

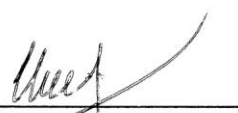
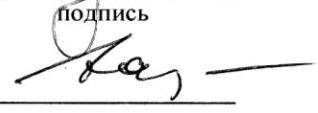
**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса**

Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»
Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»
Специализация «Автомобили и тракторы»

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

Тема: Обоснование параметров пахотного трактора с разработкой встроенной диагностики системы охлаждения двигателя.

Шифр ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ

Студент	<u>С251-07 группы</u>	 подпись	<u>Шигапов И.М.</u> Ф.И.О.
Руководитель	<u>д.т.н., профессор</u> ученое звание	 подпись	<u>Хафизов К.А.</u> Ф.И.О.

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

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

Казань – 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»
 Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»
 Специализация «Автомобили и тракторы»

«УТВЕРЖДАЮ»

 Зав. кафедрой
 /Хафизов К.А./
 « 12 » марта 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту: Шигапову Ильгаму Миннехановичу

Тема ВКР: Обоснование параметров пахотного трактора с разработкой встроенной диагностики системы охлаждения двигателя

Утверждена приказом по университету от 22 мая 2020 г. № 178

Срок сдачи студентом законченной ВКР 15 июня 2020

Техническое задание на ВКР: Тяговый класс трактора 60-70 кН; колесная формула 4x4; вид применяемого топлива – дизельное топливо.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Подбор основных оптимальных параметров трактора;
2. Расчет тяговой характеристики проектируемого трактора;
3. Разработка эскизной компоновки трактора.
4. Разработка встроенной диагностики системы охлаждения в двигатель;
5. Разработка технологии изготовления кронштейна;
6. Разработка вопросов безопасности жизнедеятельности при эксплуатации трактора;
7. Разработка мероприятий по экологической защите окружающей среды.
8. Оценка экономической и энергетической эффективности предлагаемого решения.

Перечень графических материалов:

1. Зависимости основных параметров трактора от факторов (3 листа).
2. Тяговая характеристика проектируемого трактора (1 лист).
3. Эскизная компоновка проектируемого трактора (1 лист).
4. Расположение датчиков на двигателе проектируемого трактора (1 лист).
5. Сборочный чертеж и детализовка (5 листа).

Консультанты по ВКР с указанием соответствующих разделов проекта

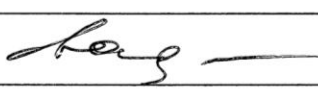
Раздел (подраздел)	Консультант
Технологический раздел	Марданов Р.Х.
Теоретический тяговый раздел	Синицкий С.А.
Безопасность жизнедеятельности	Гаязиев И.Н.

Дата выдачи задания 10.03.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Оптимизация основных параметров колесного трактора	20.04.2020	
2	Расчет теоретической тяговой характеристики проектируемого трактора	08.05.2020	
3	Эскизная компоновка проектируемого трактора	19.05.2020	
4	Технологическая часть.	26.05.2020	
5	Анализ и разработка вопросов безопасности жизнедеятельности при эксплуатации проектируемого трактора.	02.06.2020	
6	Экономическое обоснование проектируемой конструкции.	09.06.2020	

Студент  (Шигапов И.М.)

Руководитель ВКР  (Хафизов К.А.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Шигапов И.М. на тему: «Обоснование параметров пахотного трактора с разработкой встроенной диагностики системы охлаждения двигателя».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 136 листах машинописного текста и графической части на 9 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, заключения, списка использованной литературы, приложений и включает 45 рисунка, 20 таблицу. Список использованной литературы содержит 28 наименования.

В первом разделе пояснительной записки выпускной квалификационной работы проведено исследование и определение оптимальных весовых параметров трактора, мощности его двигателя, выявлено влияние факторов внешней среды на оптимальное значение основных параметров трактора, построены графики.

Во втором разделе рассчитывается и строится теоретическая тяговая характеристика трактора.

В третьем разделе приводится эскизная компоновка трактора.

В четвертом разделе проводится литературно-патентный поиск существующих конструкций. Также в этой главе представлена разработка технологии диагностирования неисправностей системы охлаждения, конструкция системы диагностики и кронштейна.

В пятом разделе произведен технологический процесс изготовления кронштейна, и технологические расчеты.

В шестом разделе производится разработка вопросов безопасности жизнедеятельности при эксплуатации проектируемого трактора.

В седьмом разделе проводится анализ и разработка мероприятий по экологической защите окружающей среды.

В восьмом разделе проведено экономическое обоснование рекомендаций по улучшению производственного процесса и конструкции.

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы.

ANNOTATION

To the final qualifying work Shigapov I. M. on the topic: "Justification of parameters of an arable tractor with the development of integrated diagnostics of the engine cooling system".

The final qualifying work contains an explanatory note on 136 sheets of typewritten text and graphic part on 7 sheets of A1 format and 4 sheets of A2

The explanatory note consists of an introduction, 8 sections, conclusion, list of references, appendices and includes 45 figures, 20 tables. The list of references contains 28 titles.

In the first section of the explanatory note of the final qualification work, the study and determination of the optimal weight parameters of the tractor, the power of its engine, the influence of environmental factors on the optimal value of the main parameters of the tractor, graphs are constructed.

In the second section, the theoretical traction characteristics of the tractor are calculated and constructed.

The third section provides a sketch layout of the tractor.

In the fourth section, a literary and patent search for existing structures is carried out. This Chapter also presents the development of technology for diagnosing power system failures, the design of the diagnostic system and the bracket.

In the fifth section, the technological process of manufacturing the bracket, and technological calculations are made.

In the sixth section, issues of life safety are developed during the operation of the designed tractor.

The seventh section analyses and development of actions for environmental protection of the environment.

In the eighth section, the economic justification of recommendations for improving the production process and design is carried out.

The explanatory note concludes with conclusions and a list of references.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАКТОРА.....	10
1 ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА, РАБОТАЮЩЕГО В СОСТАВЕ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА	11
1.1 Теоретические зависимости суммарных энергетических затрат с параметрами трактора	11
1.2 Вычислительные эксперименты с использованием математической модели машинно-тракторных агрегатов.	17
2 ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА..	24
2.1 Расчет теоретической тяговой характеристики трактора	24
2.2 <u>Расчеты с использованием ЭВМ и построение теоретической тяговой характеристики трактора.....</u>	<u>31</u>
2.3 Анализ тяговой характеристики трактора	35
3 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА	38
4 ВСТРОЕННАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТРАКТОРА.....	43
4.1 Обзор системы охлаждения двигателя 8481.10	43
4.2 Литературный анализ существующих конструкций и способов диагности- ки.....	44
4.3 Обоснование схемы новой конструкции	55
4.4 Подбор датчиков	57
4.4.1 Проектирование кронштейна диагностического прибора в кабине трак- тор.....	67
4.4.2 Расчеты крепежных соединений кронштейна.....	63
4.4.3 Компоновка прибора для диагностики	67
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРОНШТЕЙНА.....	69
5.1 Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	69
5.2 Анализ технологичности конструкции детали	72
5.3 Изготовление детали.....	72
5.4 Технологические расчеты	87
6 РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРА.....	94

6.1 Обращение к водителю	94
6.2 Целевое назначение	94
6.3 Общие правила по предотвращению несчастных случаев	95
6.4 Личная безопасность	96
6.5 Перевозка пассажиров	96
6.6 Эксплуатация	97
6.7 Работа с валом отбора мощности	99
6.8 Система "Neutral Start" (Запуск на нейтральной передаче)	100
6.9 Оставление трактора без присмотра	100
6.10 Обслуживание	101
6.11 Опасные химические продукты	102
6.12 Меры предупреждения пожара или взрыва	103
6.13 Безопасность при работе с аккумулятором	103
7 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	105
7.1 Влияние эксплуатации трактора на окружающую среду	105
7.2 Мероприятия по восстановлению экологической обстановки	107
8 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКЦИИ	111
8.1 Выявление экономии суммарных энергетических затрат	111
8.2 Экономическое обоснование модернизированного производственного процесса	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	121
Приложение А	124
Приложение Б	132
СПЕЦИФИКАЦИЯ	135

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство - одна из важнейших отраслей экономики любой страны. Обеспечивает человека жизненно необходимыми продуктами питания и сырьем для производства потребительских товаров. Для получения конечного продукта, необходимо выполнить большое количество энергозатратных работ. Значительная доля таких работ ложится на сельскохозяйственную технику, в том числе и на трактора. Трактора являются не заменимой техникой в сельском хозяйстве.

Тракторы - это сложные мобильные транспортные средства и транспортные средства, используемые для комплексной механизации, автоматизации сельскохозяйственного производства и транспортировки сельскохозяйственных грузов и пассажиров.

В связи с увеличением доли энергозатратных работ, увеличивается и количество энергонасыщенных тракторов. Эффективное использование тракторной техники обеспечивает минимальные экономические затраты, а также снижение энергетических затрат на проведение сельскохозяйственных работ.

Поскольку количество тракторов для выполнения операций средней энергоемкости в республике Татарстан выросло, возрастают и требования к качественной диагностике различных систем этих тракторов, что связано, в первую очередь, с увеличением среднего возраста техники и необходимостью повышения технической готовности парка тракторов. Одними из основных причин неисправностей трактора, считаются неисправности системы питания двигателя. Встроенная система диагностики позволит быстро выявить ошибки, предотвратив простои трактора. Разработка устройств диагностики является актуальной для любого трактора.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАКТОРА

- Разработать трактор для выполнения вспашки (операции высокой энергоемкости).
- Назначение: сельскохозяйственное, общего назначения.
- Тип ходовой части – 4к4 (передние и задние колеса одинакового размера).
- Выполняемые работы: в составе агрегатов с удельным сопротивлением почвы от 45 до 60 кН/м².
- Обосновать основные оптимальные параметры трактора: G – массу трактора, кН; N_e – мощность двигателя, кВт.
- Произвести тягово-динамический расчет трактора.
- Разработать встроенную диагностику системы охлаждения двигателя.
- Разработать технологию изготовления кронштейна для встроенной диагностической системы.
- Разработать мероприятия охраны окружающей среды при эксплуатации трактора.
- Произвести экономическое обоснование спроектированного трактора.

1 ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА, РАБОТАЮЩЕГО В СОСТАВЕ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

1.1 Теоретические зависимости суммарных энергетических затрат с параметрами трактора

Необходимо проанализировать составляющие элементы суммарных энергетических затрат для выявления массы трактора и мощности его двигателя на их величину.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{и.тр}} + \mathcal{E}_{\text{и.схм}} + \mathcal{E}_{\text{и.пр}} + \mathcal{E}_{\text{рто}} + \mathcal{E}_{\text{с.р.}} + \mathcal{E}_{\text{упр}} + \mathcal{E}_{\text{тсм}} + \mathcal{E}_{\text{пот}} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

где $\mathcal{E}$ - удельные суммарные энергетические затраты, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{и.тр}}$ - энергия, затраченная на изготовление трактора, орудия, прицепа, приходящаяся на 1 га, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{рто}}$ - энергия, затраченная на капитальный, текущий ремонт и техническое обслуживание трактора, прицепа и орудия, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ - энергия, затраченная на сборку и разборку агрегата, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{упр}}$ - энергия, затраченная на управление трактором (переключение передач, повороты, остановку и трогание с места), МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{тсм}}$ - энергия, затраченная на выполнение агрегатом работы посредством сжигания топлива, МДж/га;

$\mathcal{E}_{\text{пот}}$ - энергия урожая, потерянная из-за не оптимально выбранной марки трактора, параметров и режимов работы агрегата, МДж/га.

Энергию, затраченную на изготовление трактора, сельхозмашины, прицепа (рассчитываются по отдельности), приходящуюся на 1 га обработанной площади, можно определить, используя зависимость:

$$\mathcal{E}_{\text{и}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{изг}}}{T_{\text{сл}} \cdot W \cdot T_{\text{год}}}, \quad (1.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{изг}}$ - энергия, затраченная на изготовление трактора, сельхозмашины, прицепа, входящих в состав агрегата, МДж;

$T_{\text{сл}}$ - срок службы техники в годах;

W - производительность агрегата за час времени смены, га/ч.;

$T_{\text{год}}$ - загрузка техники в часах на 1 год, ч./год.

Энергию, затраченную на изготовление одного трактора можно подсчитать по формуле:

$$\mathcal{E}'_{\text{изг}} = M_{\text{тр}} \cdot k_{\text{тр}}, \quad (1.3)$$

где $M_{\text{тр}}$ - масса одного трактора, кг;

$k_{\text{тр}}$ - затраты энергии на изготовление 1 кг. трактора, МДж/кг.

Как видно из этой формулы, чем больше масса трактора, тем больше энергетические затраты на его изготовление.

Энергию, идущую на капитальный ремонт трактора, рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{кр}} = \frac{a_{\text{кр}}}{a_{\text{р}}} \mathcal{E}_{\text{и}}, \quad (1.4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{кр}}$ - энергия на капитальный ремонт трактора, в расчете на единицу площади, МДж/га;

$a_{\text{кр}}$ - коэффициент отчислений на капитальный ремонт трактора;

$a_{\text{р}}$ - коэффициент отчислений на реновацию трактора.

По такой же формуле рассчитываются удельные затраты энергии на текущий ремонт и техническое обслуживание трактора.

Таким образом, между массой трактора и составляющими суммарных энергозатрат на изготовление, капитальный и текущий ремонты и техническое обслуживание имеется прямая пропорциональная зависимость.

Вероятно, что производительность агрегата также зависит от массы трактора и мощности его двигателя. Формула для определения теоретической часовой производительности агрегата:

$$W_T = \frac{N_{KP}}{k} \xi_B, \quad (1.5)$$

где W_T - теоретическая часовая производительность агрегата, га/ч;

N_{KP} - мощность трактора, реализуемая на крюке, кВт;

k – удельное сопротивление машин-орудий, кН/м;

ξ_B - коэффициент использования ширины захвата;

$$N_{KP} = \frac{P_{KP} V_P}{1000} = \frac{(P_K - P_f) V_P}{1000} \leq \frac{M_{mp} g (\varphi - f) V_P}{1000}, \quad (1.6)$$

где P_{KP} - тяговое усилие на крюке трактора, Н;

V_P - рабочая скорость, м/с;

P_K - касательная сила тяги на ведущем колесе трактора, Н;

P_f – сила сопротивления перекачиванию трактора, Н;

φ - коэффициент сцепления колес с почвой;

f - коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора.

Мощность на крюке связана с мощностью двигателя, что видно из формулы определения сменной производительности:

$$W = \frac{N_i \eta_{мяз}}{k} \xi_B \tau_{см}, \quad (1.7)$$

где N_i - текущее значение мощности двигателя, кВт;

- тяговый коэффициент полезного действия трактора;

- коэффициент использования времени смены.

Из приведенных формул видно, что чем больше масса трактора и мощность его двигателя, тем больше производительность агрегата, а значит составляющие суммарных энергозатрат - на изготовление, капитальный и текущий ремонты и техническое обслуживание трактора снижаются.

При этом также будут снижаться энергозатраты на управление агрегатом, через топливо и через урожай, потерянный из-за нарушения агросрока выполнения операции, что видно из формул:

$$\mathcal{E}_{упр} = n_m \cdot k_{жс} / W, \quad (1.8)$$

где n_m - число механизаторов, управляющих агрегатом, чел.;

$k_{жс}$ - коэффициент перевода чел.-ч в МДж.;

$$\mathcal{E}_{ТСМ} = q \frac{G_P T_P + G_X T_X + G_O T_O}{W}, \quad (1.9)$$

где G_P, G_X, G_O - значения часового расхода топлива при рабочем ходе, на холостых поворотах и переездах и во время остановки с работающим двигателем, кг/ч.

