД), с насос-форсунками или системой Common Rail) и без всякого вмешательства в конструкцию самого дизельного ДВС любого применения (автомобили легковые, грузовые, специального назначения; автобусы, тракторы и комбайны, тепловозы, суда и паромы речные и морские; компрессорные, насосные и бурильные установки; электростанции автономные и мобильные).

Известна система двойного питания и регулирования газодизеля, описанная в патенте Украины СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЯ №89683, которая выбрана в качестве прототипа настоящему изобретению, как наиболее близкая по технической сущности и количеству общих признаков.

Общими признаками известного и предлагаемого способов являются одинаковые принципы управления двухтопливной системой питания газодизеля, конвертированной из штатной системы питания дизеля с минимальным вмешательством в ее конструкцию и полным сохранением способности дозирования дизельного топлива (ДТ) в качестве основного при работе по классическому циклу Дизеля, когда в цилиндры ДВС, предварительно наполненные воздухом на тактах впуска, в конце следующих тактов сжатия воздуха впрыскива-

ют основное ДТ. А во время работы по циклу газодизеля (т.е., с внутренним смесеобразованием в отношении ДТ и внешним - в отношении газа), система питания сначала подает в цилиндры ДВС на тактах впуска готовую газовоздушную смесь, а потом, в конце тактов сжатия, впрыскивает ДТ. Дополнительное газообразное топливо, как более дешевое и более калорийное, используют для частичного замещения ДТ. При этом принудительно сокращают расход ДТ до необходимого и достаточного количества, главным образом, для поджигания газо-воздушной топливной смеси, т.е. до уровня «запальной дозы». Посредством системы питания газодизеля адекватно корректируют количественный баланс между двумя топливными составляющими (основной и дополнительной), соответственно режимам работы ДВС.

Холодный пуск ДВС производят посредством основной (дизельной) системы питания.

В режиме холостого хода и малых нагрузок, из-за переобедненной смеси, величина запальной дозы равна величине расхода ДТ при работе двигателя в штатном дизельном режиме.

При нагрузках ДВС в пределах номинальных, когда топливная смесь уже достаточно обогащена и надежно воспламеняется, величину запальной дозы ДТ дозируют на минимальном допустимом уровне. Известный способ имеет следующие недостатки:

- небольшая интегральная степень замещения ДТ газообразным, что существенно снижает экономическую эффективность от его реализации и увеличивает срок окупаемости дополнительного оборудования, а также стоимость монтажных работ;

- не эффективное использование автотранспортных средств (АТС) с газодизельными двигателями в условиях городского цикла.

Указанные недостатки способа являются следствием того, что работа по газодизельному циклу, при сохранении свойственного дизельному ДВС принципа качественного регулирования, позволяет, лишь в узком диапазоне нагру-

зочных характеристик, ближе к номинальным нагрузкам, организовать оптимальное горение газо-воздушной смеси.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования известного способа регулирования системы питания газодизеля за счет обеспечения состава газо-воздушной смеси близкого к оптимальному в широком диапазоне нагрузочных характеристик, что позволяет существенно увеличить замещение ДТ газом, а расход ДТ ограничить запальной дозой минимального уровня.

Поставленная задача решается за счет того, что в известном способе регулирования двухтопливной системы питания газодизеля, конвертированной из штатной системы питания дизеля с минимальным вмешательством в конструкцию дизельного ДВС (и с полным сохранением способности ДТ в качестве основного при работе по классическому циклу Дизеля), во время работы по циклу газодизеля расход ДТ принудительно сокращают до необходимого и достаточного, главным образом - до уровня запальной дозы, причем, посредством управления системой питания газодизеля, обеспечивают адекватную работу двигателя, а именно:

- холодный пуск ДВС производят посредством дизельной системы питания;

- на всех остальных режимах работы двигателя (холостого хода, малых и средних нагрузок, а так же при нагрузках ДВС, близких к номинальным), величину запальной дозы ДТ дозируют на минимальном допустимом уровне; согласно изобретению, при работе по газодизельному циклу на стадии внешнего смесеобразования для достижения оптимальной по составу газо-воздушной смеси дополнительно регулируют величину расхода всасываемого в воздушный коллектор воздуха на всех режимах работы ДВС, а запальную дозу уменьшают до уровня, обеспечивающего надежное воспламенение газо-воздушной смеси; и при этом:

- в штатном режиме дизеля расход всасываемого воздуха не ограничивают;

- в режиме холостого хода газодизеля объем всасываемого воздуха поддерживают на уровне, обеспечивающем во время такта сжатия необходимую температуру надежного воспламенения запальной дозы ДТ;

- в нагрузочном режиме расходы воздуха и газа, поддерживая их оптимальное соотношение, регулируют прямо пропорционально величине нагрузки на ДВС, и при этом запальную дозу поддерживают на минимальном допустимом уровне.

Способ-прототип реализован в следующей системе (устройстве). Известная система регулирования газодизеля содержит: электронный блок управления (ЭБУ), переключатель режимов «ГАЗ-ДИЗЕЛЬ» (Г-Д), сигнальную лампу, датчик частоты вращения (ДЧВ) коленчатого вала (КВ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС), механизм управления запальной дозой (МУЗД), содержащий серводвигатель с редуктором и датчиком положения выходного вала редуктора с поворотным рычагом на его выходном валу, рейку управления плунжерными парами топливного насоса высокого давления (ТНВД), рейку с подвижной кинематической связью с главным рычагом ТНВД, регулятор ТНВД, пружину, двуплечий рычаг управления ТНВД, тягу рычага управления, педаль акселератора, датчик положения педали акселератора (ДППА) с тремя выводами, электромагнитный дозатор газа (ДГ) с заслонкой, электромагнитный клапан подачи газа.

В процессе работы системы величина запальной дозы дизельного топлива (ДТ) в скоростном и нагрузочном режимах при работе по циклу газодизеля корректируется серводвигателем механизма управления запальной дозой (МУЗД) по определенному алгоритму, формируемому с помощью подстроечных потенциометров в ЭБУ. Поворотный рычаг на валу редуктора серводвигателя ограничивает перемещение топливной рейки ТНВД в сторону увеличения расхода дизельного топлива (ДТ), а ДГ обеспечивает допустимое замещение ДТ газообразным. ДГ управляется от ЭБУ, в котором установлен переключатель

режимов дозирования газа в функции положения педали акселератора либо с отрицательной обратной связью по частоте вращения КВ ДВС, либо без нее.

Система-прототип имеет следующий недостаток: оно обеспечивает удовлетворительный состав газо-воздушной топливной смеси только в узком диапазоне нагрузочных характеристик, из-за чего запальная доза ДТ существенно завышена как во время холостого хода, чтобы обеспечить надежное воспламенение бедной газо-воздушной смеси, так и малых нагрузок, чтобы добавить к ней мощности. В конечном результате это приводит к сокращению замещения ДТ газообразным.

Этот недостаток связан с тем, что газодизельная система питания системы-прототипа не оснащена средством регулирования расхода воздуха и работает по классическому циклу Дизеля, реализуя принцип качественного регулирования топливной смеси.

В основу изобретения поставлена задача увеличение процента замещения ДТ газообразным за счет обеспечения надежного воспламенения газо-воздушной топливной смеси в широком диапазоне нагрузочных характеристик, как во время холостого хода, так и при малых нагрузках, путем обеспечения регулирования расхода воздуха на входе во впускной коллектор дизеля в указанном диапазоне адекватно принципу количественного регулирования топливной смеси. Т.е. ДВС, фактически, переводится из цикла Дизеля в цикл Отто.

Поставленная задача решается за счет того, что в известную систему регулирования газодизеля, содержащую: первый ЭБУ-1, переключатель режимов работы «Дизель - Газодизель (Д - ГД), датчик частоты вращения (ДЧВ) КВ ДВС, сигнальную лампу, МУЗД в виде серводвигателя с редуктором и резистивным датчиком положения выходного вала редуктора, ТНВД, двуплечий рычаг управления которого кинематически связан одним плечом через тягу с педалью акселератора, датчик положения (ДППА) которой установлен на оси двуплечего рычага, и другим плечом через пружину - с главным рычагом, также взаимодействующим через подвижную муфту с центробежным механизмом

регулятора ТНВД, а, через подвижную кинематическую связь, - с тягой топливной рейки ТНВД, движение которой в сторону увеличения подачи ДТ при работе по газодизельному циклу ограничивается на уровне, соответствующем минимальной запальной дозе ДТ, с помощью поворотного рычага на валу редуктора МУЗД; электромагнитный клапан подачи газа; электроуправляемый ДГ, причем, первый, второй и третий выводы ЭБУ соединены, соответственно, с переключателем режимов, через контакты которого бортовое напряжение питания подается в ЭБУ, с сигнальной лампой и с датчиком частоты вращения, в качестве которого используется бортовой генератор переменного тока; четвертый вывод ЭБУ подключен непосредственно к положительному выводу источника бортового напряжения питания; пятый вывод - к отрицательному выводу бортового источника питания; шестой вывод соединен с выходом датчика положения вала серводвигателя; выводы седьмой и восьмой подключены к выводам якоря серводвигателя; выводы девятый, десятый и одиннадцатый соединены, соответственно, с первым, вторым и третьим выводами ДППА; выводы двенадцатый, тринадцатый и четырнадцатый соединены, соответственно, с первым, вторым и третьим выводами ДГ, а пятнадцатый вывод ЭБУ подключен к выводу питания электромагнитного клапана подачи газа; согласно изобретению введены дополнительно: второй ЭБУ 2 и электроуправляемый дозатор воздуха (ДВ), установленный на входе во впускной воздушный коллектор дизеля; ЭБУ-2 содержит шесть выводов для сопряжения с системой, логический инвертор, смеситель, пять подстроенных потенциометров, первый и второй компараторы, генератор пилообразного напряжения (ГПН) и стабилизатор бортового напряжения. Первый, второй, третий и четвертый выводы ЭБУ-2 соединены соответственно с четвертым, пятым, десятым и пятнадцатым выводами ЭБУ-1. Первый вывод ЭБУ-2 соединен через последовательные силовой ключ и пятый вывод с входом управления ДВ, и, через вход стабилизатора напряжения, - с общей точкой схемы ЭБУ-2. Четвертый вывод ЭБУ-2 подключен через инвертор ко второму входу управления смесителя. Первый, третий и четвертый

входы смесителя соединены, соответственно, с движками первого, второго и третьего потенциометров, вторые выводы которых соединены с общей точкой схемы. Первый вывод первого потенциометра соединен с третьим выводом ЭБУ-2, а первые выводы второго, третьего и четвертого - с выходом стабилизатора напряжения. Выход смесителя подключен к неинвертирующему входу первого компаратора, его инвертирующий вход - к движку пятого потенциометра, первый вывод которого соединен через шестой вывод ЭБУ-2 с выходом датчика положения ДВ, а выход первого компаратора соединен с первым входом элемента 2И, выход которого подключен к входу управления силового ключа. Второй вход элемента 2И соединен с выходом второго компаратора, не инвертирующий и инвертирующий входы которого подключены, соответственно, к движку четвертого потенциометра и выходу ГПН. Первый и третий входы смесителя связаны через последовательные первый и второй резисторы, точка соединения которых подключена к его выходу через первый диод. Второй вход смесителя связан с его четвертым входом через последовательные третий резистор, второй и третий диоды, а точка соединения диодов также подключена к выходу смесителя. На Рис. 1 приведена функциональная схема системы. На Рис. 2 приведена принципиальная схема смесителя в ЭБУ-2.

Система содержит: выходные выводы с первого по пятнадцатый 1-15 в ЭБУ-1 16 и дополнительный ЭБУ-2 17, переключатель режимов Г-Д 18, сигнальную лампу 19, датчик частоты вращения КВ ДВС 20, датчик положения 21 выходного вала серводвигателя 22 с редуктором и с поворотным рычагом 23 на выходном валу редуктора, рейку 24 управления плунжерными парами 25 в ТНВД 26, тягу рейки 27 с подвижной кинематической связью 28 с главным рычагом 29 ТНВД, регулятор 30 ТНВД, пружину 31, двуплечий рычаг 32 управления ТНВД, тягу 33 рычага управления, педаль акселератора 34, ДППА 35 с тремя выводами, электромагнитный дозатор 36 газа с газовой заслонкой, электромагнитный клапан 37 подачи газа, сервопривод 38 регулятора воздуха (РВ) с

воздушной заслонкой, датчик 39 положения заслонки РВ; выходные выводы ЭБУ-2 17 с первого по шестой, соответственно, 40-45.

ЭБУ-2 17 содержит: логический инвертор 46, смеситель 47, пять подстроечных потенциометров 48-50, 52 и 56, соответственно, первый 51 и второй 54 компараторы, логический элемент 53 2-И, ГПН 55, силовой электронный ключ 57, и стабилизатор 58 бортового напряжения. Первый 40, второй 41, третий 42 и четвертый 43 выводы ЭБУ-2 17 соединены, соответственно, с выводами 4, 5, 10 и 15 в ЭБУ-1. Первый вывод 40 ЭБУ-2 17 соединен через последовательные силовой ключ 57 и пятый вывод 44 с входом управления ДВ 38, и, через вход стабилизатора 58 напряжения, - с общей точкой схемы ЭБУ-2. Четвертый вывод 43 ЭБУ-2 17 подключен через инвертор 46 к второму входу управления смесителя 47. Первый 1, третий 3 и четвертый 4 входы смесителя 47 соединены, соответственно, с движками первого 48, второго 49 и третьего 50 потенциометров, вторые выводы которых соединены с общей точкой схемы. Первый вывод первого потенциометра 48 соединен с третьим выводом 42 ЭБУ-2, а первые выводы второго 49, третьего 50 и четвертого 56 - с выходом стабилизатора 58 напряжения. Выход 5 смесителя 47 подключен к неинвертирующему входу первого компаратора 51, его инвертирующий вход - к движку пятого потенциометра 52, первый вывод которого соединен через шестой вывод 45 в ЭБУ-2 17 с выходом датчика 39 положения ДВ, а выход первого компаратора соединен с первым входом элемента 53 2И, выход которого подключен к входу управления силового ключа 57. Второй вход элемента 2И соединен с выходом второго компаратора 54, неинвертирующий и инвертирующий входы которого подключены, соответственно, к выходу ГПН 55 и движку четвертого потенциометра 56. Первый 1 и третий 3 входы смесителя 47 связаны через последовательные первый 59 и второй 60 резисторы, точка соединения которых подключена к его выходу 5 через первый диод 61. Второй вход 2 смесителя 47 связан с его четвертым входом 4 через последовательные третий резистор 62, вто-

рой 63 и третий 64 диоды, а точка соединения диодов также подключена к выходу 5 смесителя 47.

В процессе работы системы в режиме газодизеля МУЗД и РГ работают по алгоритму и схеме, полностью соответствующим системе-прототипу. Единственным отличием являются более низкий уровень настройки величины «запальной дозы» и более высокий - расхода газа, задаваемые посредством соответствующих потенциометров.

Управление ДВ осуществляется в функции сигнала от ДППА линейно и с учетом необходимого согласования конкретного исполнения ДВ и различных диапазонов изменения сигнала ДППА при полном ходе педали акселератора. Управляющий сигнал формируется с помощью смесителя 47, принципиальная схема которого приведена на Рис. 2. После переключения в режим газодизеля и соблюдения всех необходимых условий перехода ЭБУ 16 включает электромагнитный клапан 37 подачи газа. Одновременно с этим напряжение питания клапана 37 с вывода 15 ЭБУ 16 поступает через вывод 43 ЭБУ 17 на вход 2 смесителя 47 после инвертирования в инверторе 46. Сигнал «0» на выходе инвертора 46 блокирует диод 63, и резистор 62 в работе смесителя 47 не участвует. Напряжение управления с выхода ДППА 30 одновременно поступает в ЭБУ 16 через его вывод 10 для дозирования расхода газа, и в ЭБУ 17, через вывод 42, на первый вывод подстрочного потенциометра 48. Сигнал задания положения заслонки ДВ формируется путем суммирования напряжений, снимаемых с движков потенциометров 48 и 49. С помощью потенциометра 48 задают положение допустимого уровня максимального открытия заслонки ДВ с учетом ее типа, мощности ДВС и уровня сигнала на выходе ДППА 35. С помощью потенциометра 49 задают положение минимального открытия заслонки ДВ при работе газодизеля на холостом ходу. Сигналы управления через развязывающий диод 61 и выход 5 смесителя 47 поступают на неинвертирующий вход компаратора 51. В режиме Дизеля, когда клапан 37 отключен, сигнал высокого уровня, поступающий с выхода инвертора 46 через резистор 62 и диод 63, блокирует

диод 61 и поступает на выход 5 смесителя 47. В этом режиме доступ воздуха не ограничивается и заслонка ДВ полностью открыта. Для облегчения адаптации ДВ к конкретному типу ДВС и АТС этот сигнал блокирования выбирается несколько избыточным, а переход заслонки за точку максимального открытия предотвращается с помощью потенциометра 50. Правильная работа смесителя 47 обеспечивается при выборе величин сопротивлений резисторов 59, 60 и 62 на порядок больше, чем сопротивлений потенциометров 48, 49, 50.

Компаратор 51 сравнивает сигнал задания положения заслонки ДВ с сигналом обратной связи от датчика 39 положения заслонки ДВ и формирует на своем выходе импульсы напряжения для управления силовым ключом 57, подающим модулированное напряжение бортовой сети на сервопривод 38 ДВ. Эти импульсы передаются через логический элемент 53 2И. Пульсирующее напряжение управления помогает сервоприводу 38 преодолеть сопротивление возвратной пружины и принуждает заслонку ДВ совершать небольшие колебания относительно положения заданной точки со сравнительно низкой частотой. Таким образом, реализуется принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ) бортового напряжения в следящей системе позиционирования релейного типа с отрицательной обратной связью (ООС) по положению заслонки ДВ.

Второй компаратор 54 и ГПН 55 используются для адаптации к данному бортовому напряжению и типу конкретного ДВ. Компаратор 54 формирует на втором входе элемента 53 сигналы второй ШИМ, сравнивая на своих входах пилообразное напряжение от ГПН 55 и напряжение задания, снимаемое с движка потенциометра 56. Эта вторая ШИМ осуществляется принудительно с постоянной скважностью и постоянной повышенной частотой с целью понижения среднего напряжения импульсов первой низкочастотной ШИМ. Посредством элемента 53 импульсы первой ШИМ оказываются модулированными импульсами второй ШИМ. Такая двойная модуляция обеспечивает надежную работу любых ДВ с возвратной пружиной в диапазоне бортовых напряжений от 6 В до 24 В, и отвечает критериям получения минимального тока управления

сервоприводом, минимального размаха колебаний относительно заданной точки и минимального гистерезиса при позиционировании из-за сухого трения.

Следует отметить, что в предложенном устройстве МУЗД также может быть выполнен по схеме прямого управления с использованием шаговых двигателей, линейных или роторных, и современных актуаторов, поворотных или линейных, с понижающими передачами любого типа, а также реализован на штатных насос-форсунках или путем дополнительного управления штатной системой Common Rail.

Система подачи газа может быть выполнена как центральной, так и распределенной, асинхронной или синхронной фазированной с любыми электроуправляемыми исполнительными дозирующими устройствами с подпружиненной заслонкой; ДВ также может быть выполнен с помощью любого регулятора расхода газообразных сред с подпружиненной заслонкой, датчиком положения исполнительного органа и приводом, например, в виде серводвигателя, электромагнита или другого актуатора, например, в виде механизма дроссельной заслонки или электронно-управляемого воздушного патрубка.