T_P, T_X, T_O - время смены соответственно на рабочий ход, холостые переезды и холостую работу двигателя на остановках, ч;

q - энергоемкость и энергосодержание 1 кг топлива, МДж/кг.;

$$\mathcal{E}_A = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (C_{II} \cdot i \cdot W \cdot T_{CM} \cdot n_{CM}) + N_1 \cdot i \cdot C_{II} \cdot W \cdot T_{CM} \cdot n_{CM}}{S_0}, \quad (1.10)$$

где C_{II} - коэффициент потерь урожая, МДж/га*день;

$$C_{II} = Y \cdot \Delta y \cdot Q / 100, \quad (1.11)$$

где Y - планируемая урожайность, кг/га,

Δy - потери урожая в % на I день нарушения агросрока работы;

N_1 - число целых дней в N^1 ;

S_0 - объем работы на данной операции, га.

$$N^1 = \frac{S_0}{W \cdot T_{CM} \cdot n_{CM}}, \quad (1.12)$$

где N^1 - число дней необходимых для выполнения объема работы S_0 ;
 $n_{\text{см}}$ - число смен в одном рабочем дне;
 $T_{\text{см}}$ - продолжительность смены в часах.

Для определения энергии, потерянной в связи со снижением урожая из-за уплотнения почвы, предлагается зависимость:

$$\mathcal{E}'_y = \frac{Y \cdot A \cdot Q (U_T - [U])}{100}, \quad (1.13)$$

где A - коэффициент пропорциональности, %·м/кН;
 U_T - показатель, характеризующий уплотняющее воздействие движителей трактора на почву, кН/м;
 $[U]$ - допустимый уровень уплотняющего воздействия движителей трактора, ниже которого не происходит снижение урожайности культур $[U]=75$ кН/м.

Показатель, характеризующий уплотняющее воздействие движителей трактора на почву, предлагается определять по формуле:

$$U_T = \frac{B_1}{2B_P} \cdot \sum_{j=1}^n U_j + [U] \cdot \left(1 - \frac{n \cdot B_1}{2B_P} \right), \quad (1.14)$$

где B_1 - ширина зоны влияния уплотняющего воздействия трактора на урожайность сельскохозяйственных культур на поле (в ориентировочных расчетах $B_1 = 10,8$ м);

B_P - рабочая ширина МТА, включающего данный трактор, м;

n - общее число следов движителей, оставляемых трактором на поле за один проход;

U_j - уплотняющее воздействие движителей в j -м следе;

$[U]$ - допустимая степень воздействия движителей на почву, равная 75 кН/м.

При $U_j < [U]$ в расчётах принимается $= 0$ ($j=1,2,..., n$)

$$U_j = w \cdot b \cdot q_{\max V}, \quad (1.15)$$

где w - коэффициент, зависящий от размеров и формы опорной поверхности движителей. Экспериментально определено в работе для колесного движителя $w = 1,25$;

b - ширина движителя, м;

$q_{\max V}$ - максимальное давление каждого движителя на почву при заданной скорости движения агрегата, кПа.

Таким образом из теоретических исследований выявлено, что масса трактора и мощность его двигателя неоднозначно влияет на величину составляющих суммарных энергетических затрат. При росте массы трактора одни составляющие суммарных энергетических затрат увеличиваются ($\mathcal{E}_{\text{итр.}}$, $\mathcal{E}_{\text{рто}}$, $\mathcal{E}_y$), а другие снижаются ($\mathcal{U}_{\text{пр}}$, $\mathcal{E}_{\text{тсм}}$, $\mathcal{E}_A$).

Уплотняющее воздействие ходовой части трактора с увеличением мощности двигателя может возрасти и снизиться. Если с увеличением мощности двигателя растет и масса трактора, то возрастет ширина захвата агрегата и уплотняющее воздействие агрегата на почву снизится, но одновременно возрастет максимальное давление на почву движителей.

Таким образом, мощность двигателя трактора неоднозначно влияет на величину составляющих суммарных энергетических затрат. При росте мощности двигателя одни составляющие суммарных энергетических затрат могут как увеличиваться, так и уменьшаться ($\mathcal{E}_{\text{итр.}}$, $\mathcal{E}_{\text{рто}}$, $\mathcal{E}_{\text{тсм}}$, $\mathcal{E}_y$), а другие снижаются ($\mathcal{E}_{\text{упр}}$, $\mathcal{E}_A$).

Возможно, что для определенных условий работы (вида технологической операции, размера полей, объема годовой работы и т.д.) имеется оптимальное значение массы трактора, которое обеспечит минимальные суммарные энергетические затраты. Для выявления оптимальной массы трактора необходимо провести вычислительные эксперименты с использованием разработанной математической модели машинно-тракторных агрегатов.

1.2 Вычислительные эксперименты с использованием математической модели машинно-тракторных агрегатов

Цель исследования – повышение энергетической эффективности эксплуатации трактора на вспашке за счет оптимизации его основных параметров.

Расчеты проводятся для обоснования основных параметров трактора при выполнении вспашки. Расчеты были проведены в программе MATLAB. В ходе вычислительных экспериментов, с использованием системы компьютерной математики, были организованы расчеты со вложенными циклами. Расчеты представлены в Приложении А.

Результаты оптимизации основных параметров трактора в составе пахотного агрегата, работающего с чередованием загонов для условий работы – площадь поля 100 га, удельное тяговое сопротивление рабочих органов плуга 40 кН/м², объем работы 400 га, приведены на рисунке 2.1.

Исходные данные для расчета параметров пахотного агрегата:

Площадь поля, га. =100

Длина гона, км. =1

Расстояние переезда, км. =3

Коэффициент прочности несущей поверхности =0.9

Объем работы, га =400

Количество тракторов выполняющих операцию =1

Число часов работы в сутки =20

Планируемая урожайность основной и побочной продукции, ц/га. =40

Давление в шинах (от 0,08 до 0,2), МПа =0.2

Число колес на одном борту трактора (1 или 2 или 3 и т.д.) =1

Коэффициент сцепления колес с почвой =0.7

Коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора =0.09

Глубина вспашки, м. =0.26

Результаты расчетов:

Ширина захвата $B_{opt} = 5,25$ м;

Рабочая скорость $V_{opt} = 12$ км/ч;

Вес трактора $G_{topt} = 130$ кН;

Мощность двигателя $N_{opt} = 517$ л.с.;

Суммарные энергозатраты $E_{min} = 1625,9$ МДж/га

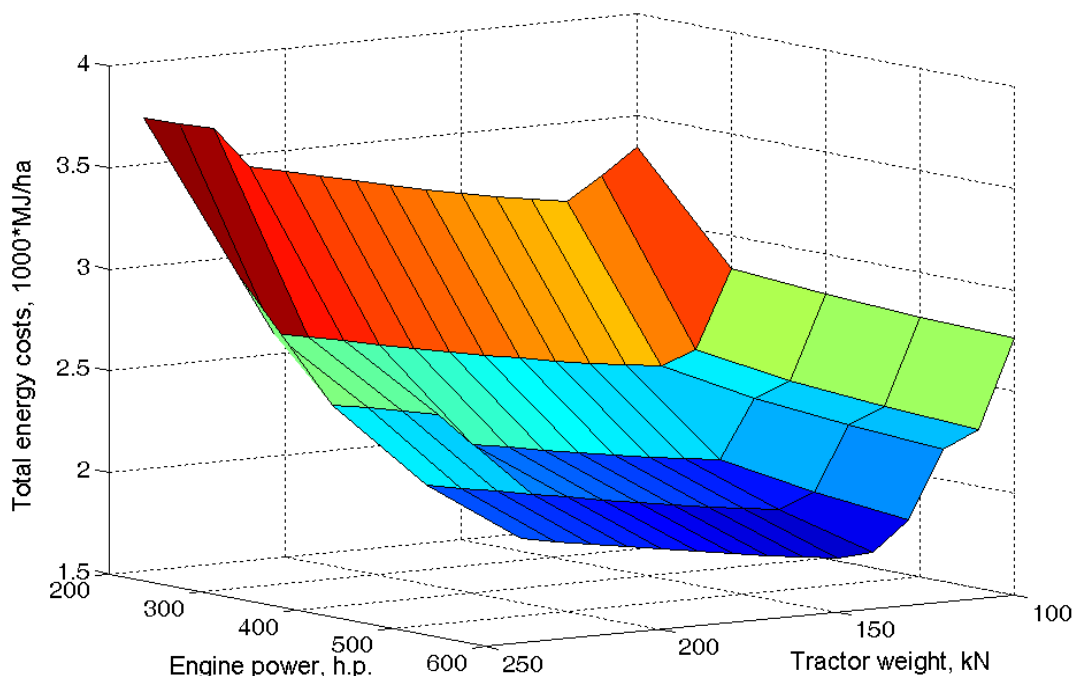


Рис.1.1. Изменение суммарных энергетических затрат пахотного агрегата от соотношения веса и мощности двигателя трактора

Предполагаем, что полученные, для заданных условий работы пахотного агрегата оптимальные значения основных параметров трактора и агрегата могут измениться при варьировании значений факторов, влияющих на работу агрегата. Рассмотрим влияние такого фактора как удельное сопротивление почвы рабочим органам плуга – k , кН/м^2 на расчетные оптимальные значения веса трактора – G , мощности двигателя трактора – N , ширины захвата плуга – B , скорости перемещения при выполнении технологической операции – V и на величину суммарных энергетических затрат – E , смотрите рисунок 2.

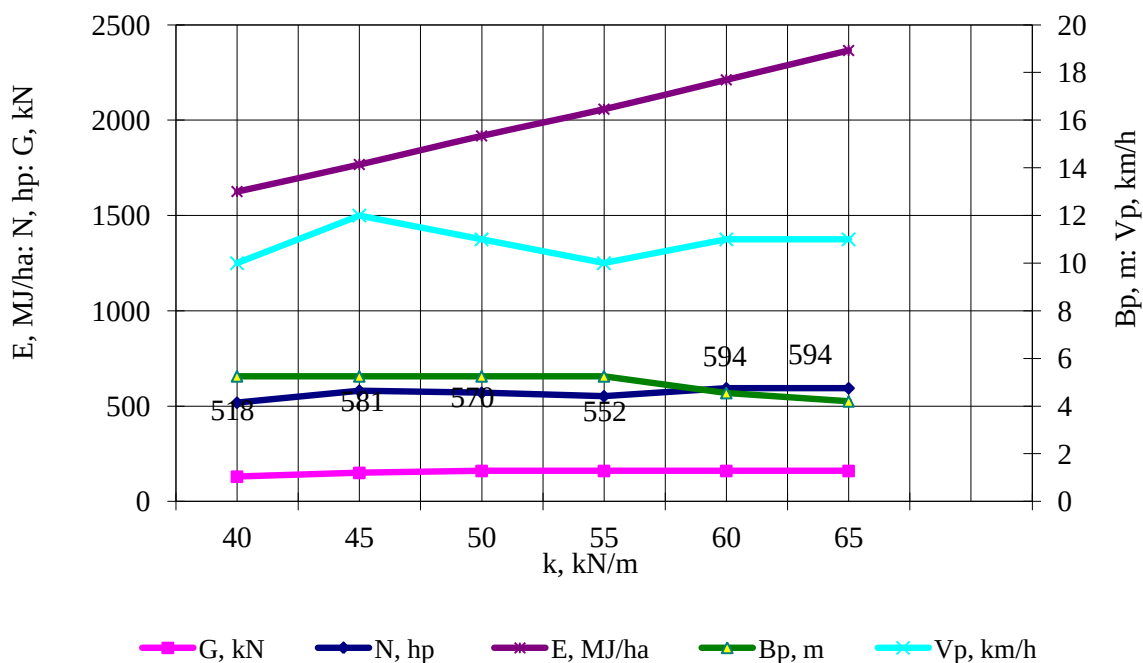


Рис. 1.2. Зависимость суммарных энергетических затрат, параметров и режимов работы пахотного агрегата от удельного сопротивления почвы

Как видно из рисунка 1.2 вес трактора - G при изменении удельного сопротивления почвы от 50 до 65 kN/m^2 остается постоянным и равным 160 kN , при этом потребная мощность двигателя - N колеблется в районе 600 л.с. При превышении удельного сопротивления почвы более 55 kN/m^2 , необходимо снижать величину ширины захвата - B от 5,25 м до 4,2 м при удельном сопротивлении почвы равном 65 kN/m^2 . Оптимальная величина рабочей скорости пахотного агрегата - V колеблется в пределах 10-12 km/h . Рост удельного сопротивления почвы приводит к постоянному увеличению суммарных энергетических затрат – E , как за счет роста прямых энергозатрат через топливо, так и косвенных энергетических затрат, за счет снижения производительности пахотного агрегата.

Рассмотрим влияние на оптимизируемые параметры пахотного трактора и агрегата в его составе фактора, характеризующего размеры обрабатываемого поля – площади поля. Результаты вычислительных экспериментов приведены на рисунке 1.3. Как видно из рисунка 1.3 изменение размера обрабатываемого поля влияет на все параметры агрегата.

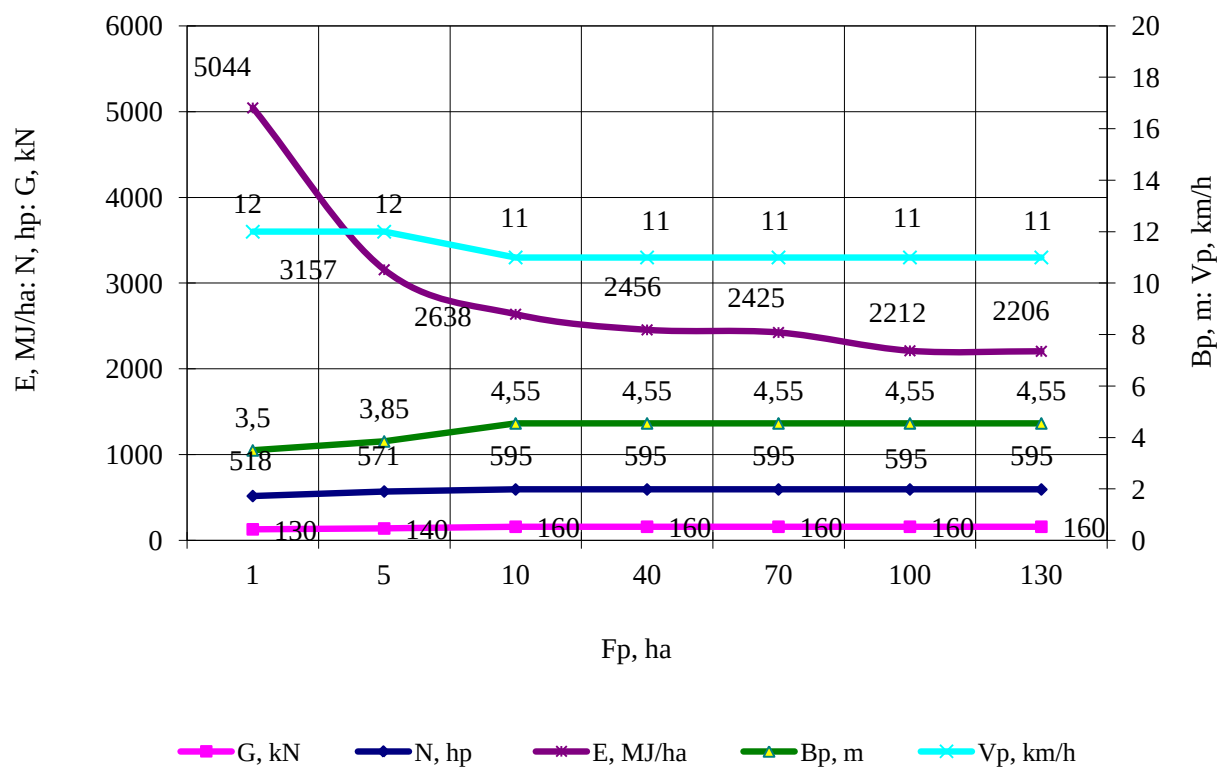


Рис. 1.3. Зависимость суммарных энергетических затрат, параметров и режимов работы пахотного агрегата от площади обрабатываемого поля