Реализация предлагаемого изобретения позволяет получить технический результат, заключающийся в следующем:

- регулирование расхода воздуха на входе во впускной коллектор дизеля во всем диапазоне нагрузочных характеристик адекватно принципу количественного регулирования топливной смеси и значительное увеличение объема замещенного ДТ на газообразное;

- существенное повышение экономической эффективности газодизельного цикла в связи с радикальным уменьшением потребления ДТ, разнице в цене и эксплуатационных преимуществах газового топлива;

- экологический эффект от сжигания меньшего объема ДТ и эффективного использования АТС с дизельными двигателями, работающими по городскому циклу в режиме газодизеля (в составе городских автобусов, коммунальной техники и других АТС);

- в экономическом и экологическом отношении конвертированный дизельный ДВС практически не уступает газовому ДВС, но он имеет существенное преимущество в отношении двухтопливности на фоне недостаточно развитой инфраструктуры газовых заправок.

При изучении патентной и технической литературы авторы не нашли источника, содержащего признаки, отличающие заявляемое решение. Это позволяет считать его соответствующим критерию «новизна». Несмотря на актуальность проблемы, аналогичное решение с указанным результатом не было предложено ранее, и оно не является очевидным для специалиста, что позволяет считать его соответствующим критерию «изобретательский уровень».

Описанное устройство в качестве примера реализации способа является технически завершенным, выполненным на известной элементной базе и может быть изготовлено промышленным способом.

1. Способ регулирования режимов работы двухтопливного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), конвертированного из дизельного ДВС с полным сохранением способности дозирования дизельного топлива (ДТ) в качестве основного при работе по классическому циклу Дизеля, когда в цилиндры ДВС, предварительно наполненные воздухом на тактах впуска, в конце следующих тактов сжатия впрыскивают основное ДТ, а во время работы по циклу газодизеля с внутренним смесеобразованием в отношении ДТ и внешним - в отношении газа, сначала подают в цилиндры ДВС на тактах впуска готовую газоздушную смесь, в которой используют газообразное топливо как основное, а затем, в конце тактов сжатия, впрыскивают ДТ как источник воспламенения газозвоздушной смеси или запальную дозу, расход которого принудительно сокращают до необходимого и достаточного, причем, управляя системой питания ДВС, адекватно корректируют количественный баланс между двумя топливными составляющими соответственно режимам работы ДВС, а именно: холодный пуск ДВС производят посредством штатной системы питания; на всех остальных режимах работы двигателя величину запальной дозы ДТ дозируют на

минимальном допустимом уровне; отличающийся тем, что при работе по газодизельному циклу на стадии внешнего смесеобразования, для достижения оптимальной по составу газозвушной смеси, дополнительно регулируют величину расхода всасываемого в воздушный коллектор воздуха на всех режимах работы ДВС, а запальную дозу уменьшают до уровня, обеспечивающего надежное воспламенение газозвушной смеси; при этом в штатном режиме дизеля расход всасываемого воздуха не ограничивают; в режиме холостого хода объем всасываемого воздуха поддерживают на уровне, обеспечивающем во время такта сжатия необходимую температуру надежного воспламенения ДТ; а в нагрузочном режиме расходы воздуха и газа, поддерживая их в оптимальном соотношении, регулируют прямо пропорционально величине нагрузки на ДВС, и при этом запальную дозу поддерживают на минимальном допустимом уровне.

2. Система регулирования режимов работы двухтопливного ДВС, конвертированного из дизельного ДВС с минимальным вмешательством в его конструкцию, содержащая: первый электронный блок управления (ЭБУ-1), переключатель режимов работы «Дизель - Газодизель» (Д - ГД), датчик частоты вращения (ДЧВ) коленчатого вала (КВ) ДВС, сигнальную лампу, механизм управления запальной дозой (МУЗД) в виде серводвигателя с редуктором и резистивным датчиком положения выходного вала редуктора, топливный насос высокого давления (ТНВД), двуплечий рычаг управления которого кинематически связан одним плечом через тягу с педалью акселератора, датчик положения педали акселератора (ДППА) которой установлен на оси двуплечего рычага, и другим плечом, через пружину, - с главным рычагом, также взаимодействующим через подвижную муфту с центробежным механизмом регулятора ТНВД, а через подвижную кинематическую связь - с тягой топливной рейки ТНВД, движение которой в сторону увеличения подачи ДТ при работе по газодизельной характеристике ограничивается на уровне, соответствующем минимальной запальной дозе ДТ, с помощью поворотного рычага на валу редуктора серво-

двигателя; электромагнитный клапан подачи газа; электроуправляемый ДГ; причем первый, второй и третий выводы ЭБУ-1 соединены, соответственно, с переключателем режимов Г-Д, через контакты которого бортовое напряжение питания подается в ЭБУ, с сигнальной лампой и с выходом ДЧВ, в качестве которого используется бортовой генератор переменного тока; четвертый вывод ЭБУ-1 подключен непосредственно к положительному выводу источника бортового напряжения питания, пятый вывод - к отрицательному выводу бортового источника питания, шестой вывод соединен с выходом датчика положения вала редуктора серводвигателя; выводы седьмой и восьмой подключены к выводам якоря серводвигателя; выводы девятый, десятый и одиннадцатый соединены, соответственно, с первым, вторым и третьим выводами ДППА; выводы двенадцатый, тринадцатый и четырнадцатый соединены, соответственно, с первым, вторым и третьим выводами ДГ, а пятнадцатый вывод ЭБУ подключен к выводу питания электромагнитного клапана подачи газа; отличающаяся тем, что в нее введены дополнительно: второй ЭБУ-2 и электроуправляемый дозатор воздуха (ДВ) с сервоприводом, заслонкой и с датчиком положения заслонки, который установлен на входе в воздушный коллектор ДВС; а ЭБУ-2 содержит шесть выводов для сопряжения с системой, логический инвертор, смеситель, пять подстроечных потенциометров, первый и второй компараторы, логический элемент 2-И, силовой электронный ключ, генератор пилообразного напряжения (ГПН) и стабилизатор бортового напряжения; причем первый, второй, третий и четвертый выводы ЭБУ-2 соединены соответственно с четвертым, пятым, десятым и пятнадцатым выводами ЭБУ-1, первый вывод ЭБУ-2 соединен через последовательные силовой ключ и пятый вывод с входом управления ДВ и через вход стабилизатора напряжения - с общей точкой схемы ЭБУ-2, четвертый вывод ЭБУ-2 подключен через инвертор ко второму входу управления смесителя; первый, третий и четвертый входы смесителя соединены, соответственно, с движками первого, второго и третьего потенциометров, вторые выводы которых соединены с общей точкой схемы; первый вывод пер-

вого потенциометра соединен с третьим выводом ЭБУ-2, а первые выводы второго, третьего и четвертого - с выходом стабилизатора напряжения; выход смесителя подключен к неинвертирующему входу первого компаратора, его инвертирующий вход - к движку пятого потенциометра, первый вывод которого соединен через шестой вывод ЭБУ-2 с выходом датчика положения ДВ, а выход первого компаратора соединен с первым входом элемента 2-И, выход которого подключен к входу управления силового ключа; второй вход элемента 2И соединен с выходом второго компаратора, неинвертирующий и инвертирующий входы которого подключены, соответственно, к движку четвертого потенциометра и выходу ГПН; первый и третий входы смесителя связаны через последовательные первый и второй резисторы, точка соединения которых подключена к его выходу через первый диод; второй вход смесителя связан с его четвертым входом через последовательные третий резистор, второй и третий диоды, а точка соединения диодов также подключена к выходу смесителя.

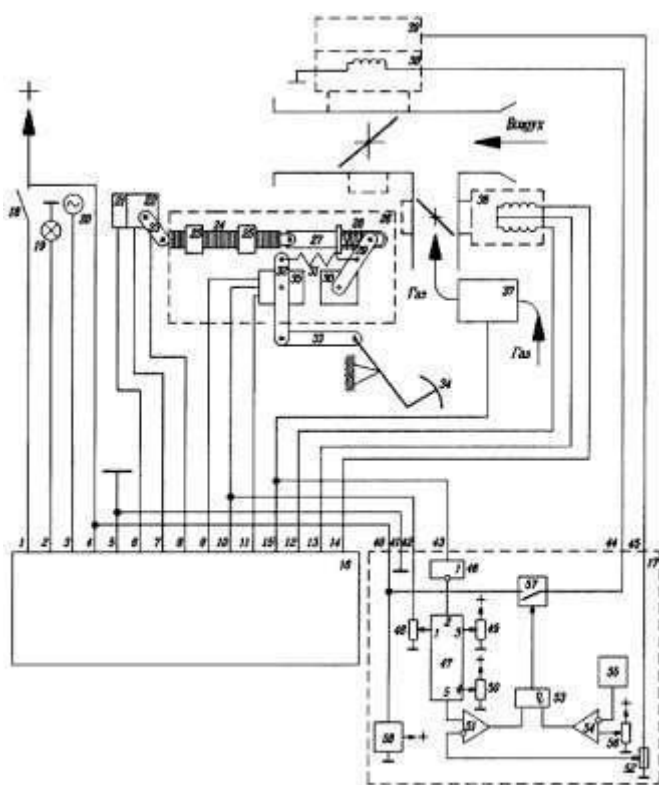


Рис. 1

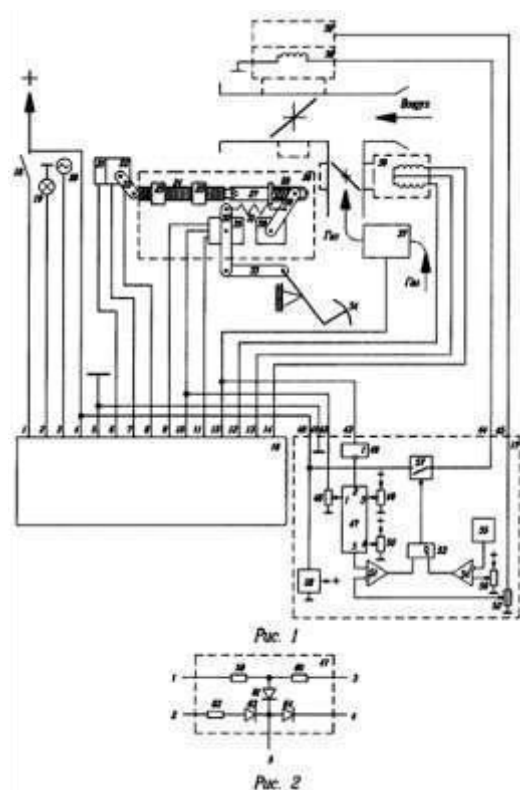


Рис. 1

Рис. 2

Рисунок 3.4 – схема к патенту №2689658

Описание к патенту № 2645847, [16].

Известен способ воспламенения рабочей смеси дизельного двигателя внутреннего сгорания, заключающийся во впрыскивании топлива в нагретый при сжатии воздух в цилиндре. Воспламенение рабочей смеси происходит за счет высокой температуры воздуха в цилиндре (Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2002. - С. 13).

Недостатком описанного способа является невозможность применения его при использовании трудновоспламеняемых топлив, например газа.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является способ воспламенения рабочей смеси в цилиндрах газодизельного двигателя внутреннего сгорания, заключающийся в подаче в цилиндр газовой системой подачи рабочей смеси с нагретой за счет сжатия основной рабочей смесью воздуха и газа дополнительной порции жидкого топлива, например дизельного, которая воспламеняет при сгорании основную рабочую смесь, посредством системы подачи жидкого топлива (Политехнический словарь / Гл. ред. акад. И.И. Артоболевский. – М.: Советская Энциклопедия, 1976. - С. 99).

Однако введение подачи дополнительной порции жидкого топлива посредством дополнительной к газовой системе подачи рабочей смеси дополнительной системы подачи жидкого топлива и использование при этом двух видов топлива, например газа и дизельного топлива, приводит к таким недостаткам, как пониженный термический коэффициент полезного действия, повышенные содержание вредных примесей в отработавших газах и эксплуатационные расходы на топливо газодизельного двигателя внутреннего сгорания, реализующего вышеописанный способ.

В основу изобретения поставлена задача повышения термического коэффициента полезного действия, снижения содержания вредных примесей в отра-

ботавших газах, а также повышение экономичности газодизельного двигателя внутреннего сгорания, реализующего предлагаемый способ.

Для решения поставленной задачи в способе воспламенения рабочей смеси в цилиндрах газодизельного двигателя внутреннего сгорания, включающем подачу в цилиндр с нагретой за счет сжатия основной рабочей смеси воздуха и газа дополнительной порцией жидкого топлива, воспламеняющей основную рабочую смесь, согласно изобретению в качестве дополнительной порции жидкого топлива используют ионизируемую жидкость, например воду, подвергаемую воздействию электрогидравлического разряда.

Повышение термического коэффициента полезного действия, снижение содержания вредных примесей в отработавших газах, а также повышение экономичности газодизельного двигателя внутреннего сгорания, реализующего предлагаемый способ, обусловлены наличием водорода, сгорающего в цилиндре двигателя внутреннего сгорания и улучшающего процесс сгорания, при использовании ионизируемой жидкости, стоимость которой меньше стоимости углеводородного топлива.

Способ воспламенения рабочей смеси в цилиндрах газодизельного двигателя внутреннего сгорания осуществляется следующим образом.

В цилиндр с нагретой за счет сжатия основной рабочей смесью воздуха и газа подают дополнительную порцию жидкого топлива, воспламеняющую основную рабочую смесь. В качестве дополнительной порции жидкого топлива используют ионизируемую жидкость, например воду, подвергаемую воздействию электрогидравлического разряда. При этом ионизируемая жидкость, например вода, под действием электрогидравлического разряда разлагается на две составляющие: водород и кислород, которые воспламеняются, образуя фронт пламени, воспламеняющий основную рабочую смесь.

Токопроводящий резервуар выполнен закрытым и снабжен по периферии одним или несколькими сквозными отверстиями, направленными в сторону ка-

меры сжатия цилиндра (патент RU 161984, МПК F02B 3/02 (2006.01), F01T 13/54 (2006.01), F02M 57/06 (2006.01), F02N 19/00 (2010.01)).

Наличие водорода, сгорающего в цилиндре двигателя внутреннего сгорания, улучшает процесс сгорания, повышает топливную экономичность, снижает содержание вредных примесей в отработавших газах (патенты США 4108114, МПК F02M 21/02, F02M 33/00, F02B 43/08, C01B 3/36, F02B 1/04, F02B 3/06, 6988492, МПК F02D 19/06, F02M 21/02).

Таким образом, применение предложенного способа воспламенения рабочей смеси в цилиндрах газодизельного двигателя внутреннего сгорания позволяет повысить значение термического коэффициента полезного действия за счет наличия водорода, сгорающего в цилиндре двигателя внутреннего сгорания и улучшающего процесс сгорания, и снижает содержание вредных примесей в отработавших газах. Кроме того, создается экономический эффект вследствие меньшей стоимости воды по сравнению со стоимостью жидкого углеводородного топлива.

Способ воспламенения рабочей смеси в цилиндрах газодизельного двигателя внутреннего сгорания, включающий подачу в цилиндр с нагретой за счет сжатия основной рабочей смеси воздуха и газа дополнительной порции жидкого топлива, воспламеняющей основную рабочую смесь, отличающийся тем, что в качестве дополнительной порции жидкого топлива используют воду, подвергаемую воздействию электрогидравлического разряда.

3.3. Подбор технологического оборудования для системы питания на газодизельном топливе и расчет конструкции

В качестве основного комплекта газового оборудования для проектируемого трактора предлагается использовать оборудование Саратовской фирмы “Дизель автоматика”.

С учетом особенности изменения конструкции системы питания трактора часть оборудования будет заменена на другое.

3.3.1. Определение расхода газа за смену.

При расчете расхода газа трактором за смену учитываем, что продолжительность ее составляет 8 часов, [12], а запальная доза дизельного топлива составляет примерно 30 %, [3].

Тогда расход газа за смену определяется из выражения:

$$V_{ГСМ} = K_3(1 - K_{3Д}) * \frac{Q_{ДТ}}{Q_Г} G_Т * t_{см}, \quad (3.1)$$

где $V_{ГСМ}$ – расход газа за смену, $м^3$;

$K_{3Д}$ – коэффициент запальной дозы дизельного топлива, $K_{3Д} = 0,3$, [9];

K_3 – коэффициент, учитывающий загрузку двигателя с учетом вида работ, $K_3 = 0,68$, [8];

$Q_{ДТ}$ – теплота сгорания дизельного топлива, $Q_{ДТ} = 42500$ кДж/кг, [9];

$Q_Г$ – теплота сгорания природного газа, $Q_Г = 33775$ кДж/кг, [9];

$t_{см}$ – длительность работы трактора в смену, $t_{см} = 8$ часов;

$G_Т$ – часовой расход дизельного топлива, $G_Т = 21,7$ кг/час, [9];

$$V_{ГСМ} = 0,68 * (1 - 0,3) * 42500 / 33775 * 21,7 * 8 = 103,98 \text{ м}^3.$$

Для уменьшения массы дополнительного оборудования при переводе трактора на газодизельное топливо предлагается применить облегченные из легированной стали армированные стеклопластиком, которые представлены на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Внешний вид облегченных балонов из легированной стали

армированные стеклопластиком.

Необходимое количество баллонов для газа определяется по формуле:

$$N_B = \frac{V_{ГСМ}}{V_B}, \quad (3.2)$$

где N_B – количество газовых баллонов в системе питания трактора, шт;

V_B – объем газа в одном баллоне, $V_B = 35,9 \text{ м}^3$, [14];

$$N_B = 103,98/35,9 = 2,896 \text{ шт.}$$

Принимаем количество газовых баллонов в системе питания трактора равным 3 шт., [9, 14].

Ниже на рисунках представлено другое оборудование.



Рисунок 3.6 – Блок расходно-запорных вентилей с датчиком давления в баллонах.

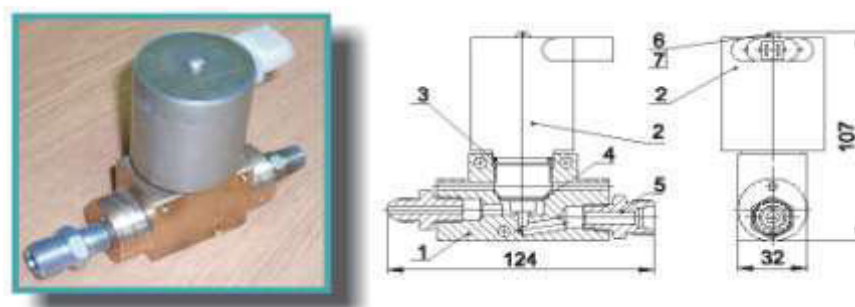


Рисунок 3.7 – Магистральный клапан.

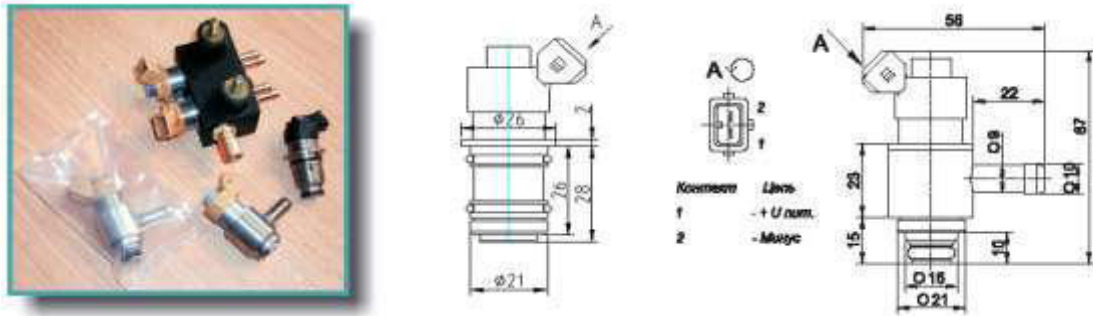


Рисунок 3.8 – Дозатор газа ИВУА.40721224.