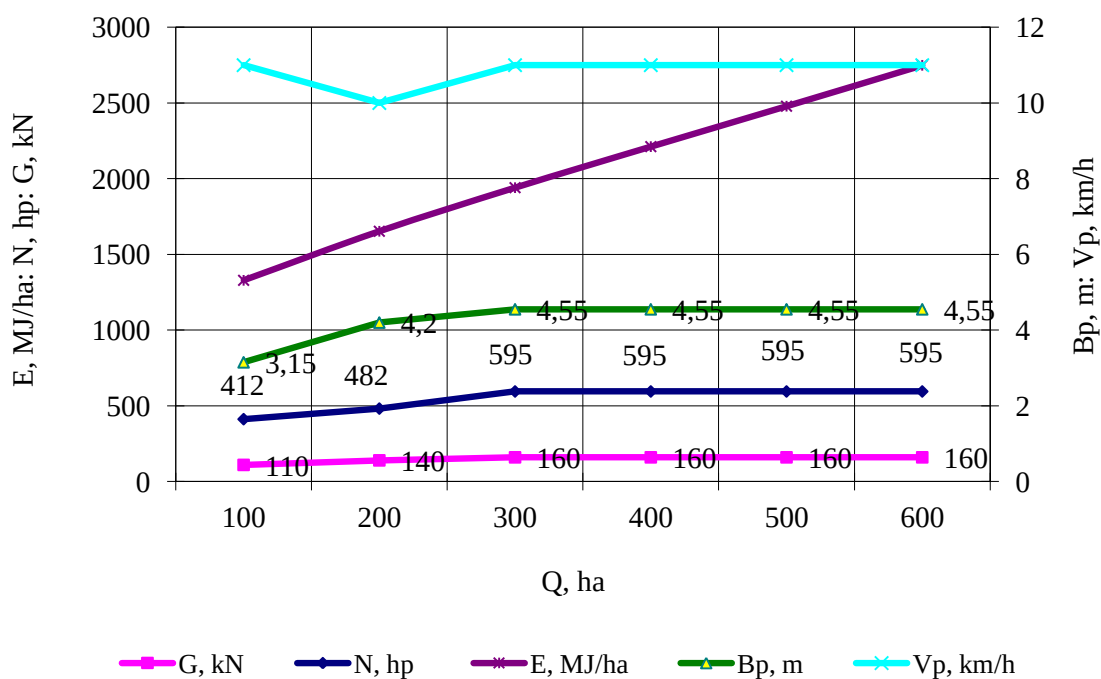


Рис. 1.4. Зависимость суммарных энергетических затрат, параметров и режимов работы пахотного агрегата от сезонной нагрузки

Однако при работе на полях площадью более 10 га все параметры трактора и агрегата стабилизируются и остаются постоянными: вес трактора – 160кН;

мощность двигателя трактора – 600 л.с.; ширина захвата агрегата 4,55 м; рабочая скорость агрегата – 11 км/ч. При этом с ростом площади поля величина суммарных энергетических затрат снижается. Снижение суммарных энергетических затрат с ростом площади поля проходит более интенсивно на полях от 1 до 10 га и это, в основном, связано с интенсивным возрастанием производительности пахотного агрегата.

От объема работы пахотного агрегата за сезон зависит срок выполнения технологической операции, а значит величина энергии урожая, теряемого из-за нарушения этого срока. Поэтому рассмотрим влияние сезонной нагрузки на пахотный агрегат на его оптимальные параметры. Результаты вычислительных экспериментов приведены на рисунке 4. Как видно из рисунка 4 все параметры стабилизируются при нагрузке на трактор – 300 га. При этом вес трактора равен 160 кН, мощность двигателя находится в пределах 600 л.с., ширина захвата плуга 4,55 м, скорость агрегата 11 км/ч. С увеличением сезонной нагрузки на пахотный агрегат суммарные энергозатраты увеличиваются, что объясняется увеличением срока выполнения технологической операции и, соответственно, потерь урожая.

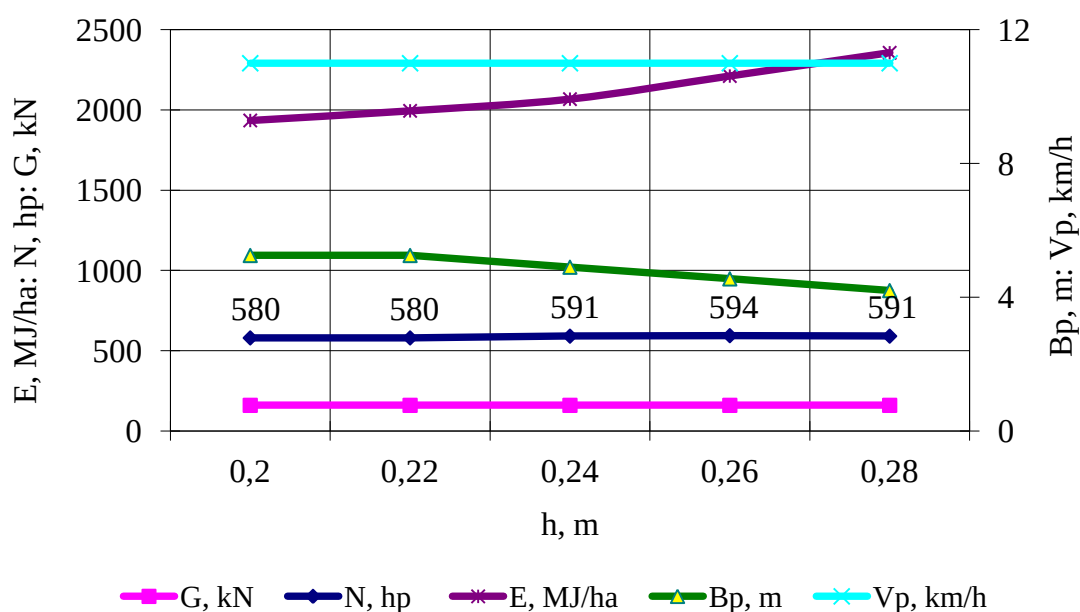


Рис. 1.5. Зависимость суммарных энергетических затрат, параметров и режимов работы пахотного агрегата от глубины вспашки

Изменение глубины обработки почвы не влияет на оптимальное значение веса трактора – он остается равным 160 кН, смотрите рисунок 5. Мощность двигателя колеблется в пределах 600 л.с. С ростом глубины обработки от 0,2 до 0,28 м, оптимальная ширина захвата плуга снижается с 5,25 м до 4,2 м. Рабочая скорость остается стабильно равной 11 км/ч. Из-за увеличения прямых затрат энергии через топливо и снижения производительности пахотного агрегата суммарные энергетические затраты на выполнение одного га пахоты с ростом глубины обработки увеличиваются.

Заключение

1. Разработанный метод обоснования основных параметров трактора и агрегата, составленного на его базе, путем проведения многочисленных вычислительных экспериментов, позволили выявить оптимальные (рациональные) значения основных параметров пахотного трактора (веса трактора и мощности его двигателя) и агрегата, составленного на его базе (ширины захвата плуга и рабочей скорости агрегата).

2. Наиболее рациональным весом трактора является вес равный 160 кН и он сохраняется при изменении удельного сопротивления почвы рабочим органам плуга в пределах от 46 до 66 кН/м², при изменении площади поля от 10 до 130 га, при изменении сезонной нагрузки на агрегат от 250 до 600 га, при изменении глубины вспашки от 0,2 до 0,28 м. При этом потребная мощность двигателя трактора находится в пределах 500 л.с. Оптимальная ширина захвата пахотного агрегата зависит от удельного тягового сопротивления плуга и глубины вспашки. При удельном тяговом сопротивлении плуга равном 60 кН/м² и глубине вспашки равной 0,26 м рациональная ширина захвата пахотного агрегата равняется 4,55 м и остается постоянной при изменении размеров поля от 10 до 130 га и сезонной нагрузки агрегата от 250 до 600 га. При снижении удельного тягового сопротивления плуга ниже 58 кН/м² и глубины вспашки ниже 0,25 м необходимо использовать более широкозахватные плуги. Наиболее рациональной является рабочая скорость агрегата равная 11 км/ч. При работе пахотного агрегата с такими параметрами обеспечиваются минимальные затраты прямой и косвенной энергии, в том числе энергии теряемого урожая.

2 ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

Задание для расчета теоретической тяговой характеристики

- Тип ходовой части трактора – 4к4;
- Класс трактора: $P_{кр.ном.}$ – 60-70 кН;
- Средняя рабочая скорость: $V_{ср}$ – 12 км/ч;
- Номин. частота вращения к/вала двигателя: $n_{ен}$ – 1900 об/мин;
- Удельный расход топлива: $g_{еном}$ – 213 г/кВт ч;
- Коэфф. C_1 для расчета характеристики двигателя: 0,8.

2.1. Расчет теоретической тяговой характеристики трактора.

Мы объясняем, почему нам необходимо рассчитать и построить теоретические тяговые характеристики проектируемого трактора. Это позволило бы определить тяговые характеристики, величину буксования и КПД тягового усилия. Тогда можно сделать вывод о том, что полученные теоритические буксование и КПД тяговой не превышают допустимого значения. После этого можно сделать вывод о том, что эксплуатационная масса определена, верно.

Эта характеристика рассчитана и построена для работы при заданном плодородии почвы во всех передачах. Тяговые показатели трактора, а также эффективность его использования в сельскохозяйственном производстве в соответствии с назначением и условиями эксплуатации зависят от правильного выбора основных параметров: массы, мощности и типа двигателя, управляющих характеристик преобразователя.

При осуществлении тягового расчета трактора выполняются следующие работы: расчет и построение регуляторной характеристики двигателя, потенциальной и теоретической тяговых характеристик трактора; анализ его основных эксплуатационных свойств..

Теоретическая тяговая характеристика состоит из 2-х частей: в нижней части даны зависимости основных параметров дизеля трактора от величины крутящего момента на его коленчатом валу (N_e , G_t , $n_e = f(M_e)$). Верхняя часть

представляет собой тяговую характеристику трактора – $V_d, N_{кр}, g_{кр}, \delta, \eta_{тяг} = f(P_{кр})$.

Определение массы трактора.

Различают конструктивную и эксплуатационную массы трактора. Конструктивную массу называют «сухой» массой - это масса трактора сразу после сборки – без заправок маслом, топливом, охлаждающей жидкостью, без инструмента, дополнительных грузов и тракториста, а эксплуатационная – уже трактора, готового к работе в поле т.е., полностью снаряженного.

Различают конструкцию и рабочий вес трактора. Конструктивный вес иногда называют "сухим" весом-это вес трактора после установки-нет заправки, масла, топлива, охлаждающей жидкости, инструмент дороже и самого трактора, а рабочий-это трактор, готовый к работе в зоне, полностью снаряженный.

Определим конструктивную массу:

$$m_k = \frac{P_{кр.ном}}{\varphi_{кр.ном} \times 9,81}, \text{ кг} \quad (2.1)$$

где m_k – конструктивная масса, кг;

$P_{кр.ном}$ – номинальное тяговое усилие на крюке трактора, Н;

$\varphi_{кр.ном}$ – коэффициент использования массы при номинальном тяговом усилии.

Принимая во внимание, что $P_{кр.ном}=70000$ Н. Коэффициент использования массы при номинальном тяговом усилии для тракторов с колесной формулой 4к4 можно брать значения 0,40...0,50; $\varphi_{кр.ном}=0,40$ находим

$$m_k = \frac{P_{кр.ном}}{\varphi_{кр.ном} \times 9,81} = \frac{70000}{0,40 \times 9,81} = 17840 \text{ кг}$$

Эксплуатационная (полная) масса:

$$m_э = m_k (1,06...1,12), \text{ кг} \quad (2.2)$$

где $m_э$ – эксплуатационная масса, кг;

m_k – конструктивная масса, кг;

Принимая во внимание, что $m_k=17840$ кг находим

$$m_э = 17840 \times 1,06 = 18910 \text{ кг}$$

Определение параметров ходовой части.

К определяемым параметрам ходовой части относятся: размеры ведущих колес, для колесного трактора, и размеры ведущей звездочки – для гусеничных тракторов.

Ведущие колеса выбираем тракторного типа – с редким и глубоким рисунком, с учетом нагрузки на одно колесо:

$$G_{к1} = \frac{m_э \lambda_k 9,81}{2}, \text{ Н} \quad (2.3)$$

где $G_{к1}$ – вес трактора, приходящееся на одно колесо, Н;

$m_э$ – эксплуатационная масса, кг;

λ_k – коэффициент распределения веса на ведущее колесо.

Принимая во внимание, что $m_э=18910$ кг, $\lambda_k=1$ находим

$$G_{к1} = \frac{18910 \times 1 \times 9,81}{2} = 92753 \text{ Н}$$

Зная, нагрузку на одно колесо из справочника по автотракторным шинам определяем шину. Для трактора подойдет шина 18,4' – 38', где первая цифра ширина или высота профиля, а вторая – посадочный диаметр в дюймах.

Далее определим радиус ведущего колеса:

$$r_k = 0,0254 \times [0,5 \times d + H(1 - \delta_1)], \text{ м} \quad (2.4)$$

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

d – посадочный диаметр в дюймах,

H – высота профиля в дюймах;

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

Принимая во внимание, что $d=32$, $H=18,3$ находим

$$r_k = 0,0254 \times [0,5 \times 32 + 18,3 \times (1 - 0,11)] = 0,915 \text{ м}$$

Определим номинальную мощность двигателя.

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

С учетом сказанного:

$$N_{е.ном} = \frac{V_{ср}(P_{кр.ном} + m_э f 9,81)}{1000 \eta_{тр}}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

где $N_{е.ном}$ – номинальная мощность двигателя, кВт;

$V_{ср}$ – скорость движения на одной из низших передачах, используемых при выполнении тяжелых работ, м/с;

$P_{кр.ном}$ – номинальное тяговое усилия на крюке, Н;

$m_э$ – эксплуатационная масса, кг;

f – коэффициент сопротивления движению при работах в нормальных условиях;

$\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии трактора. $\eta_{тр} = 0,9$.

Принимая во внимание, что $V_{ср}=3,3$ м/с, $P_{кр.ном}=70000$ Н, $m_э= 16000$ кг, $f= 0,15$; $\eta_{тр} = 0,9$ находим

$$N_{е.ном} = \frac{3,3 \times (70000 + 16000 \times 0,15 \times 9,81)}{1000 \times 0,9} = 277,8 \text{ кВт}$$

Рассчитанная номинальная мощность двигателя не подходит рассчитанной мощности в программе MATLAB и его будет не хватать. Поэтому возьмём мощность, рассчитанную в программе, и она будет равняться 368 кВт.

Основные параметры двигателя.

К основным параметрам двигателя относятся: номинальные мощность – $N_{\text{еном}}$, крутящий момент – $M_{\text{еном}}$, часовой расход топлива – $G_{\text{тном}}$, удельный расход топлива – $q_{\text{еном}}$ и частота вращения коленчатого вала – $n_{\text{еном}}$. При этом $n_{\text{ен}}$ и $q_{\text{ен}}$ – даны в задании, $N_{\text{ен}}$ – уже определили выше.

Определим крутящий момент двигателя:

$$M_{\text{еном}} = \frac{30 \times 10^3 \times N_{\text{еном}}}{\pi \times n_{\text{еном}}}, \text{ Нм.} \quad (2.6)$$

где $M_{\text{еном}}$ – крутящий момент двигателя, Нм;

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

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

Принимая во внимание, что $N_{\text{еном}} = 368$ кВт, $n_{\text{еном}} = 1900$ об/мин находим

$$M_{\text{еном}} = \frac{30 \times 10^3 \times N_{\text{еном}}}{\pi \times n_{\text{еном}}} = \frac{30 \times 10^3 \times 368}{3,14 \times 1900} = 1850 \text{ Нм}$$

Определим номинальный часовой расход топлива:

$$G_{\text{тном}} = \frac{q_{\text{еном}} N_{\text{еном}}}{1000}, \text{ кг/ч} \quad (2.7)$$

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

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

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

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

Принимая во внимание, что $N_{\text{еном}} = 368$ кВт, $n_{\text{еном}} = 1900$ об/мин находим

$$G_{\text{тном}} = \frac{q_{\text{еном}} N_{\text{еном}}}{1000} = \frac{213 \times 368}{1000} = 78,3 \text{ кг/ч}$$

Таким образом, все номинальные параметры определены. По этим параметрам подберём прототип двигатель из тех, которые установлены на имеющихся тракторах. Возьмём двигатель ТМЗ 8481.10-04 установленный на тракторе К744 Р4.