3.3.2 Расчет конструкции.

Наиболее нагруженным элементом конструкции является стойка. Она испытывает сложное сопротивление косому изгибу от силы тяжести груза.

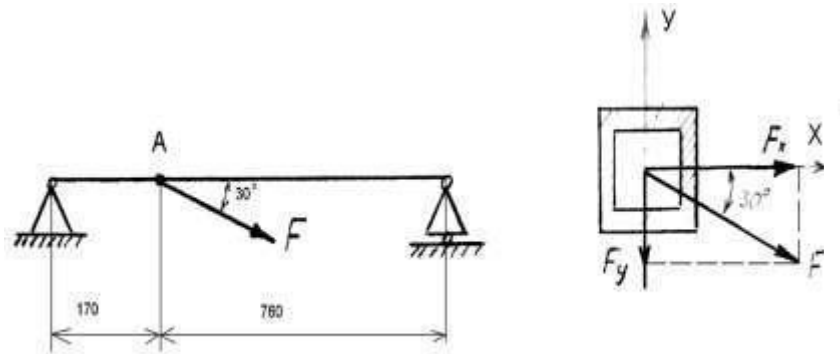


Рисунок 3.9 - Схема нагружения балки.

Определим реакции опор и построим эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рисунок 3.10).

В горизонтальной плоскости:

$$\begin{cases} \Sigma M_A = 0 \quad F_x \cdot 0,17 - R_B \cdot (0,17 + 0,76) = 0; \\ \Sigma Y_i = 0 \quad R_A - F_x + R_B = 0. \end{cases} \quad (3.3)$$

где F_x – сила, действующая в горизонтальной плоскости, кН;

R_A и R_B – реакции в опорах А и В, кН.

Выразив из уравнения R_A и R_B , получим:

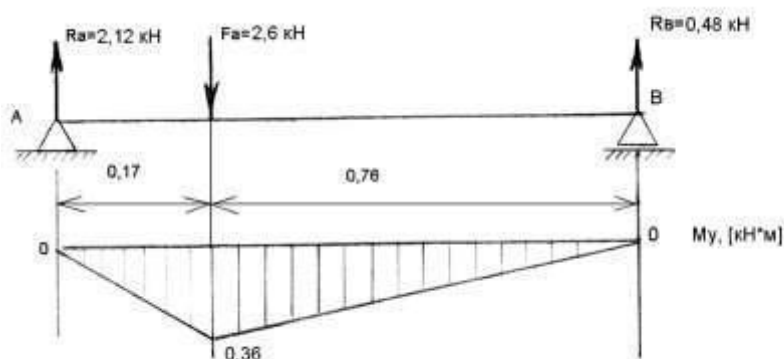
$$\begin{cases} R_B = \frac{F_x \cdot 0,17}{0,17 + 0,76} = \frac{F \cdot \cos 30 \cdot 0,17}{0,17 + 0,76}; \end{cases} \quad (3.4)$$

$$R_A = -R_B + F_x = -R_B + F \cdot \cos 30.$$

Подставим значения в формулу (3.4).

$$\left\{ \begin{array}{l} R_B = \frac{3 \cdot \cos 30 \cdot 0,17}{0,17 + 0,76} = 0,48 \text{ кН;} \\ R_A = -0,48 + 3 \cdot \cos 30 = 2,12 \text{ кН.} \end{array} \right.$$

Горизонтальная плоскость



Вертикальная плоскость

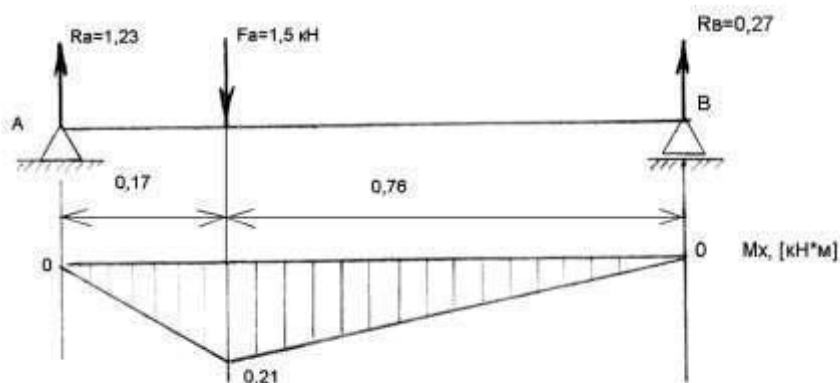


Рисунок 3.120 - Эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Момент в точке приложения силы будет равен:

$$M_y = R_A \cdot 0,17 = R_B \cdot 0,76 \quad (3.5)$$

$$M_y = 2,12 \cdot 0,17 = 0,36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

В вертикальной плоскости:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma M_A = 0 \quad F_y \cdot 0,17 - R_B \cdot (0,93) = 0 \\ \Sigma X_i = 0 \quad R_A - F_y + R_B = 0 \end{array} \right. \quad (3.6)$$

где F_y – сила, действующая в вертикальной плоскости, кН

Выразив из уравнения R_A и R_B , получим:

$$\begin{cases} R_B = \frac{F_y \cdot 0,17}{0,93} = \frac{F \cdot \sin 30 \cdot 0,17}{0,93}; \\ R_A = -R_B + F_y = -R_B + F \cdot \sin 30. \end{cases} \quad (3.7)$$

Подставим значения в формулу (5.17).

$$\begin{cases} R_B = \frac{3 \cdot \sin 30 \cdot 0,17}{0,93} = 0,27 \text{ кН}; \\ R_A = -0,27 + 3 \cdot \sin 30 = 1,23 \text{ кН}. \end{cases}$$

Момент в точке приложения силы будет равен:

$$M_x = R_A \cdot 0,17 = R_B \cdot 0,76 \quad (3.8)$$

$$M_x = 1,23 \cdot 0,17 = 0,21 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Опасным сечением будет сечение в плоскости приложения силы F . Его размер определим из условия прочности:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_{\text{adm}}, \quad (3.9)$$

где $\sigma_{\max}$ – максимальное напряжение в сечении, МПа;

W_x, W_y – осевые моменты сопротивлений, м^3 ;

σ_{adm} – допускаемое напряжение для материала, МПа.

Принимаем материал Труба квадратного сечения из стали марки Ст3 ГОСТ 380-71, для которого $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа, а $W_x = W_y$.

Выразив из формулы (3.9) W_x , получим:

$$W_x = \frac{M_x + M_y}{\sigma_{\text{adm}}} \quad (3.10)$$

$$W_x = \frac{(0,21 + 0,36) \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

По расчетному осевому моменту сопротивлений W_x выбираем трубу квадратного сечения с высотой, равной 40 мм и толщиной стенки $S = 3,5$ мм (по ГОСТ 8639-82), с осевым моментом $W_x = 5,73 \text{ см}^3 = 5,73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

3.3.3. Расчет сварного соединения.

Рассчитаем тавровое соединение трубы нагруженного изгибающим моментом $M_{из} = 1,7 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ Материал трубы сталь Ст3, сварка ручная электродом Э42, размер трубы 400 мм, толщина стенок $\delta = 3,5 \text{ мм}$.

Напряжения от изгибающего момента находятся по формуле:

$$\tau_m = 4M / (0,7 \cdot k \cdot \pi \cdot d^2), \quad (3.11)$$

где M - изгибающий момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$$\tau_m = 4 \cdot 1,7 \cdot 10^6 / (0,7 \cdot k \cdot 3,14 \cdot 40^2) = 2,7 \cdot 10^2 / k$$

отсюда находим катет сварного шва $k = 2,6 \text{ мм}$.

Принимаем катет шва равным 3 мм.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В качестве изготавливаемой детали берем гайку клапана

Выбор материала заготовки и его размеры

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 прокат Ст45 ГОСТ 1050-74. Диаметр 65 мм, длина 90 мм.

Выбор оборудования и режущего инструмента

Для токарной операции выбираем универсальный токарно-винторезный станок

1К-62 стр11 прилож.1

Техническая характеристика токарно-винторезного станка 1К-62.

Высота центров	200 мм
Максимальный диаметр обработанной заготовки	400мм
Расстояние между центрами(макс)	1400 мм
Число оборотов шпинделя	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

Составление маршрута обработки

Таблица 4.1- Маршрут обработки детали

№ опер.	Содержание операции	Оборудование	Приспособление
005	Заготовительная Изучить чертеж детали. Выбрать прокат Ст45 ГОСТ 1050-74 с диаметром 65 мм и длиной 90 мм.		ШЦ-125-01 ГОСТ 166-89
010	Токарная Подрезать и зацентровать два торца. Точить поверхности: Ø60 на длине 45, снять фаску 3 мм на 30 градусов, Ø56 на длине 25, Ø52 на длине 4, снять фаску 2 на 45 градусов Нарезать резьбу М56х2 на длине 21 Сверлить отверстие Ø30 на длине 45 Точить поверхность Ø40 на длине 5, снять фаску 5 на 45 градусов	Токарно-винторезный станок 1К62	Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80 Центр А-1-2-Н ГОСТ 8742-75 Центр ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0041 ГОСТ 2578-70
015	Фрезерная Фрезеровать поверхности: под ключ 52	Горизонтально-фрезерный станок 6Н82Г	Тиски 7200-0209 ГОСТ 14904-80 Стол 7204-0005 ГОСТ 16936-71
020	Контрольная Проконтролировать все размеры.		Калибр-скоба ШЦ-125-01 ГОСТ 166-89