ТМЗ 8481.10-04 представляют собой 4-х тактный поршневой восьмицилиндровый двигатель внутреннего сгорания с V-ным вертикальным расположением цилиндров, непосредственным впрыском дизельного топлива и воспламенением от сжатия.

Приведем его основные технические данные:

- Тип - 4-х тактный, V-ный с турбонаддувом;
- Число цилиндров, шт – 8;
- Способ смесеобразования - Непосредственный впрыск топлива;
- Степень сжатия (расчетная) - $15,1 \pm 1$;
- Диаметр цилиндра, мм – 140;
- Ход поршня, мм – 140;
- Рабочий объем, л – 17,24;
- Порядок работы - 1-5-4-2-6-3-7-8;
- Система охлаждения – жидкостная;
- Номинальная частота вращения, об/мин – 1900;
- Мощность номинальная, кВт - 257;
- Максимальный крутящий момент, Нм - 1960;
- Удельный расход топлива, г/кВтч – 213.

Далее для расчетов используются номинальные значения параметров двигателя – $N_{\text{еном}}$, $M_{\text{еном}}$, $G_{\text{т.ном}}$, $g_{\text{еном}}$ и $n_{\text{еном}}$ которые уже определены выше.

Определим наибольшую скорость вращения коленчатого вала при полной подаче топлива, но без нагрузки:

$$n_{\text{ex/x}} = n_{\text{еном}} * (1 + b_p), \text{ об/мин} \quad (2.8)$$

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

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

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

Принимая во внимание, что $n_{\text{еном}} = 1900$ об/мин, $b_p = 0,09$ находим

$$n_{\text{ex/x}} = 1900 \times (1 + 0,09) = 2289 \text{ об/мин}$$

Определим величину расхода топлива:

$$G_{\text{ТХ/Х}} = G_{\text{ТНОМ}} (0,25 \dots 0,30), \text{ кг/ч} \quad (2.9)$$

где $G_{\text{ТХ/Х}}$ – величину расхода топлива, кг/ч;

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

Принимая во внимание, что $G_{\text{ТНОМ}} = 78,3 \text{ кг/ч}$ находим

$$G_{\text{ТХ/Х}} = 78,3 \times 0,25 = 19,5 \text{ кг/ч}$$

Далее рассчитываем значения передаточных чисел трансмиссии трактора для каждой передачи:

$$i_{\text{тр}} = 0,105 \times \frac{n_{\text{еном}} \times 3,6 \times r_{\text{к}}}{V}, \quad (2.10)$$

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

$r_{\text{к}}$ – радиус ведущего колеса;

V – скорость проектируемого трактора, км/ч.

Принимая во внимание, что $n_{\text{еном}} = 1900 \text{ об/мин}$, $r_{\text{к}} = 0,915$

$$i_{\text{тр1}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{5,4} = 122;$$

$$i_{\text{тр2}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{6,5} = 101;$$

$$i_{\text{тр3}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{8,2} = 80;$$

$$i_{\text{тр4}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{9,2} = 72;$$

$$i_{\text{тр5}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{10} = 65,7;$$

$$i_{\text{тр6}} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{11} = 60;$$

$$i_{\text{тр}7} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{12} = 55;$$

$$i_{\text{тр}8} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{13,4} = 49;$$

$$i_{\text{тр}9} = 0,105 \times \frac{1900 \times 3,6 \times 0,915}{14,4} = 46.$$

Таким образом, рассчитали все значения передаточных чисел трансмиссии трактора для каждой передачи.

2.2 Расчеты с использованием ЭВМ и построение теоретической тяговой характеристики трактора.

Для расчета теоретической тяговой характеристики с помощью ЭВМ необходимы следующие данные в таблице 2.2.1 для ввода их в ЭВМ. Эти данные уже рассчитаны. Некоторые значения возьмём от технической характеристики трактора К744 Р4.

Таблица 2.2.1 – Таблица с параметрами трактора

№	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
1	2	3	4	5
1.	Масса трактора, кг	m_0	M	16000
2.	Радиус ведущих колес, м.	r_k	R	0,915
3.	К.п.д. трансмиссии	$\eta_{\text{тр}}$	H4	0,9
4.	Малые обороты холостого хода двигателя, об/мин.	n_{emin}	H1	650
5.	Номин. обороты вала двигателя, об/мин.	$n_{\text{еном}}$	H2	1900

Продолжение таблицы 2.2.1

1	2	3	4	5
6.	Мах. Обороты холостого хода двигателя, об/мин.	$n_{ex/x}$	H3	2289
7.	Номин. момент двигателя, Н.м.	$M_{еном}$	M2	1850
8.	Мах. Момент двигателя, Н.м.	$M_{емах.}$	M3	2220
9.	Номин. часовой расход топлива, кг/ч.	$G_{тном}$	G2	78,3
10.	Часов. расход на холост. ходу, кг/ч.	$G_{тх/х}$	G3	19,5
11.	Удельный расход топлива, г/кВт*ч	$g_{еном}$	G4	213
№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
12.	Коэф. сопрот. качению на заданном фоне.	f	F	0,09
13.	Коэф. сцепления на заданном фоне.	φ	F1	0,7
№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
14.	Коэф. распределения веса на ведущие колеса.	λ_k	L	1
15.	Коэффициенты для расчета буксования	a	A5	0,13
16.		b	B5	0,013
17.		c	C5	8
18.	Обороты двигателя при $M_{емах.}$	n_0	H6	1400

Продолжение таблицы 2.2.1

1	2	3	4	5
№	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
19.	Номин. усилие на крюке, Н.	Ркр.ном	P	70000
20.	Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора	i _{тр.1}	I1	122
21.		I _{тр.2}	I2	101
22.		i _{тр.3}	I3	80
23.		i _{тр.4}	I4	72
		i _{тр.5}	I5	65,7
		i _{тр.6}	I6	60
		i _{тр.7}	I7	55
		i _{тр.8}	I8	49
		i _{тр.9}	I9	46
24.	Начальное значение усилия на крюке, Н	P _{кр.нач}	P1	10
25.	Номин. мощность; кВт	N _{еном}	N2	368
26.	Коэффициент C ₁	C ₁	C1	0,8
27.	Коэф. C ₂ =2-C ₁	C ₂	C2	1,2

По результатам расчетов машина выдаст распечатку, где правые 5 колонок – это данные по двигателю [по данным 2]:

N – n_е, об/мин

N – N_е, кВт

$M1 - M_e, \text{ Нм}$

$G - G_T, \text{ кг/ч}$

$G1 - g_e, \text{ г/кВт.ч}$

Следующие b – это параметры трактора:

$P - P_{кр}, \text{ Н.}$

$B - \delta,$

$V1 - V_d, \text{ м/с}$

$N1 - N_{кр}, \text{ кВт}$

$G5 - g_{кр}, \text{ г/кр.кВт.ч}$

$H5 - \eta_{тяг}$

Все выданные ЭВМ результаты расчетов приведены в Приложении Б.

По этим данным строится теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора, которая представлена на рисунке 2.1.

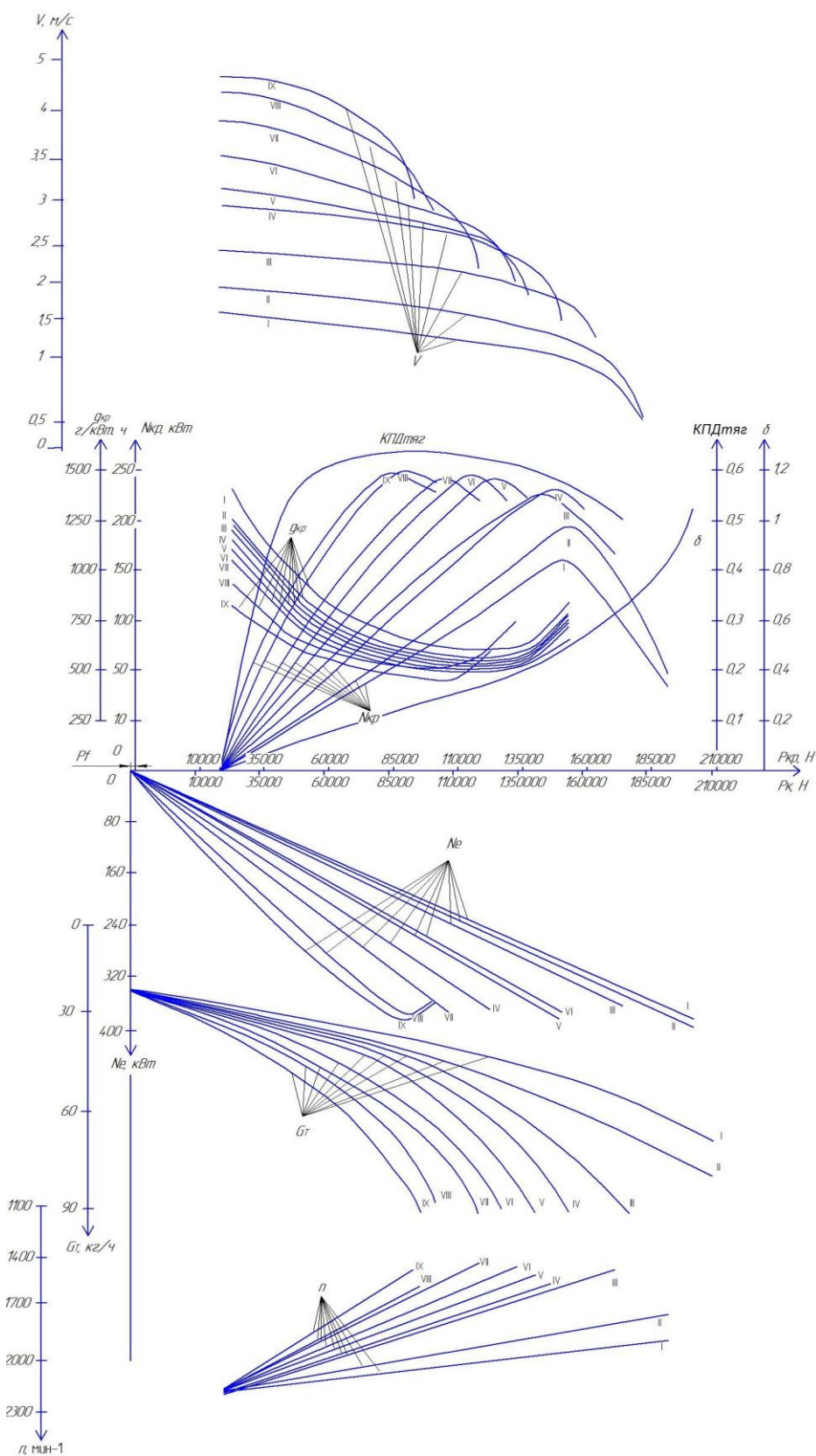


Рисунок 2.1 – Теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора.

2.3 Анализ тяговой характеристики трактора

1. По мере увеличения тягового усилия трактора крюковая мощность пропорционально увеличивается от 0 до $N_{кр.мах} = 166$ кВт на первой передаче и $N_{кр.мах} 254$ кВт на высшей (шестой) передаче. Эти значения примерно соответствуют $P_{кр.н} = 70$ кН. Эта сила должна быть развита на почве нормальной влажности и средней твердости 1,5 МПа; при этом буксование трактора не должно превышать 16 %. Тип трактора – общего назначения

Когда тяговое усилие увеличивается выше 140 кН мощность на крюке уменьшается. В этом случае двигатель должен работать на перегрузочных режимах, частота вращения вала двигателя снижается, и скорость движения трактора резко уменьшается. И хотя усилие на крюке увеличивается, но так как скорость движения уменьшается более интенсивно, произведение $P_{кр} \cdot V$ уменьшается, т.е. уменьшается мощность на крюке.

2. Буксование движителей по мере роста усилия на крюке медленно увеличивается, достигает при номинальном тяговом усилии 15 %. Это не должно превышает допустимое (нормируемое) значение, равное 16 %, что свидетельствует о достаточно хороших (удовлетворительных) сцепных свойствах трактора. При росте $P_{кр}$ свыше номинального значения буксование быстро растет из-за ухудшения тягово-сцепных свойств трактора и при $P_{кр} = 70$ кН достигает 30 %.

3. Часовой расход топлива G_T по мере загрузки трактора увеличивается от 23,2 кг/ч на холостом ходу до 36 кг/ч при номинальной силе тяги на крюке. При дальнейшем увеличении $P_{кр}$ расход топлива увеличивается.

4. Удельный (крюковой) расход топлива $g_{кр}$ по мере загрузки двигателя уменьшается от 1417 г/кВт·ч на холостом ходу до 340 г/кВт·ч при номинальном тяговом усилии. С дальнейшим увеличением усилия на крюке удельный расход топлива увеличивается до 1751 г/кВт·ч из-за уменьшения мощности и перегрузочных режимов работы двигателя на корректорной ветви регуляторной характеристики. Минимальный удельный (крюковой) расход топлива $g_{кр.мин}$ составил 306 г/тяг.кВт·ч при тяговом усилии $P_{кр} = 98,1$ кН, что соответствует аналогич-

ному показателю, достигнутому на современных сельскохозяйственных тракторах.

Повышенный удельный расход топлива на холостом ход и перегрузочном режиме работы двигателя объясняется неэкономичностью работы на данных режимах.

5. Тяговый КПД трактора по мере загрузки трактора увеличивается, достигает максимального значения, равного 0,69 при силе тяги на крюке 87 до 119 кН, а затем уменьшается.

Зона оптимальных значений тягового КПД, равных 0,6-0,68 достигается при изменении $P_{кр}$ в диапазоне от 56 до 77 кН.

3 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

За основу проектируемого трактора был взят уже существующий трактор К744 Р4, который представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 –Трактор К-744 Р4

Сельскохозяйственный трактор К-744 Р4, общего назначения, 7го тягового класса. Благодаря огромного выбора навесного оборудования трактор способен выполнять широкий спектр сельскохозяйственных работ, начиная от подготовки почвы для посева и уборкой урожая и заканчивая реализацией поставленной задачи. Базовая комплектация трактора К-744 включает в себя все необходимое для обеспечения безопасной и комфортной работы оператора. А техническое оснащение трактора способствует продуктивной его работе в любой местности [8].

К-744 – это сельскохозяйственная машина общего назначения, полноприводная, построенная на шарнирно-сочленённой раме. Основные черты данной техники – это высокая производительность, отличные показатели проходимости и маневренности, простота и надёжность конструкции, ремонтпригодность, расширенные возможности агрегатирования как с классическими, так и с передовыми широкозахватными комплексными почвообрабатывающими, посевными орудиями и машинами. Любой из тракторов К-744Р в качестве одной рабочей единицы способен в течение сезона подготовить и засеять до 5 тысяч гектар площади, не выходя за пределы правильных агропромышленных сроков. Себестоимость обработки и посева, в пересчёте на один гектар, получается таким образом минимально низкой.

. На трактор устанавливается ряд двигателей мощностью от 300 до 420 л.с. Отечественные – Тутаевского завода. Эксплуатационная масса трактора составляет от 16,4 до 18,7 тонн. Эти параметры вместе с возможностью сдвигания колес для улучшения сцепных свойств обеспечивают попадание тракторов в диапазон от 5-го до 8-го тягового класса.

Шарнирно-сочлененная рама обеспечивает хорошую маневренность: радиус разворота по следу наружного колеса составляет 7,9 метра. 800-литровый топливный бак обеспечивает работу без дозаправки на протяжении 12-14 часов.

Механическая коробка передач с гидравлическим управлением имеет 16 передач для движения вперед и 8 для движения назад. Передачи разбиты на четыре диапазона. Внутри каждого диапазона переключение передач возможно без разрыва потока мощности.

Навесное устройство и сцепка позволяют агрегатировать трактор с сельскохозяйственными машинами разных производителей. В базовом оснащении гидросистема трактора обеспечивает производительность 90 л/мин. При необходимости обеспечения работы трактора с сельхозмашинами, имеющими гидромотор активного рабочего органа, можно установить

гидросистему с аксиально-поршневым насосом с изменяемой подачей жидкости на одной выносной гидролинии в диапазоне 5 - 87 л/мин..