Таблица 4.2- Операционная карта обработки детали

№ п/п	Содержание перехода	Режущий и измерительный инструмент	Технологический эскиз
1	2	3	4
1.	005 Заготовительная Изучить чертеж детали. Выбрать прокат Ст45 ГОСТ 1050-74 с диаметром 65 мм и длиной 90 мм. 010		
2.	Токарная Установить заготовку на центра		
3.	Подрезать торец	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	
4.	Точить поверх. 1 выдерживая размер 2.	Штангенциркуль ШЦ-125-01	
5.	Снять фаску 3	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	
6.	Отрезать заготовку, выдерживая размер 4	Резец 2102-0503 T15K6 ГОСТ 18879-73	
7.	Повернуть заготовку и закрепить в патроне		
8.	Точить поверх.5 выдерживая размер 6.	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	

9.	Точить поверх. 7 выдерживая размер 8.	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	
10	Снять фаску 9	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	
11	Нарезать резьбу на поверх. 10 выдер- живая размер 11	Резец 2662-0503 T15K6 ГОСТ 18876-73	
12	Установить сверло на задней бабке	Сверло 2300-6994 ГОСТ 886-77	
13	Сверлить отверстие 12 на длину 13	Сверло 2300-6994 ГОСТ 886-77	
14	Точить поверх. 14 выдерживая размер 15	Резец 2103-0565 T15K6 ГОСТ 18879-73	
15	Снять фаску 16	Резец 2102-0503 T15K6 ГОСТ 18879-73	
16	Снять заготовку со станка 015		
17	Фрезерная Установить заго- товку на стол и тиски.	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ- 125-01	
18	Фрезеровать по- верх. 17	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ- 125-01	

19	Повернуть заготовку на 60 градусов и фрезеровать пов. 18	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ-125-01	
20	Повернуть заготовку на 60 градусов и фрезеровать пов. 19	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ-125-01	
21	Повернуть заготовку на 60 градусов и фрезеровать пов. 20	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ-125-01	
22	Повернуть заготовку на 60 градусов и фрезеровать пов. 21	Фреза 2200-0137 ГОСТ 3752-71 Штангенциркуль ШЦ-125-01	
23	Повернуть заготовку на 60 градусов и фрезеровать пов. 22	Калибр-скоба Штангенциркуль ШЦ-125-01	
24	Снять деталь со станка 020		
25	Контрольная Проконтролировать все размеры		

4.1 Технологические расчеты

010. Токарная

Переход 4. Точить поверхность 1, выдерживая размер 2.

Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (4.1)$$

где D_1 и D_2 - диаметры поверхности соответственно, обрабатываемой (в начале обработки) и конечной согласно чертежу или эскизу;

$$h = \frac{65 - 60}{2} = 2,5 \text{ мм.}$$

4. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=3$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{2,5}{3} = 1 \text{ мм.}$$

5. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для черновой обработки Ст45 ГОСТ 1050-74 рекомендуется 0,4...0,6 и выбираем $s=0,4$ мм/об.

Но корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,43$ мм/об.

6. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=60$ мин.

7. Определяем скорость резания v

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y}, \quad (4.2)$$

где C_v – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки;

m – показатель относительной стойкости;

T – стойкость резца;

x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент, который представляет собой произведение отдельных поправочных коэффициентов;

Ст45 $\sigma_s = 590$, 1К62 без охлаждения $C_v = 330$; $x=0,2$; $y=0,15$; $m=0,34, [1,8]$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}, \quad (4.3)$$

где K_v - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_m - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_t - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

K_ϕ - коэффициент, учитывающий влияние угла резца в плане ϕ .

$$K_{mv} = 1.0 \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,271$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_{\phi v} = 0,7.$$

$$K_v = 1,271 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,711$$

$$V_p = \frac{330 \cdot 0,711}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,43^{0,34}} = 120 \text{ м/мин.}$$

8. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 65} = 588 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n=588 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1K62 $n=630 \text{ мин}^{-1}$.

9. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 65 \cdot 630}{1000} = 128 \text{ м/мин.}$$

10. Определяем силу резания P_z .

Сила резания определяется по формуле (Приложение 2):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (4.4)$$

где C – коэффициент, характеризующий металл и условия его обработки;

x, y – показатели степеней при глубине резания и подаче;

n – показатель степени при скорости резания;

K_p – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки;

$$K_p = K_{mv} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{z p}; \quad (4.5)$$

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,835$$

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{z p} = 1$$

$$K_p = 0,835 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,743$$

$$C_p = 253; x=0,2; y=0,75; n=-0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 253 \cdot 2,5^1 \cdot 0,43^{0,75} \cdot 128^{-0,15} \cdot 0,743 = 1204 \text{ Н.}$$

11. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{1204 \cdot 128}{60000} = 2,5 \text{ кВт.}$$

Мощность на шпинделе стана принимается с учётом КПД механических передач станка от электродвигателя до шпинделя, значение которого дано в паспортных данных станка.

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт.} \quad (4.6)$$

Для осуществления обработки мощность на шпинделе должна превышать резания

$$N_{шп} \geq N_p;$$

$7,5 > 2,5$. условие соблюдено

12. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(l + y + \Delta)}{n \cdot s}; \quad (4.7)$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

i – число проходов резца;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

Δ – перебег резца, мм ($\Delta=1 \dots 3$);

y – величина врезания резца, мм.

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (4.8)$$

где φ – главный угол в плане резца;

$$y = 2,5 \cdot \operatorname{ctg} 90^\circ = 0, [1,8]:$$

$$T_o = \frac{46 \cdot 1}{630 \cdot 0,43} = 0,169 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T=0,169$ мин.

13. Переход 5. Снять фаску 3

Определяем припуск h .

$$h = \frac{60 - 52}{2} = 4 \text{ мм.}$$

15. Находим глубину резания t и число проходов i .

$$t=4 \text{ мм;}$$

$$i = \frac{h}{t} = \frac{4}{4} = 1 \text{ мм.}$$

16. Выбираем подачу s .

Из таблицы 2, Приложения 2 для черновой обработки Ст45 ГОСТ 1050-74 рекомендуется $0,4 \dots 0,6$ и выбираем $s=0,5$ мм/об, [1,8]: .

Но корректируя по паспорту станка (Приложение 1) устанавливаем $s=0,52$, [1,8]:

мм/ об.

17. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

Из Приложения 2, стр. 32, выбираем $T=60$ мин.

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,271$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_{\phi v} = 0,7.$$

$$K_v = 1,271 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,711.$$

$$V_p = \frac{330 \cdot 0,711}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,52^{0,34}} = 105 \text{ м/мин.}$$

19. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 60} = 557 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n=557 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n=630 \text{ мин}^{-1}$.

20. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 630}{1000} = 118 \text{ м/мин.}$$

21. Определяем силу резания P_z .

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,835$$

$$K_{\phi p} = 0,89; K_{yp} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{zp} = 1$$

$$K_p = 0,835 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,743$$

$$C_p = 253; x=0,2; y=0,75; n=-0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 253 \cdot 4^1 \cdot 0,52^{0,75} \cdot 118^{-0,15} \cdot 0,743 = 2251 \text{ Н.}$$

22. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{2251 \cdot 118}{60000} = 4,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{шп}} \geq N_p; 7,5 > 4,4. \text{ условие соблюдено}$$

23. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{3 \cdot 1}{630 \cdot 0,52} = 0,009 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T=0,009$ мин.

Переход 8. Точить поверхность 5, выдерживая размер 6.

Определяем припуск h .

$$h = \frac{60 - 56}{2} = 2 \text{ мм.}$$

26. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=2$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм.}$$

27. Выбираем подачу s .

для черновой обработки Ст45 ГОСТ 1050-74 рекомендуется 0,2...0,4 и выбираем $s=0,35$ мм/об

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $s=0,39$ мм/ об.

28. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

, выбираем $T=60$ мин. , [1,8]:

29. Определяем скорость резания V

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,271$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_{\phi v} = 0,7.$$

$$K_v = 1,271 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,711$$

$$V_p = \frac{330 \cdot 0,711}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,39^{0,34}} = 128 \text{ м/мин.}$$

30. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 60} = 682 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n=682 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1K62 $n=800 \text{ мин}^{-1}$.

31. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 800}{1000} = 150 \text{ м/мин.}$$

32. Определяем силу резания P_z .

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,835$$

$$K_{\phi p} = 0,89; K_{yp} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{zp} = 1$$

$$K_p = 0,835 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,743$$

$$C_p = 253; x=0,2; y=0,75; n=-0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 253 \cdot 2,5^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 150^{-0,15} \cdot 0,743 = 874 \text{ Н.}$$

33. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{874 \cdot 150}{60000} = 2,1 \text{ кВт.}$$

Мощность на шпинделе стана принимается с учётом КПД механических передач станка от электродвигателя до шпинделя, значение которого дано в паспортных данных станка.

$$N_{шп} \geq N_p; 7,5 > 2,1. \text{ условие соблюдено}$$

34. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{26 \cdot 1}{800 \cdot 0,39} = 0,083 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T=0,083 \text{ мин.}$

Переход 9. Точить поверхность 7, выдерживая размер 8.

Определяем припуск h .

$$h = \frac{56 - 52}{2} = 2 \text{ мм.}$$

37. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=2$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм.}$$

38. Выбираем подачу s .

для черновой обработки Ст45 ГОСТ 1050-74 рекомендуется 0,2...0,4 и выбираем $s=0,35$ мм/об .

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $s=0,39$ мм/ об.

39. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

выбираем $T=60$ мин. ,[1,8]:

40. Определяем скорость резания V

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,271$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_{\phi v} = 0,7.$$

$$K_v = 1,271 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,711$$

$$V_p = \frac{330 \cdot 0,711}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,39^{0,34}} = 128 \text{ м/мин.}$$

41. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 56} = 727 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n=727 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n=800 \text{ мин}^{-1}$.

42. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 800}{1000} = 140 \text{ м/мин.}$$

43. Определяем силу резания P_z .