Срок службы трактора 10 лет. Ресурс до первого капитального ремонта составляет не менее 8000 моточасов (трактор в целом, двигатель, трансмиссия).

В процессе эксплуатации трактора регламентируются следующие виды технического обслуживания - ежедневное (ЕО), периодические: ТО-1 (периодичность каждые 125 моточасов), ТО-2 (500 моточасов), ТО-3 (1000 моточасов), сезонные: весенне-летнее (ТО-ВЛ) и осенне-зимнее (ТО-ОЗ). Помимо вышеуказанных, предусмотрено также обслуживание при подготовке нового или капитально отремонтированного трактора к эксплуатационной обкатке, во время обкатки и по ее окончании. Регламентировано техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (песчаных, каменистых и болотистых почв, пустыни, низких температур и высокогорья) и обслуживание во время длительного хранения.

В конструкцию трактора заложен большой запас прочности. Большинство регламентных работ по ТО может быть выполнено без применения дорогостоящего специализированного оборудования. Рамная конструкция - агрегаты легко демонтируются для капитального ремонта или замены, они доступны и относительно недороги.

Конструктивные особенности: турбонаддув, очистка воздуха на впуске, система охлаждения, предпусковой подогрев

Характеристики дизелей: запас крутящего момента до 27 % и мощности до 5 %;

Двигатели 8481.10 (-02, -04): 350, 390, 420 л.с.: современная конструкция, высокая мощность

Экономичность у всех современных двигателей примерно на одном уровне.

Отечественные двигатели несколько уступают зарубежным в экономичности, но менее чувствительны к качеству топлива.

Двигатель сельскохозяйственного трактора работает в условиях отличных от условий работы других машин, например грузовиков. На основных сельскохозяйственных операциях 80% времени двигатель трактора работает с нагрузкой, близкой к номинальной, 13% - на холостом ходу и 7% - на режиме малого газа. При этом до 90% общего времени тракторные дизели работают на режимах переменных моментов сопротивления, так как условия работы из-за разной влажности почвы, растительного покрова, рельефа и других факторов постоянно изменяются.

Эскизная компоновка трактора используется для определения основных геометрических и весовых характеристик проектируемого трактора и сопровождается соответствующими расчетами основных геометрических и весовых параметров агрегатов.

Внешний вид проектируемого трактора будет отличаться от его аналога. В отличие от трактора К-744, проектируемый трактор будет обладать более современным дизайном. Новый трактор будет оснащен более агрессивными и большими фарами. Капот трактора, в эскизной компоновке, будут увеличены и приобретут более современную форму. Крыша кабины станет более округлой. Трактор будет оснащен дополнительной оптикой, располагающейся на капоте трактора. Зеркала заднего вида будут оснащены раскладным механизмом, для более хорошего обзора. Эскизная компоновка проектируемого трактора приведена на рисунках 3.2, 3.3.

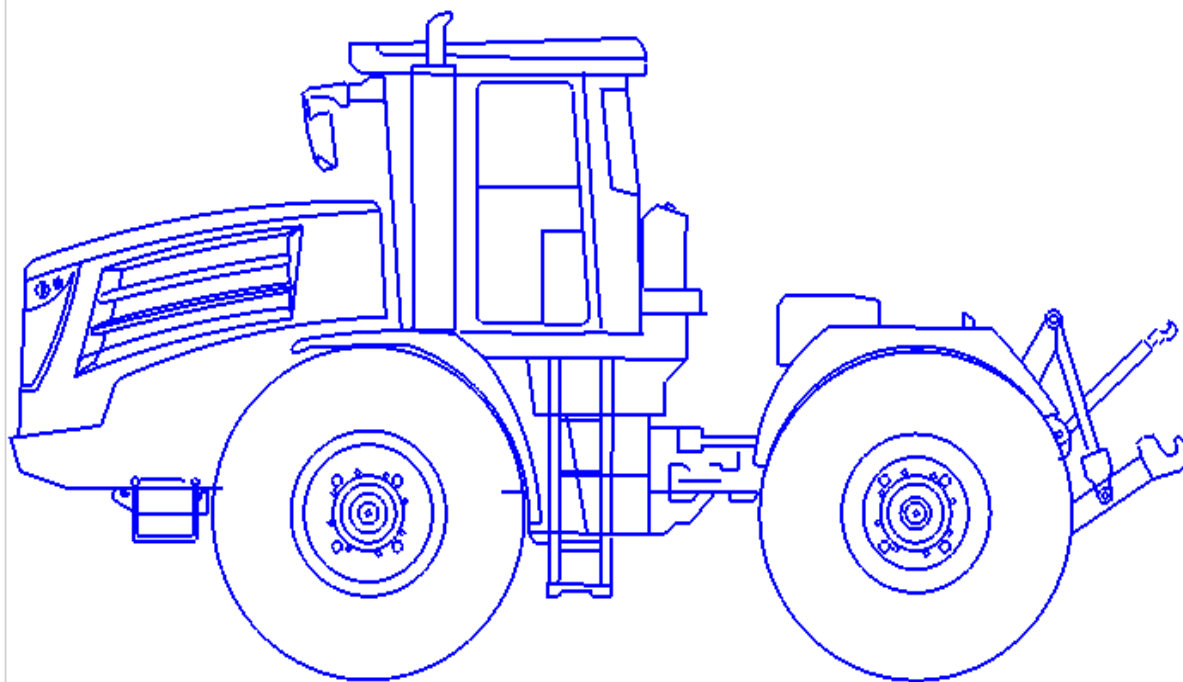


Рисунок 3.2 – Эскизная компоновка проектируемого трактора, вид справа

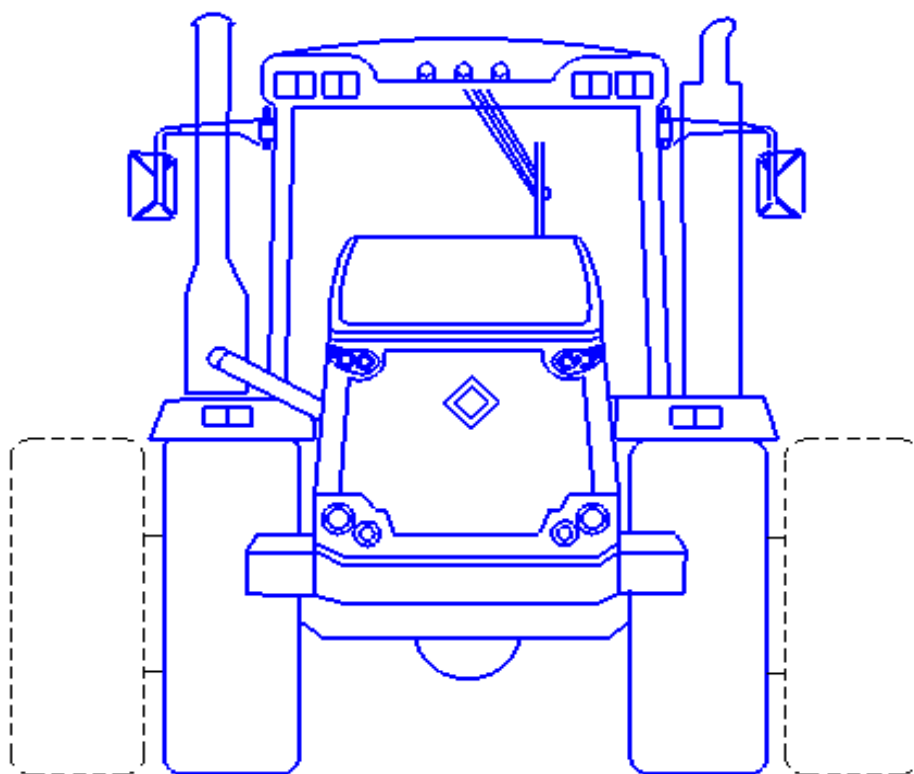


Рисунок 3.3 – Эскизная компоновка проектируемого трактора, вид спереди

4. ВСТРОЕННАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТРАКТОРА.

4.1 ОБЗОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ 8481.10

Система охлаждения двигателя (рис.4.1)—жидкостная, закрытого типа, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости.

В систему охлаждения входят водяной насос 2, вентилятор с автоматически управляемой гидромуфтой привода, включатель гидромуфты, радиатор, расширительный бачок и трубопроводы. В систему охлаждения двигателя включены также водомасляный радиатор 1 и охладитель наддувочного воздуха 5.

Во время работы двигателя жидкость, охлажденная в радиаторе, нагнетается насосом 2 в водяную рубашку левого ряда цилиндров через водомасляный радиатор 1, и водяную рубашку правого ряда цилиндров по трубопроводу 3. Из блока цилиндров охлаждающая жидкость поступает в головки цилиндров и далее по водяным трубам 7 в коробку термостатов 5.

Из коробки термостатов нагретая жидкость подается в радиатор 4, где отдает тепло потоку воздуха, просасываемому через радиатор вентилятором, после чего жидкость вновь поступает в водяной насос. Когда температура охлаждающей жидкости опускается ниже 70°C, термостаты автоматически

Подп. и дата		Инв. № дудл.		Взам. инв. №		Подп. и дата	
Инв. № подл.		Разраб.	Шугапов И.М.	Пров.	Хафизов К.А.	Реценз.	
		Н.контр.		Утв.	Хафизов К.А.		
		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	
		Разработка встроенной диагностики системы охлаждения двигателя				Лит.	Лист
							1
						Листов	
						26	
						КГАУ каф. ТАиЭУ группа с251-07	

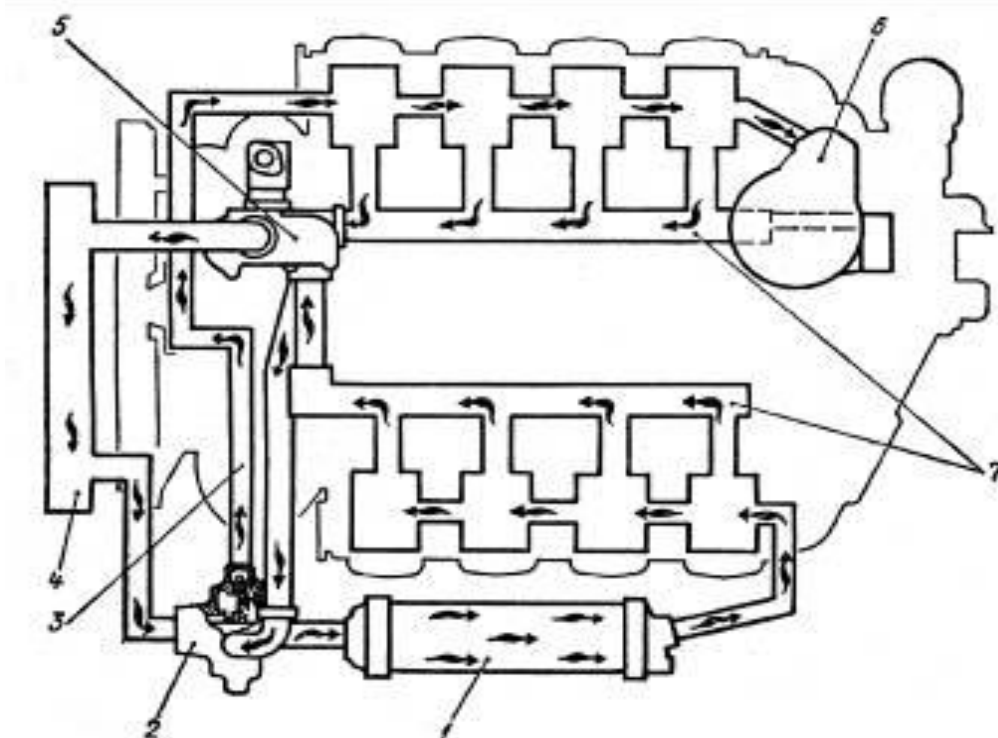


Рис. 4.1 Схема жидкостного тракта системы охлаждения:

1 — водомасляный радиатор; 2 — водяной насос; 3 — трубопровод; 4 — радиатор; 5 — коробка термостатов; 6 — охладитель воздуха; 7 — водяные трубы перекрывают движение жидкости к радиатору и направляют весь ее поток непосредственно к водяному насосу. При повышении температуры охлаждающей жидкости термостаты вновь открывают движение жидкости через радиатор. Одновременно регулирование теплового режима двигателя обеспечивается изменением оборотов вентилятора посредством изменения расхода масла через гидромфту, осуществляемого включателем гидромфты в зависимости от температуры охлаждающей жидкости.

Таким образом, посредством термостатов и регулируемого привода вентилятора обеспечивается оптимальный тепловой режим работы двигателя в диапазоне 70—88°C.

4.2 Литературный анализ существующих конструкций и способов диагностики

Для диагностики системы охлаждения, применяются различные методы и приборы проверки исправности отдельных ее компонентов. Познакомимся с ними по подробнее.

Причиной нарушения температурного режима двигателя, может послужить выход из строя термостата. Для проверки термостата его необходимо снять из двигателя и опустить в ёмкость с водой. Далее вода нагревается и по

термометру фиксируется температура открытия и закрытия клапана. Если в закипевшей воде клапан термостата никак не реагирует, то он неисправен и подлежит замене.

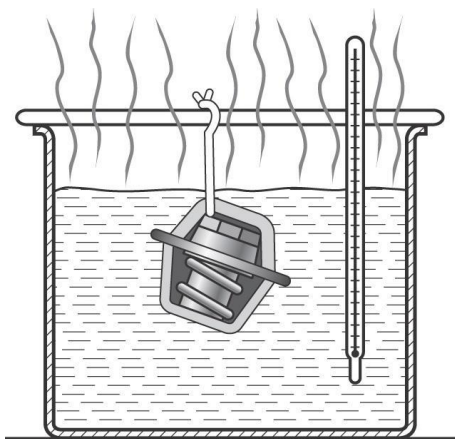


Рисунок 4.2 – Проверка термостата в емкости с водой.

Такой метод диагностики позволяет получить 100% информацию о работоспособности термостата, но является трудоемким и требующим больших временных затрат так как необходимо демонтировать термостат с двигателя.

Другим способом проверки работоспособности термостата, но без разборки системы охлаждения, является метод нанесения меток на корпус термостата, специальным индикаторным карандашом (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 – Индикаторный карандаш.

Индикаторный карандаш, как видно из рисунка, похож на обычный карандаш и содержит парафиновый материал с определенными химическими добавками, которые обеспечивают заданную температуру плавления. С помощью нанесения на корпус термостата меток карандашом на 87°C и 93°C можно проверить температуру открытия термостата. Эти метки должны таять при достижении охлаждающей жидкостью температур 87°C и 93°C , соответственно.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

Эти температуры определяют диапазон открытия термостата. Поэтому, если наблюдаемая через пробку радиатора, циркуляция не происходит так, как это требуется, значит, термостат может быть неисправен.[19] Этот метод является примитивным и не достаточно информативным.

Проскальзывание ремня привода вентилятор, из-за ослабления натяжения, тоже ведет к уменьшению эффективности системы охлаждения и выходу двигателя из строя. Натяжение приводного ремня вентилятора проверяются с помощью приспособления мод. КИ-8920 (рис.4.4). Устройство работает по принципу зависимости линейной величины прогиба ремня от угла прогиба при заданном усилии. Для проверки натяженного ремня следует установить упорный конец штока 8 посередине и перпендикулярно одной из ветвей проверяемого ремня так, чтобы усилие от установочной скобы 10 передавалось на боковую поверхность ремня. Под действием приложенной от руки нагрузки шток, преодолевая сопротивление пружины 7, переместится на расстояние, прямо пропорциональное приложенному усилию. При снятии нагрузки шток под действием пружины возвращается в исходное положение, а ползун, по которому ведется отсчет показаний, остается в положении, соответствующем конечному значению приложенной силы. Значение используемой нагрузки определяется путем вычитания шкалы

Ползун фиксируется пружинным кольцом. При перемещении винта 6 По направляющей ползун возвращается в исходное положение. Для регулирования пружины в процессе эксплуатации устройства предусмотрен винт 4, Изменяющий ее длину. При измерении секторы под действием прогибающегося ремня повернутся на некоторый угол, пропорциональный прогибу. Показания отсчитываются по одной из шкал сектора в зависимости от значения межосевого расстояния между шкивами. Секторы фиксируются пружинкой в положении, соответствующем конечному значению прогиба ремня.