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,835$$

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{yp} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{zp} = 1$$

$$K_p = 0,835 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,743$$

$$C_p = 253; x=0,2; y=0,75; n=-0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 253 \cdot 2,5^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 140^{-0,15} \cdot 0,743 = 882 \text{ Н.}$$

44. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{882 \cdot 140}{60000} = 2 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{шп}} \geq N_p; 7,5 > 2. \text{ условие соблюдено}$$

45. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{4 \cdot 1}{800 \cdot 0,39} = 0,012 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T=0,012$ мин.

Переход 10. Снять фаску 9

Определяем припуск h .

$$h = \frac{56 - 52}{2} = 2 \text{ мм.}$$

48. Находим глубину резания t и число проходов i .

$t=2$ мм;

$$i = \frac{h}{t} = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм.}$$

49. Выбираем подачу s .

черновой обработки Ст45 ГОСТ 1050-74 рекомендуется 0,2...0,4 и выбираем $s=0,35$ мм/об .

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $s=0,39$ мм/ об.

50. Устанавливаем период стойкости режущего инструмента T .

выбираем $T=60$ мин.

51. Определяем скорость резания V

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,271$$

$$K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_{\phi v} = 0,7.$$

$$K_v = 1,271 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,711$$

$$V_p = \frac{330 \cdot 0,711}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,39^{0,34}} = 128 \text{ м/мин.}$$

52. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 56} = 727 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n=727 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1К62 $n=800 \text{ мин}^{-1}$.

53. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 800}{1000} = 140 \text{ м/мин.}$$

54. Определяем силу резания P_z .

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,835$$

$$K_{\varphi p} = 0,89; K_{yp} = 1; K_{\lambda p} = 1; K_{zp} = 1$$

$$K_p = 0,835 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,743$$

$$C_p = 253; x=0,2; y=0,75; n=-0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 253 \cdot 2,5^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 140^{-0,15} \cdot 0,743 = 882 \text{ Н.}$$

55. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{882 \cdot 140}{60000} = 2 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{шп}} \geq N_p; 7,5 > 2. \text{ условие соблюдено}$$

56. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{2 \cdot 1}{800 \cdot 0,39} = 0,006 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время $T=0,006$ мин.

5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общие требования по технике безопасности.

На создание безопасных условий труда затрачиваются большие средства, которые из года в год возрастают. На предприятиях, помимо директора и главного инженера, ответственных за выполнение задач по созданию безопасных условий труда, имеются инженеры по технике безопасности, проводящие систематическую работу по технике безопасности и производственной санитарии.

5.1 Разработка инструкций безопасности труда при работе с газобаллонным оборудованием

ИНСТРУКЦИЯ

по безопасности труда при применении газового топлива на тракторах

Свойства природных газов определяют специальные требования к эксплуатации зданий, где ведутся работы с использованием газов в качестве моторного топлива ГБА. Согласно СНиП 11-90-81, помещения, в которых применяются углеводородные топлива, должны относиться к категории А и Е (взрыво- и пожароопасным или взрывоопасным), если объем взрывоопасной смеси, которая может образоваться в помещении вследствие аварии одного из сосудов (баллона), будет превышать 5% от общего объема помещения.

Требования техники безопасности для тракториста ГБА

Перед выездом на линию произвести осмотр ГБА с целью обнаружения неисправностей и утечек газа, проверить крепление газовой аппаратуры и баллонов. При обнаружении утечек газа из баллонов при закрытом магистральном вентиле необходимо ГБА отвести в безопасное для людей место. При появлении запаха газа при движении водитель должен остановить ГБА, устранить неисправность или сообщить о происшедшем в АТП.

Требования безопасности перед началом работ.

Перед началом работ рабочий обязан одеть спецодежду;

Должен проверить исправность оборудования, приспособлений, ограждений, сигнализации, и т.п.

Требование безопасности во время работы.

Следить за показаниями приборов;

Не допускать нарушения требований по эксплуатации ГБА.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

При возникновении аварийной ситуации немедленно заглушить двигатель, закрыть расходный вентиль газа и прекратить работу;

При получении травмы оказать первую медицинскую помощь и сообщить руководству предприятия.

Требования безопасности по окончании работ.

Заглушить двигатель;

Произвести очистку и технический осмотр трактора;

Снять спецодежду, вымыть лицо и руки;

Сообщить начальнику об окончании работ и о недостатках обнаруженных во время работы.

5.2 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрики и др.). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Общие задачи охраны окружающей природной среды сложны и разнообразны, в их числе снижение загрязнения воздуха в городах, улучшение состояния водных объектов и обеспечение питьевой водой населения; обеспечение радиационной безопасности; предотвращение загрязнения окружающей среды опасными химическими веществами; защита населения от шума и электромагнитного излучения; создание курортных и других рекреационных территорий; демографические и этнические аспекты природопользования, решение проблем в зонах экологического бедствия в России в результате крупных техногенных катастроф.

Решение этих задач неразрывно связано с охраной здоровья человека, улучшением социально-бытовых условий его жизни.

Анализируя производственную деятельность видны значительные упущения и недостатки по отношению к охране окружающей среды: при строительстве производства не соблюдены нормы расстояний до окружающих построек, лесных массивов. В случае аварии может возникнуть загрязнение окружающей среды.

В Российской Федерации (РФ) для решения вопросов, связанных с шумовыми загрязнениями, созданы специальные комиссии, а координацию и планирование комплексов работ по снижению городских шумов осуществляется министерством науки, высшей школы и технической политики в России.

Система регулирования охраны окружающей среды, природной среды и рационального природопользования в РФ определяются законом РФ “об охране окружающей природной среды”, который состоит из 15 разделов.

К проектируемому предприятию относится 6 раздел: “Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и других объектов”. И в законах республике Татарстан закон звучит также, [7].

7. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ТРАКТОРА НА ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ.

7.1. Расчеты балансовой стоимости и массы проектируемой конструкции системы питания трактора на газодизельном топливе.

Балансовая стоимость конструкций определяется по формуле, [2]:

$$C_{\text{б}} = (G_{\text{к}} \cdot (C_{\text{з}} \cdot E + C_{\text{м}}) + C_{\text{пд}}) \cdot K_{\text{нач}}, \quad (7.1)$$

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

$C_{\text{з}}$ – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб, ($C_{\text{з}} = 0,02 \dots 0,15$), [2] ;

E – коэффициент изменения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска, руб;

$C_{\text{м}}$ – затраты на материалы приходящиеся на 1 кг массы машины, $C_{\text{м}} = 50$ руб/кг, ;

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

$K_{\text{нач}}$ – коэффициент учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости, $K_{\text{нач}} = 1,15 \dots 1,4$, [2].

Масса конструкции определяется по формуле, [2]:

$$G = (G_{\text{к}} + G_{\text{г}}) \cdot K, \quad (7.2)$$

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

$G_{\text{г}}$ – масса готовых деталей, узлов и агрегатов. Принимаем $G_{\text{г}} \approx 3$ кг;

K – коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов $K = 1,05 \dots 1,15$, [2] .

$$G = (10 + 5,5) \cdot 1,12 = 17,4 \text{ кг.}$$

Принимаем массу проектируемой конструкции $G = 18$ кг.

$$C_{\text{б}} = (18 \cdot (0,11 \cdot 1,2 + 70) + 150057) \cdot 1,13 = 170000 \text{ руб.}$$

Таблица 7.1 – Расчёт массы сконструированных деталей

Наименование детали и материала	Объем детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг	Колич. деталей, шт	Общая масса
Корпус	128	0,0078	1	1	1
Фланец	32	0,0078	0,25	2	0,5
Теплообменник	141	0,0078	1,1	1	1,1
Кронштейн	13	0,0078	0,1	2	0,2
Кожух фильтра	38	0,0078	0,3	1	0,3
Упор	26	0,0078	0,2	2	0,4
Ось	13	0,0078	0,1	4	0,4
Шайба	13	0,0078	0,1	16	1,6
Всего					5,5

7.1.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции

Для сравнения выбираем типовую систему питания на дизельном топливе для трактора МТЗ-1221

В таблице 7.2. представлены технико-экономические показатели проектируемой и существующей конструкций.

При расчетах показатели базового варианта обозначим индексом X_0 , а проектируемого X_1 .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводим в такой последовательности.

Часовая производительность конструкции определяется по формуле, [2]:

$$W_{\text{ч}} = 60 \frac{t}{T_{\text{ц}}} \quad (7.3)$$

где t – коэффициент использования рабочего времени смены (0,6...0,9)

$T_{\text{ц}}$ – время одного рабочего цикла, мин

$$W_{\text{ч1}} = 60 \frac{0,8}{69} = 0,7 \text{ у.э.га/ч}$$

$$W_{ч0} = 60 \frac{0,8}{69} = 0,7 \text{ у.э.га/ч}$$

Таблица 7.2–Технико-экономические показателей конструкций

Наименование	Варианты	
	Исходный	Проектируемой
Масса, кг	40	200
Балансовая, руб.	40000	170000
Потребляемая мощность, кВт	96	90
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1
Разряд работы	III	III
Средняя тарифная ставка, руб/чел·ч.	100	100
Норма амортизации, %	10	10
Норма затрат на ремонт и ТО, %	10	10
Годовая загрузка, ч	1000	1000
Срок службы, лет	10	10
Производительность у.э.га/ч	0,7	0,7

Металлоемкость конструкции определяется по формуле, [2]:

$$M_{e1} = \frac{G_1}{W_{ч1} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} ; \quad (7.4)$$

$$M_{e0} = \frac{G_0}{W_{ч0} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}},$$

где M_{e1} , M_{e0} – металлоемкость проектируемой и существующих конструкции, кг/ у.э.га;

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

$W_{ч1}$, $W_{ч0}$ –производительность;

$T_{год}$ – годовая загрузка, час;

$T_{сл}$ – срок службы, лет.