					<i>ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

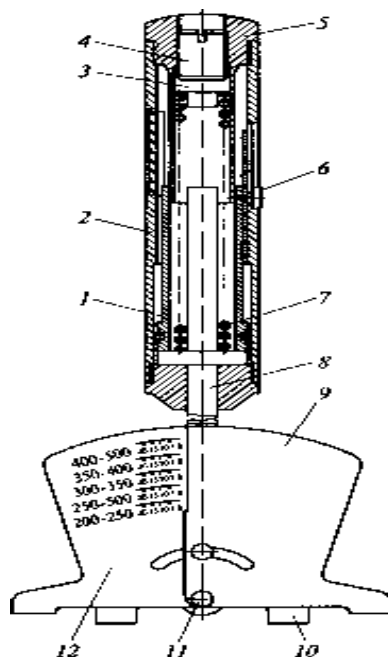


Рисунок 4.4 - Приспособление мод. КИ-8920 для проверки натяжения ремней:

1 - ползун; 2 - корпус; 3 - упор пружины; 4 - винт; 5 - направляющая; 6 - фиксирующий винт; 7 - пружина; 8 - шток; 9 и 12 - секторы; 10 - установочная скоба; 11 - ось винта.

Для проверки исправности клапанов пробки расширительного бачка и герметичности системы охлаждения двигателя применяют приспособление ДСО-2 (рис. 4.5).

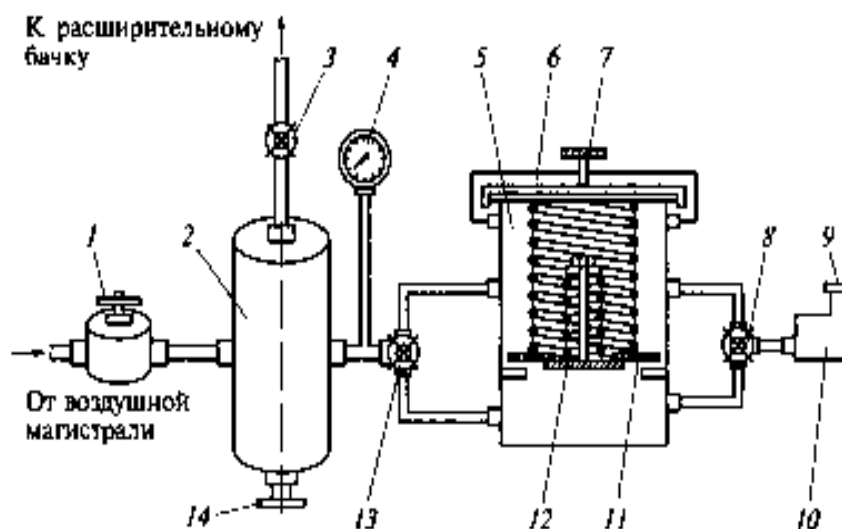


Рисунок 4.5 - Схема приспособления мод. ДСО-2: 1 - редуктор; 2 - баллон; 3 - мран; 4 - манометр; 5 - стакан; 6 - рамка; 7 - зажим; 8 и 13 - двухходовые краны; 9 - регулировочный винт; 10 - индикатор; 11 и 12- соответственно паровой и воздушный клапаны пробки; 14- винтовой кран.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

В приспособление помещен поплавков, с помощью которого фиксируется момент срабатывания клапанов пробки расширительного бачка, отрегулированных на определенное давление. При закрытых кранах 3 и 13 Создается давление в воздушном баллоне. С помощью редуктора оно устанавливается на 0,15...0,16 МПа. Снятую с горловины расширительного бачка пробку закрепляют на стакане 5. При перекрытии крана 8 воздух подается в верхнюю полость стакана. Нижнюю полость стакана соединяют с индикатором 10 с помощью крана 8. Давление, действующее на паровой клапан 11, фиксируется манометром 4 в момент поднятия поплавка в индикаторе. Затем соединяют индикатор с нижней полостью стакана, а воздух подают из воздушного баллона 2 в верхнюю полость и фиксируют давление, при котором открывается воздушный клапан 12 пробки.

Для проверки герметичности системы охлаждения приспособлением мод. ДСО-2 необходимо на горловину расширительного бачка вместо пробки установить насадку приспособления, соединенную с краном 3. При закрытых кранах 3 и 13 Редуктором создают давление 0,6...0,7 МПа и открывают кран 3. По секундомеру и манометру следят за изменением давления в системе охлаждения.

Одновременно с проверкой герметичности системы можно проверить на работающем двигателе и состояние прокладки головки цилиндров. Для этой проверки устанавливают минимальную частоту вращения коленчатого вала и наблюдают за показаниями манометра. Колебание стрелки манометра свидетельствует о поступлении газов из цилиндров в систему охлаждения, т. е. о повреждении прокладки или самой головки цилиндров.

Однако данное приспособление имеет ряд недостатков, к которым относятся невысокая скорость определения неисправности, малое количество выявляемых неисправностей, возможность выполнения диагностирования лишь в статическом режиме, недостаточный уровень автоматизации диагностирования.

Для выявления новых конструкций и методов диагностики был проведен глубокий патентный поиск в информационных ресурсах

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

https://yandex.ru/patents/doc/RU43915U1_20050210 и <http://www.freepatent.ru/>. В ходе анализа исследований было отобрано несколько изобретений более подходящих к разрабатываемой конструкции

№ патента: РФ № 2016103617[13]

Дата публикации: 15.08.2017

Название патента: Способ (варианты) и система для диагностики системы охлаждения

Авторы: Дудар Аэд М (US), Джентц Роберт Рой (US)

Краткое описание:

1. Способ управления работой системы охлаждения двигателя, включающий в себя следующие этапы: контролируют температурный профиль охлаждающей жидкости после останова двигателя; и выполняют индикацию уровня охлаждающей жидкости на основе температурного профиля охлаждающей жидкости, определенного после останова двигателя.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что индикация включает в себя этап, на котором выполняют индикацию уровня охлаждающей жидкости, меньшего, чем минимальное пороговое значение, допустимое для работы двигателя, при этом способ дополнительно включает в себя этап, на котором, в ответ на индикацию низкого уровня охлаждающей жидкости, выполняют одно или более из следующих действий: уменьшают выходную мощность двигателя во время последующего пуска; прекращают работу двигателя до прекращения индикации низкого уровня охлаждающей жидкости; ограничивают наддув, подаваемый в двигатель компрессором, во время последующего пуска; уменьшают расход воздуха, всасываемого в двигатель, во время последующего пуска; ограничивают впрыск топлива в двигатель; и предотвращают запаздывание зажигания во время последующего пуска.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что контроль включает в себя этап, на котором определяют температурный профиль охлаждающей жидкости после останова двигателя, и дополнительно подают питание на контроллер, принимающий сигнал температуры от установленного в двигателе температурного

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
ИЗМ.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

датчика, и определяют температурный профиль охлаждающей жидкости на основе сигнала температуры.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что дополнительно прерывают подачу питания на контроллер перед контролем температурного профиля охлаждающей жидкости.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что индикацию уровня охлаждающей жидкости выполняют также на основе условий окружающей среды.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что температурный профиль охлаждающей жидкости сравнивают с прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости с целью определить то, когда будет осуществлена индикация того, что уровень охлаждающей жидкости меньше порогового значения.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что прогнозируемый температурный профиль охлаждающей жидкости генерируют на основе экспоненциального снижения.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что определение температурного профиля охлаждающей жидкости инициируют в ответ на факт останова двигателя, при этом способ дополнительно включает в себя этап, на котором контролируют температуру двигателя в процессе операции сгорания в двигателе, и выполняют индикацию уровня охлаждающей жидкости дополнительно на основе контролируемой температуры двигателя.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что определение температурного профиля охлаждающей жидкости инициируют в ответ на генерирование установкой кондиционирования воздуха количества тепла, меньшего, чем пороговое значение.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что индикация уровня охлаждающей жидкости включает в себя этап, на котором запускают индикатор низкого уровня охлаждающей жидкости в кабине транспортного средства.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно увеличивают производительность вентилятора теплообменника во время последующего пус-

					<i>ВКР.23.05.01.150.17.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

ка двигателя в ответ на индикацию низкого уровня охлаждающей жидкости.

12. Система охлаждения двигателя, содержащая: контур охлаждения, выполненный с возможностью обеспечения циркуляции охлаждающей жидкости по каналам, проходящим через двигатель; теплообменник, соединенный с контуром охлаждения; температурный датчик, соединенный по меньшей мере с одним из следующих компонентов: контур охлаждения и двигатель; и контроллер, выполненный с возможностью получения питания после останова двигателя; определения температурного профиля охлаждающей жидкости на основе сигнала, направленного от температурного датчика; и выполнения индикации низкого уровня охлаждающей жидкости на основе температурного профиля охлаждающей жидкости, определенного после останова двигателя.

13. Система охлаждения двигателя по п. 12, отличающаяся тем, что выполнена с возможностью сравнения температурного профиля охлаждающей жидкости с прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости с целью определения того, когда будет осуществлена индикация низкого уровня охлаждающей жидкости.

14. Система охлаждения двигателя по п. 13, отличающаяся тем, что прогнозируемый температурный профиль охлаждающей жидкости включен в набор прогнозируемых температурных профилей охлаждающей жидкости, которые спрогнозированы и сохранены в памяти контроллера.

15. Система охлаждения двигателя по п. 12, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью получения питания после останова двигателя и определения температурного профиля охлаждающей жидкости в ответ на останов двигателя или в ответ на ситуацию, когда теплообменник в кабине, соединенный с контуром охлаждения, генерирует тепло в количестве, меньшем, чем пороговое значение.

16. Система охлаждения двигателя по п. 12, отличающаяся тем, что индикация низкого уровня охлаждающей жидкости включает в себя генерирование диагностического кода неисправности.

17. Способ управления работой системы охлаждения двигателя, вклю-

					<i>ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

чающий в себя следующие этапы:

после останова двигателя и прекращения работы транспортного средства поддерживают подачу питания на контроллер, который определяет температурный профиль охлаждающей жидкости с течением времени;

сравнивают температурный профиль охлаждающей жидкости с прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости; и если отклонение между определенным температурным профилем охлаждающей жидкости и прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости превышает пороговое значение, выполняют индикацию низкого уровня охлаждающей жидкости на основе температурного профиля охлаждающей жидкости, определенного после останова двигателя.

18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что сравнение температурного профиля охлаждающей жидкости с прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости включает в себя этап, на котором определяют разности между отдельными температурами из ряда температур охлаждающей жидкости в каждом профиле и суммируют разности температур с целью выяснить, превышает ли отклонение профиля пороговое значение.

19. Способ по п. 17, отличающийся тем, что температурный профиль охлаждающей жидкости определяют в порядке непосредственного ответа на факт останова двигателя и выполняют сравнение температурного профиля охлаждающей жидкости с прогнозируемым температурным профилем охлаждающей жидкости во время останова двигателя.

20. Способ по п. 17, отличающийся тем, что дополнительно, после останова двигателя и перед определением температурного профиля охлаждающей жидкости, подают питание на контроллер, и после индикации низкого уровня охлаждающей жидкости предотвращают подачу питания на контроллер.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

№ патента: РФ № 2126960[14]

Дата публикации: 27.02.1999

Название патента: Способ работы бортовой системы контроля агрегатов автомобиля.

Авторы: Вайнштейн Л.Л., Минеев И.А., Метальников П.М.

Краткое описание: Изобретение относится к области автомобилестроения. Бортовая система автомобиля включает в себя ряд датчиков, преобразующих параметры агрегатов в электрические сигналы. Другой ряд датчиков выдает сигнал о минимально допустимом уровне жидкостей, используемых в автомобиле. При включенном зажигании перед включением двигателя осуществляют предвыездной контроль, состоящий из проверки исправности световых и звукового сигнализаторов путем их кратковременного включения и режима проверки параметров. Осуществляют определение состояния датчиков и его запоминание без вывода на сигнализаторы. Между режимом проверки исправности сигнализаторов и режимом контроля параметров формируют паузу в 0,5 - 1,5 с. В режиме контроля параметров определяют состояние датчиков и состояние памяти предыдущего режима с последующей индикацией отклонений сигнализаторами. Предложенный способ расширяет функциональные возможности бортовой системы с одновременным упрощением контроля.

В ходе поиска существующих конструкций встроенной диагностики, была найдена бортовая система контроля (БСК) автомобиля ВАЗ 2112. Блок индикации бортовой диагностики ВАЗ 2112 установлен в консоли панели приборов и выдает звуковую и световую сигналы об открытых дверях, не пристегнутых ремнях безопасности, неисправности ламп наружного освещения, износе передних тормозных колодок, недостаточном уровне: масла в двигателе, охлаждающей жидкости, омывающей жидкости.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



Рисунок – 4.6 Блок индикации БСК ВА3 2112

Источник также включает и отключает (с задержкой) свет салона при открывании любой двери. Блок выключен, когда в замке зажигания нет ключа. Когда ключ вставлен на замок зажигания (но еще не повернут), блок реагирует на открытый водительской двери прерывистым звуком в течение 8 ± 2 с, это говорит о том, что "забытый ключ в замке зажигания". Звук отключается, если закрыть дверь, или вынуть ключ, или повернуть его из положения "0". При поворота ключа в положение "Зажигание" блок переходит в режим тестирования. После этого включаются все индикаторы и звук, чтобы водитель мог убедиться в их исправности. Одновременно и этим принимают сигналы от датчиков.

В случае если какой-нибудь датчик показывает недостаточный уровень, то после окончания тестирования начинает моргать соответствующий лампочка(индикатор) и звучит зуммер в течение 8 ± 2 с. После этого индикатор горит постоянно до отключения зажигания в положение "0".

После того как запустили двигатель опрос датчиков уровней не производится. Обработываются сигналы от датчика износа тормозных колодок, реле контроля исправности ламп и концевика дверей. При неисправности "Износ тормозных колодок", "Перегорание лампы" или "Незакрытая дверь" звучит звуковой зуммер и моргает соответствующий световой индикатор. После закрытия двери индикатор гаснет, при других неисправностях – продолжает гореть до поворота ключа в положение "0". [22]

Такая диагностическая система имеет ряд недостатков, а именно: недос-

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

таточная информативность, неисправности отображаются в виде пиктограмм, и предупреждающего сигнала зуммера, малое количество и отсутствие контроля жизненно важных параметров двигателя после запуска. В случае с разрабатываемой мной конструкцией требуется постоянный контроль и цифровое отображения всех параметров системы охлаждения с речевым сопровождением предупреждений об опасном состоянии.

После исследований литературных данных было установлено, что существуют разработки встроенной, так скажем «поверхностной» диагностики различных систем легкового автомобиля, однако практически нет аналогичных устройств для диагностики системы охлаждения двигателей тракторов, следовательно, тема дипломного проекта является актуальной.

4.3 Обоснование схемы новой конструкции

Структурная схема встроенной диагностики системы охлаждения приведена на (рисунок 5) Опишем принцип работы новой конструкции.

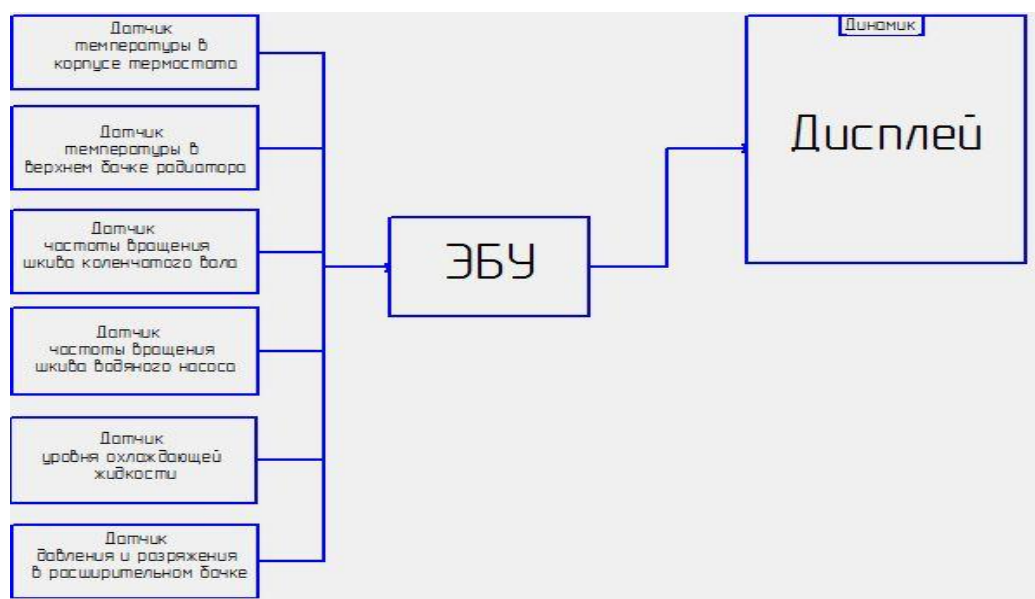


Рисунок 4.7. – Структурная схема разрабатываемой конструкции

Разрабатываемое устройство встроенной диагностики технического состояния системы охлаждения включает в себя датчики измеряющие температуру, давление, объем и частоту вращения которые установлены непосредственно на двигателе и отдельных элементах системы. Измеренные датчиками данные проходят обработку в электронном блоке управления (ЭБУ), сравнива-

ются с эталонными значениями и выводятся на экране дисплея, установленном в кабине на удобном месте. Если в системе возникают не штатные ситуации, то из динамика, установленного в дисплей, произносится речевое предупреждение о неисправности, и на экране дисплея отображается параметр, который вышел за рамки допустимого предела.

Так же неисправность заносится в память ЭБУ, где указывается данные о неисправном состоянии: значения параметров указывающих на неисправность, актуальные дата и время, когда произошла неисправность, продолжительность работы в таком состоянии. Эта функция будет полезна механикам в хозяйствах, для определения причастности тракториста выходу техники из строя.

После устранения неисправности предупреждающие сигналы отключаются, и встроенная диагностика переходит в штатный режим работы. В режиме ожидания на экране, по кругу с задержкой в 10 секунд отображаются показания всех датчиков.

Так же оператор трактора имеет возможность, в режиме реального времени, просматривать на экране дисплея данные, получаемые от датчиков. Переход от одного параметра к другому производится с помощью кнопок расположенных на дисплее, а чтобы зафиксироваться на одном из них надо нажать на кнопку ввода.

Рассмотрим принцип определения неисправности отдельных компонентов системы охлаждения, с помощью конкретных датчиков.

Датчики температуры охлаждающей жидкости установленные в корпусе термостатов и в верхнем бачке радиатора позволяют определять неисправность термостата. Производится это путем сравнения температур во время прогрева двигателя до рабочей температуры. Если температура в верхнем бачке радиатора будет повышаться совместно с температурой в корпусе термостатов, то это свидетельствует о заклинивании клапана термостата в открытом положении. Если температура в корпусе термостатов достигнет значения равную 87 градусам по Цельсию, при которой открывается клапан термостата, а температура в верхнем бачке радиатора не будет меняться в сторону увеличения, то это будет

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

указывать о заклинивании клапана термостата в закрытом положении.

С помощью датчиков частоты вращения, установленных на двигателе, измеряется частота вращения коленвала и шкива привода вентилятора. Если во время работы двигателя, шкив вентилятора начнет вращаться с меньшей частотой чем коленчатый вал, от которого он приводится в движение, это будет признаком ослабления приводного ремня вентилятора.

Датчик избыточного давления-разряжения вмонтированный в расширительный бачек, может выявлять разные неисправности. Если давление или разряжение будет отклоняться от значений заложенных в программе, то это является признаком неисправности паровоздушного клапана или не герметичности системы охлаждения. Так же этим датчиком можно выявить пробитие прокладки ГБЦ. В момент прорыва газов в полость охлаждения датчик начнет регистрировать скачкообразные изменения давления.

Поплавковый датчик уровня позволяет определять уровень (ОЖ) и измерять количество жидкости необходимого, долить или же слить для достижения нормального уровня. .

4.4 Подбор датчиков.

Для упрощения конструкции и удешевления в производстве выберем стандартные широко распространенные датчики. Система электрооборудования у трактора К-744 на 24В следовательно, датчики потребуются на такое же номинальное напряжение.

Для измерения температуры охлаждающей жидкости выберем датчик 19.3828 (рисунок 4.8) производства ОАО «Автоэлектроника».

					<i>ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15



Рисунок 4.8 – Датчик температуры охлаждающей жидкости

Выходное напряжение с датчика, пропорциональное температуре охлаждающей жидкости используется бортовым компьютером отечественных автомобилей ГАЗ, КАМАЗ для управления подачей топлива и зажиганием. Имеет следующие характеристики:

Диапазон измеряемых температур - от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$

Номинальный ток питания, мА - $1 \pm 0,5$

Напряжение питания, В - 24 ± 2

Диапазон частот, Гц - 20 – 250

В качестве датчика определения частоты вращения выберем датчик ТМ-100А (рисунок – 4.9) производства НПО «Дельта» .

Особенность датчика ДЧВ-2 - возможность формирования выходных импульсов при очень низких оборотах зубчатого колеса и возможность отслеживания направления вращения.



Рисунок 4.9 – Датчик частоты вращения ДЧВ-2

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

В качестве датчика определения частоты вращения выберем датчик ТМ-100А (рисунок – 4.9) производства НПО «Дельта» .

Особенность датчика ДЧВ-2 - возможность формирования выходных импульсов при очень низких оборотах зубчатого колеса и возможность отслеживания направления вращения.

Основные технические данные и характеристики:

Габаритная длина, мм - 80

Минимальный диаметр, мм - 18

Зазор между чувствительным элементом
и зубчатым колесом, мм - 1,5

Номинальное напряжение питания, В от 8 до 24

Выходной ток, не более мА 75

Выходная цепь комплементарный или открытый коллектор

Диапазон выходных импульсов, Гц 0-25000

Погрешность имп. ± 1

Рабочий температурный диапазон °С -60...+125

Датчик работает с зубчатым колесом из ферромагнитного материала. В основу работы чувствительного элемента положен магнито - модуляционный принцип. При прохождении зуба колеса вблизи чувствительного элемента электронная схема датчика на выходе формирует прямоугольный импульс. Схема имеет гистерезис по порогу срабатывания, что исключает формирование ложных импульсов при нестабильности параметров, например, при биении колеса в пределах рабочего зазора. Корпус датчика полностью изолирован, изготовлен из латуни, что позволяет эксплуатировать его в агрессивных средах, магнитных полях.

Для измерения давления-разряжения выберем датчик МТ100М (рисунок – 4.10) производства ЗАО «Росма»

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



Рисунок 4.10 - Датчик давления-разряжения МТ100М

Датчик предназначен для постоянного и равномерного преобразования давления-разряжения воздуха, газа, пара и тд. в унифицированный токовый сигнал (0-5 мА, 4-20 мА). Датчик работает с показывающей и регистрирующей аппаратурой, регуляторами, в системах автоматического контроля и других устройствах автоматики. Имеет следующие характеристики:

Диапазон измерений: давление разряжения -0,1 МПа, избыточное давление 0,1-3,9 МПа.

Устойчивость к климатическим воздействиям $-40 (-55)^{\circ}\text{C} +80^{\circ}\text{C}$.

Степень защиты от воды и пыли IP65 по ГОСТ 1425.

Относительная влажность окружающего воздуха до 95 % при 35°C .

Температура измеряемой среды $+120^{\circ}\text{C}$

По устойчивости к механическим воздействиям датчики соответствуют исполнению VI по ГОСТ 12997-84

Выходной сигнал 0-5; 4-20 мА

Напряжение питания 12-36 В

Для определения уровня и точного количества охлаждающей жидкости в расширительном бачке применим магнитострикционный датчик уровня жидкости TORRIX 6 (рисунок 4.11). Магнитострикционные датчики уровня жидкости базируются на бесконтактном методе измерения. Благодаря отсутствию трущихся частей, датчики совершенно не подвержены механическому износу, чем гарантируется очень надежная и стабильная их работа на протяжении неограниченного времени.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Рисунок 4.11 - Датчик уровня жидкости TORRIX 6

К особенностям этих сенсоров относятся низкий коэффициент нелинейности менее 0,0035% и высокая репродуцируемость показаний измерения до 0,005%. Применяются в области механических тестирующих и симулирующих систем, машин контроля материала, измерительно приводной техники, систем разлива и контроля уровня жидкости в нефтяной, химической, пищевой промышленности и многих других.

Технические характеристики:

Длина зонда, мм - 200 ... 600

Диаметр, мм - 12

Напряжение питания постоянным током, В – 8...30

Выходной сигнал, мА 4 ... 20

Класс защиты корпуса IP 68

Диапазон рабочих температур, С от -45 до +110

встроенной системы диагностики трактора

Трактор оснащен сложной системой охлаждения, включают в себя механические, и электронные элементы. У него имеется своя встроенная система диагностики. Электронный блок управления (ЭБУ) двигателем показывает только температуру двигателя и перегрев, как только обнаруживает сбой в системе, воспроизводит диагностические коды ошибок на приборной панели трактора .

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Каждый контроллер на тракторе непрерывно контролирует системы управления на наличие ошибок. Если ошибка обнаружена, сообщение будет передано по цепи CAN на комбинацию приборов, на которую будет выдано сообщение об ошибке, предупреждающее оператора об ошибке. В зависимости от характера неисправности на комбинации приборов может загореться красная лампочка – остановка двигателя или желтая лампочка предупреждения, а также может быть подан звуковой сигнал.

Если во время нормальной работы в одном из систем контроллера трактора возникает неисправность, на дисплее приборов появится символ “!” предупреждающий об ошибке [6,29].

Однако встроенная система диагностики имеет недостатки. Некоторые линии системы охлаждения не затрагиваются контролем. Для получения информации о многих ошибках зачастую заставляет обращаться к сервисным инженерам, что затрудняет оперативный ремонт трактора, и увеличивает его простой.

4.4.1 Проектирование кронштейна диагностического прибора в кабине трактора

Разрабатываемый кронштейн должен совмещать надежность и удобство. Он должен обладать качественно спроектированным поворотным механизмом. Были рассмотрены несколько кронштейнов для выбора оптимальной конструкции. Внешний вид кронштейнов приведен на рисунке 4.12.

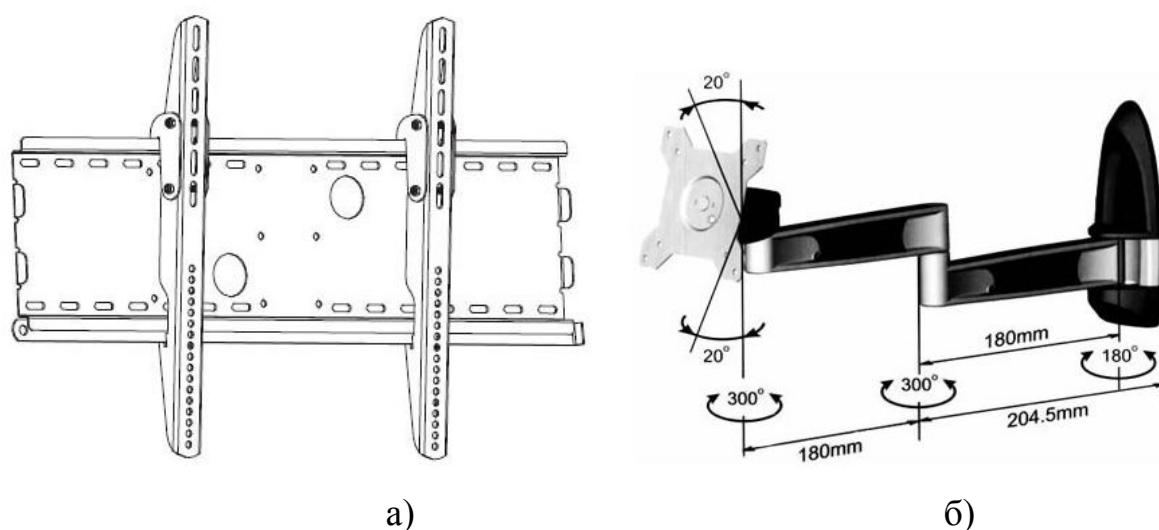


Рисунок 4.12 – Конструктивные схемы кронштейнов для приборов с дисплеями

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Кронштейн по рисунку 4.12 (а) [11] имеет только возможность изменения угла наклона относительно вертикальной оси. Но повернуть прибор не представляется возможным, что отразится на комфорте и удобстве использования прибора. Устройство на рисунке 4.12 (б) [26] обладает возможностью поворота прибора относительно горизонтальной оси. Под основу был взят кронштейн по рисунку 4.12 (б). Конструктивная схема разрабатываемого кронштейна представлена на рисунке 4.13.

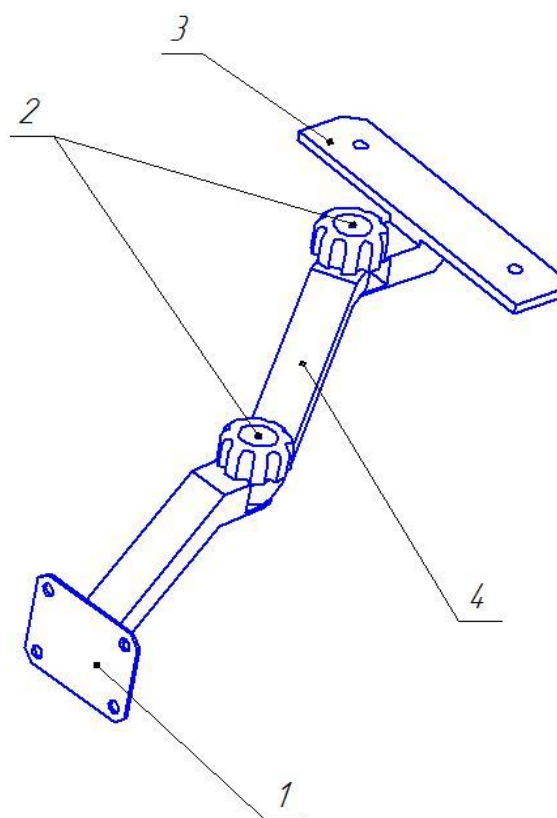


Рисунок 4.13 – Кронштейн для установки прибора диагностики.

1 - монтажная плита; 2 – фиксаторы; 3 - монтажная плита для прибора; 4 – поворотный узел.

Необходимо провести расчеты крепежных элементов для оценки надежности кронштейна при удержании прибора.

4.4.2 Расчеты крепежных соединений кронштейна

Для расчета основных характеристик резьбовых соединений кронштейна, нужно обратиться к упрощенной схеме их на разрезе по рисунку 4.14. На кронштейн действует, в первую очередь сила $m_{\text{пр}}g$, представляющая собой произведение массы прибора для диагностики, на ускорение свободного падения.