$$M_{e1} = 200/(0,7 \cdot 1000 \cdot 10) = 0,029 \text{ кг/ у.э.га};$$

$$M_{e0} = 40 / (0,7 \cdot 1000 \cdot 10) = 0,006 \text{ кг/ у.э.га.}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле, [2, стр.16]:

$$F_{e1} = \frac{C_{61}}{W_{\text{ч1}} \cdot T_{\text{зод}}} ; \quad (7.5)$$

$$F_{e0} = \frac{C_{60}}{W_{\text{ч1}} \cdot T_{\text{зод}}} ,$$

где C_{61} , C_{60} – балансовая стоимость проектируемой и существующих конструкций, руб.;

$$F_{e1} = 170000 / (0,7 \cdot 1000) = 246,8 \text{ руб./ у.э.га;}$$

$$F_{e0} = 40000 / (0,7 \cdot 1000) = 57,14 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Энергоемкость определяется по формуле, [2]:

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{N_{e1}}{W_{\text{ч1}}} ; \quad (7.6)$$

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{N_{e0}}{W_{\text{ч0}}} ,$$

где $\mathcal{E}_{e1}$, $\mathcal{E}_{e0}$ – энергоемкость проектируемой и существующей конструкции, кВт*ч/ у.э.га;

N_{e1} , N_{e0} – мощность нагревателя, кВт;

$$\mathcal{E}_{e1} = 90 / 0,7 = 128,57 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ у.э.га;}$$

$$\mathcal{E}_{e0} = 96 / 0,7 = 137,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ у.э.га.}$$

Трудоемкость процесса, [2].

$$T_{ei} = \frac{n_{pi}}{W_{\text{чи}}} ; \quad (7.7)$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{0,7} = 1,43, \text{ чел.ч/ у.э.га.}$$

$$T_{e0} = \frac{1}{0,7} = 1,43 \text{ чел.ч/ у.э.га.}$$

Себестоимость работы выполняемой с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте находят из выражения, [2]:

$$S_1 = C_{зп1} + C_{э1} + C_{пто1} + A_1; \quad (7.8)$$

$$S_0 = C_{зп0} + C_{э0} + C_{пто0} + A_0$$

где $C_{зп1}, C_{зп0}$ – затраты на оплату труда обслуживающему персоналу, руб./ у.э.га.

$C_{э1}, C_{э0}$ – затраты на электроэнергию, руб./ у.э.га;

$C_{пто1}, C_{пто0}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./ у.э.га;

A_1, A_0 – амортизационные отчисления, руб./ у.э.га.

Затраты на оплату труда определяются из выражения, [2]:

$$C_{зп1} = z_1 \cdot T_{e1}; \quad (7.9)$$

$$C_{зп0} = z_0 \cdot T_{e0};$$

где z_1, z_0 – часовая ставка рабочих, начисляемая по среднему разряду, руб./ч.

Согласно данным производства:

$$z_1 = z_0 = 100 \text{ руб./ч.}$$

$$C_{зп1} = 100 \cdot 1,43 = 143 \text{ руб./ у.э.га;}$$

$$C_{зп0} = 100 \cdot 1,43 = 143 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Затраты на топливо определяются по формуле, [2]:

$$C_{э1} = Э_1 \cdot Ц_э; \quad (7.10)$$

$$C_{э0} = Э_0 \cdot Ц_э,$$

где $\Pi_{\text{Э}}$ – цена топлива для выработки 1 кВт мощности двигателем, ($\Pi_{\text{Э}1} = 6$ руб./кВт, $\Pi_{\text{Э}0} = 8,5$ руб./кВт в ценах на 04.2020).

$$C_{\text{Э}1} = 6 \cdot 128,57 = 771,42 \text{ руб./ у.э.га ;}$$

$$C_{\text{Э}0} = 8,5 \cdot 137,14 = 1165,69 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Затраты на ремонт и ТО определяют из выражения, [2]:

$$C_{\text{pmo}1} = \frac{C_{\text{б}1} \cdot H_{\text{pmo}1}}{100 \cdot W_{\text{ч}1} \cdot T_{\text{год}}} ; \quad (7.11)$$

$$C_{\text{pmo}0} = \frac{C_{\text{б}0} \cdot H_{\text{pmo}0}}{100 \cdot W_{\text{ч}0} \cdot T_{\text{год}}} ,$$

где $H_{\text{pmo}1}$, $H_{\text{pmo}0}$ – норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{\text{pmo}1} = 170000 \cdot 10 / (100 \cdot 0,7 \cdot 1000) = 24,3 \text{ руб./ у.э.га;}$$

$$C_{\text{pmo}0} = 40000 \cdot 12 / (100 \cdot 0,7 \cdot 1000) = 5,71 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Затраты на амортизацию определяют из выражения, [2]:

$$A_i = \frac{C_{\text{б}i} \cdot a_i}{100 \cdot W_{\text{ч}i} \cdot T_{\text{год}i}} ; \quad (7.12)$$

где a_1 , a_0 – норма амортизации, % ,

$$A_1 = 170000 \cdot 10 / (100 \cdot 0,7 \cdot 1000) = 24,3 \text{ руб./ у.э.га;}$$

$$A_0 = 40000 \cdot 12 / (100 \cdot 0,7 \cdot 1000) = 5,71 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Отсюда,

$$S_{\text{эксн}1} = 142,86 + 771,42 + 24,29 + 24,29 = 962,86 \text{ руб./ у.э.га;}$$

$$S_{\text{эксн}0} = 142,86 + 1165,69 + 5,71 + 5,71 = 1319,97 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Приведенные затраты определяют из выражения, [2]:

$$C_{\text{np}} = S_1 + E_{\text{H}} \cdot F_e \quad (7.13)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений,
 $E_H = 0,14$, [2].

$$C_{ПР1} = 962,86 + (0,14 \cdot 1,03) = 964,03 \text{ руб./ у.э.га.}$$

$$C_{ПР0} = 1319,97 + (0,14 \cdot 1,02) = 1321,13 \text{ руб./ у.э.га.}$$

Годовая экономия в рублях определяется по формуле, [2]:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}, \quad (7.14)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (1319,97 - 962,86) \cdot 0,7 \cdot 1000 = 249977 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле, [2]:

$$E_{год} = (C_{ПР0} - C_{ПР1}) \cdot W_{ч1} \cdot T_{год}, \quad (7.15)$$

$$E_{год} = (1321,13 - 964,03) \cdot 0,7 \cdot 1000 = 249970 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле, [2]:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (7.16)$$

$$T_{ок} = 170000 / 249977 = 0,7 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле, [2]:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б1}}, \quad (7.17)$$

$$E_{эф} = 249977 / 170000 = 0,7.$$

Таблица 7.3– Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

Наименование показателей	Варианты		Проект в %% к базовому
	Исходный	Проект	
Производительность у.э.га /ч	0,7	0,7	100,0
Фондоемкость, руб./ у.э.га	0,0057	0,0286	501,8
Энергоемкость, кВт/ у.э.га	137,14	128,57	95,8
Металлоемкость, кг/ у.э.га	0,006	0,029	451,0
Трудоемкость, чел·ч/ у.э.га	1,43	1,43	100,0
Уровень эксплуатационных затрат, руб./ у.э.га	1319,97	962,86	82,2
Приведенные затраты, руб./ у.э.га	1321,13	964,03	83,6
Годовая экономия, руб.	–	249977	
Годовой экономический эффект, у.э.га.		249970	–
Срок окупаемости капитальных вложений, лет.	–	0,7	
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	–	1,47	

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения работы был произведен литературный анализ существующих методик расчета характеристик трактора и технологий по переводу системы питания трактора на газодизельное топливо.

Произведен расчет характеристик проектируемого трактора по заданным параметрам.

Спроектированная система питания трактора на газодизельном топливе имеет небольшие габаритные размеры, простое устройство, небольшую массу и высокие технико-экономические показатели по сравнению с существующими системами, что делает его использование более выгодным.

По результатам расчетов годовая экономия составит 249977 рублей, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составит 0,7 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов И.М. «Проектирование технологического процесса механической обработки». Методическое пособие. Казань-1991
2. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Г.Г.Булгариев, Р.К.Абдрахманов, А.Р.Валиев Казань – 2009. – 64 с.
3. Газобаллонные тракторы МТЗ-80Г и МТЗ-82Г. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Саратов.: Дизельавтоматика. 1999. – 89 с.
4. Гуревич А.М. Справочник сельского автомеханика / А.М. Гуревич, Н.В. Зайцев – 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Росагропромиздат, 1990.-224 с.
5. Иванов В.В. Илларионов В.А. и др. «Основы теории автомобиля и трактора», М.: Высшая школа. 1970г. – 224с
6. Кутьков Г.М. «Теория трактора и автомобиля», М.: Колос. 1996г – 286с.
7. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль. «Теория эксплуатационных свойств». М.: Машиностроение. 1989г – 240с
8. Охрана труда./ Ф. М. Канарев, В. В. Бугаевский, М. А. Пережогин и др. 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 351 с
9. Переоборудование, эксплуатация, ремонт и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей: (Справочное пособие) / А.П.Акимов, В.В. Гриднев, В.С. Макаров, В.И. Медведев. – Чебоксары, 1996. – 368 с.
10. Сидорин Г.А. «Обработка металлов резанием». Методическое указание. Казань – 2001
11. Скотников В.А., Мащенский А.А., Солонский А.С. «Основы теории и расчета трактора и автомобиля» М.: Агропромиздат. 1986г. – 383с
12. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов, Э.П. Бабенко, Ю.А. Зуев и др.; Под общ. ред. С.А. Иофинова. –М., Агропромиздат, 1985. – 272 с.

13. Хафизов К.А, Хафизов Р.Н, Выпускная квалификационная работа : учебно - методическое пособие. Казань – 2014. –280 с
14. <http://www.penzorgsnab.ru>
15. <http://ugpromholod.ru>
16. <http://www.freepatent.ru/patent>

ПРИЛОЖЕНИЯ

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2