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

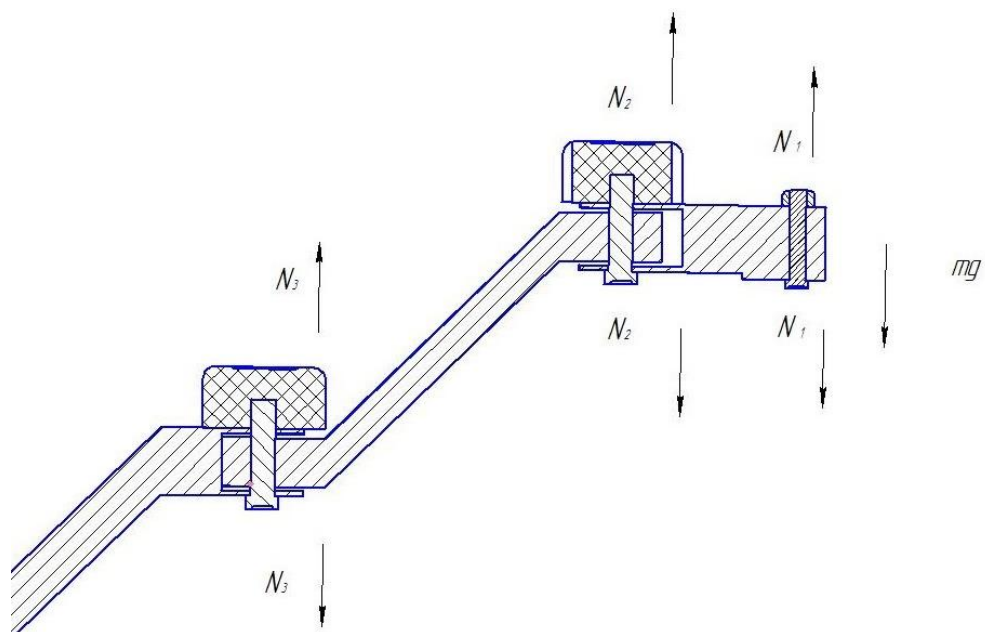


Рисунок 4.14 – Расчет крепежных соединений

Болтовые соединения кронштейна при этом испытывают осевые нагрузки N_i .

С учетом того, что болтовые соединения нагружены осевой силой и моментом затяжки на резьбе болта, то расчет должен вестись по четвертой теории прочности [24]:

где σ_p - напряжение растяжения под действием осевой силы, Мпа.

$$\sigma_p = \frac{F_o}{A_p} = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_1^2}$$

(4.5)

где A - площадь резьбового соединения, м^2 ;

F - сила, действующая в соединении, Н;

d - диаметр болта, м.

Напряжение кручения τ_k от момента трения в резьбе болта, Мпа, определяем по выражению:

$$\tau_k = \frac{T_p}{W_p} = \frac{16 \cdot T_p}{\pi \cdot d_1^3}$$

(4.6)

где T - крутящий момент, Нм.

Поскольку соединения также нагружены силами в плоскости стыка, усло-

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

вие прочности запишется в виде [24]:

$$\tau = \frac{4 \times Q}{\pi \cdot d_c^2 \cdot i \cdot Z} \leq [\tau],$$

$$Q \leq \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot i \cdot Z \cdot [\tau_{cp}].$$

(4.7)

где d_c - диаметр стержня болта в опасном сечении, мм;

Q - расчетная сдвигающая сила, Н;

i - число стыков, стягиваемых болтом, шт;

f - коэффициент трения (для стальных деталей $f = 0,15 \dots 0,2$) [25];

Z - количество болтов;

K_c - запас по сцеплению, принимаем равным $1,5 \dots 2,0$ [24].

Результатом расчета является определение напряжений растяжения в болте (шпильке), напряжений среза резьбы и кручения при затяжке, напряжения среза резьбы гайки, момент на ключе при затяжке со смазкой и без смазки. Приводится пример расчета одного резьбового соединения:

Исходные данные для расчета болтов:

Осевая нагрузка на болт $N = 37$ Н

Поперечная нагрузка на болт(-ы) $Q = 75$ Н

Расчетная температура болта $T = 20^\circ\text{C}$

Количество болтов 2шт.

В качестве материала болта принимаем сталь 8.

Допускаемые напряжения для принятого материала будут [15]:

- на растяжение: 60 МПа

- на срез: 34 МПа

Диаметр резьбы болта принимаем равным 4 мм (ряд 1), т.е. М4.

Шаг резьбы болта принимаем равным 0,7 мм (крупный)

Марку стали гайки назначим Сталь 8

Допускаемое напряжение:

-на срез: 34 МПа

Высота гайки 4 мм

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В соответствии с приведёнными в [24] данными имеем:

Диаметр резьбы по впадинам: $d_3 = 3.14$ мм.

Коэффициент полноты резьбы: болта: $K_1 = 0.75$; гайки: $K_1 = 0.875$.

Коэффициент деформации витков: $K_m = 0.6$.

Затяжку резьбового соединения будет производить без смазки, поэтому коэффициенты наличия смазки: $\zeta = 0.18$; $\zeta_1 = 0.37$.

Крутящий момент при затяжке:

$$M_K = \frac{\zeta F_w D}{z} = 0,18 \cdot 37 \cdot \frac{4}{2} = 13,3 \text{ Нм} \quad (4.8)$$

Момент на ключе для обеспечения силы F_w :

$$M_K = \frac{\zeta F_w D}{z} = 0,37 \cdot 37 \cdot \frac{4}{2} = 27,4 \text{ Нм} \quad (4.9)$$

Напряжения среза по резьбовой части:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{(A_w z)} = \frac{35}{7,7 \cdot 2} = 2,3 < 34 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (4.10)$$

Напряжения среза тела болта:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{(A_D z)} = \frac{15}{12,6 \cdot 2} = 1,4 < 34 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (4.11)$$

Напряжения растяжения в болте:

$$\sigma_w = \frac{F_w}{(A_D z)} = \frac{37}{7,7 \cdot 2} = 2,4 < 60 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (4.12)$$

Напряжения среза резьбы в болте:

$$\tau_w = \frac{F_w}{\pi d_3 n z K_1 K_m} = \frac{37}{(\pi \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,75 \cdot 0,6)} = 1,0 < 34 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (4.16)$$

Напряжения кручения в болте:

$$\tau_w = \frac{M_K}{M} = \frac{13,3}{6,1} = 2,2 < 34 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (4.13)$$

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Напряжения срезы резьбы в гайке:

$$\tau_p = \frac{F_w}{\pi D_{\text{нз}} K_1 K_m} = \frac{17,5}{(\pi \cdot 4,77 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 0,875 \cdot 0,6)} = 0,3 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено}$$

(4.14)

4.4.3 Компоновка прибора для диагностики

Конструируемый прибор будет объединять следующие элементы: первичные преобразователи, микро-ЭВМ с дисплеем, светодиодами и динамиками для вывода информации о ходе диагностики. Разработанная схема прибора представлена на рисунке 4.15.

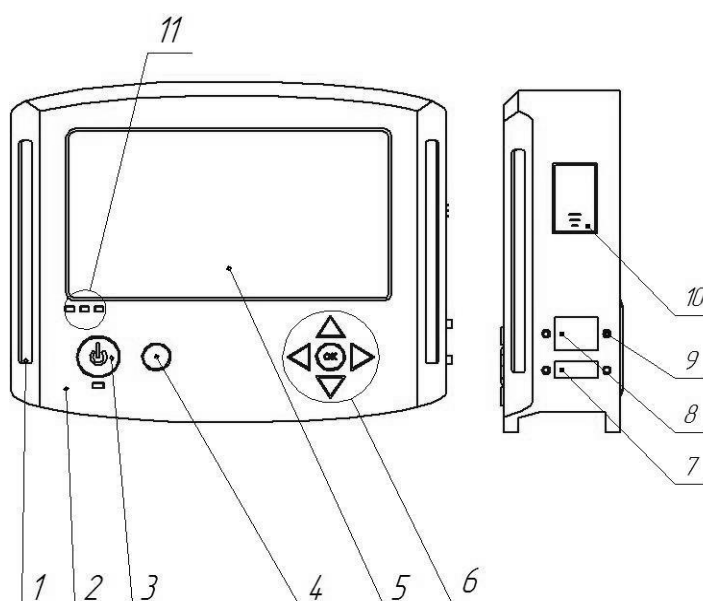


Рисунок 4.15 – Внешний вид прибора для диагностики

- 1 - Динамики; 2 - Корпус прибора; 3 - Кнопка включения; 4 - Кнопка “Пуск”;
 5 - Дисплей; 6 - Кнопки для перемещения в “Меню” (помогает настроить режимы диагностики); 7 - USB порт; 8 - RJ-45 для связи с другими ЭВМ;
 9 - Фиксаторы; 10 - Крышка предохранителей; 11 - Светодиоды.

Включение прибора осуществляется кнопкой 3. Под кнопкой имеется светодиод, по которому можно определить включен или выключен прибор. Кнопка 4 отвечает за оперативное включение режима “диагностики”. Панель кнопок 6 поможет настроить прибор, еще с помощью неё осуществляется перемещение по меню и выбор режима диагностики. Светодиоды под цифрой 11 сигнализируют о состоянии прибора. Левый светодиод при свечении оранжевым светом - превышено предельное напряжение измеряемой цепи или цепи питания прибор-

					ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

ра. Средний светодиод при свечении красным светом - пониженное напряжение измеряемой цепи или цепи питания прибора. Правый светодиод при обнаружении неисправностей моргает красным светом. Все неисправности выводятся на дисплей 5. При обнаружении неисправностей динамик под позицией 1 подает громкий сигнал. Под цифрой 7 представлен USB порт для подключения вспомогательных диагностических устройств. Порт RJ-45 под цифрой 8 необходим для связи с другими ЭВМ для более подробного анализа и других задач. Оба порта оснащены фиксаторами 9, что поможет удерживать в гнездах различные коннекторы при эксплуатации трактора. Под крышкой 10 располагаются предохранители приборы

					<i>ВКР.23.05.01.123.20.00.00.ПЗ</i>	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРОНШТЕЙНА

Сборочные работы занимают особое место в тракторостроении. Повышенное качество работ сильно влияет на эффективность всего тракторного производства. Это вызвано тем, что трудоемкость сборки составляет 45% общей трудоемкости изготовления трактора.

Технологический процесс изготовления деталей существенно влияет на элементы конструкции поступающих на сборку.

Проектирование технологических процессов должно осуществляться с учетом комплекса факторов, затрагивающих почти всю производственную систему предприятия занимающимся тракторостроением.

5.1 Служебное назначение и техническая характеристика детали

Кронштейн по своим конструктивным признакам относится к классу сложнопрофильных деталей. Кронштейн состоит из 3 составных деталей. Детали кронштейна представлены на рисунке 5.1.

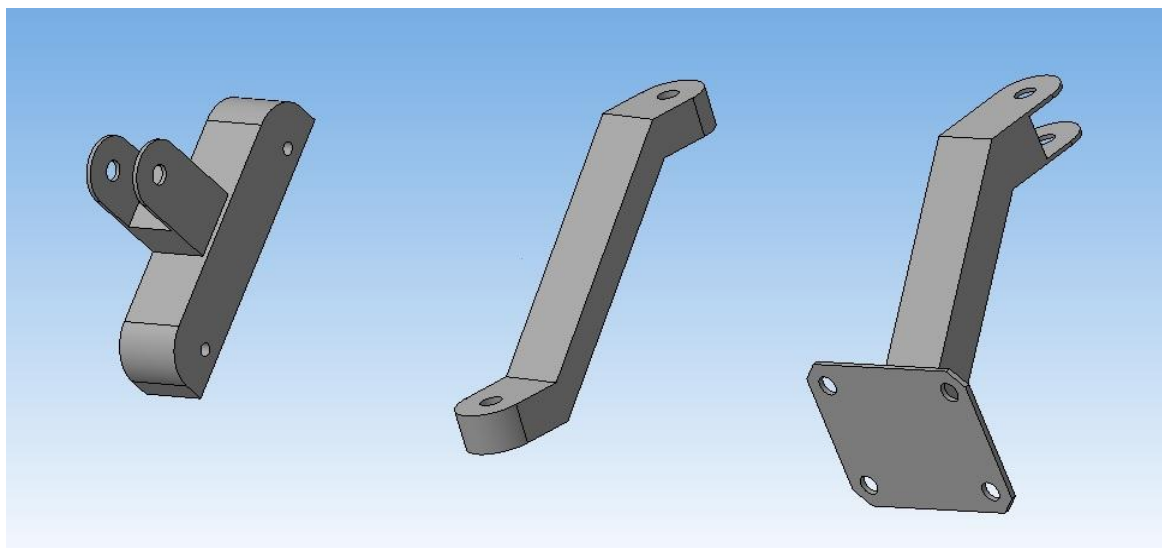


Рисунок 5.1 – Детали кронштейна

1 - Монтажная плита для прибора; 2 - Поворотный узел; 3 - Монтажная плита с креплением для поворотного узла.

Деталь имеет отверстия:

2 отверстия 4Н7;

10 отверстий 6Н7.

Деталь имеет два вида пазов:

1 паз высотой 14мм, шириной 20мм;

1 паз высотой 14мм, шириной 25мм.

Форма детали образована сочетанием простых поверхностей (плоских, цилиндрических) и сложных поверхностей (контур детали, выемки, сопряжения).

Кронштейн устанавливается в салоне трактора и служит для крепления к нему экрана диагностической системы. Он будет использоваться при атмосферном давлении, при температуре $-45...45$ градусов. Деталь будет подвержена высокими вибрационными нагрузками.

К поверхностям, по которым происходит соединения узлов между собой предъявляются повышенные требования по точности выполнения размеров и точности взаимного расположения. В тоже время эти поверхности просты. Поверхности показаны на рисунке 5.2.

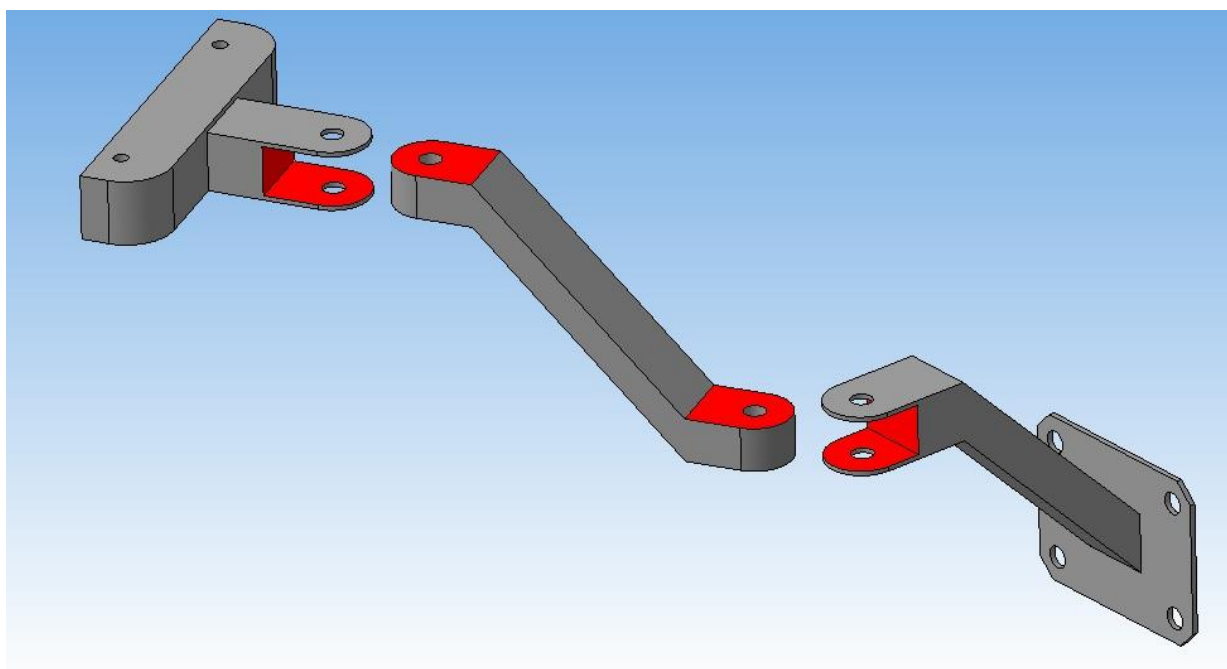


Рисунок 5.2 – Поверхности, по которым происходит соединение узлов

Материалом детали является – конструкционная легированная сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71. Сталь 30ХГСА используется при изготовлении различных улучшаемых деталей: валов, осей, зубчатых колес, фланцев, корпусов обшивки, лопаток компрессорных машин, работающих при температуре до

200° С, рычагов, толкателей, ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках, крепежных деталей, работающих при низких температурах. Химический состав материала 30ХГСА представлен в таблице 5.1 [4].

Таблица 5.1 - Химический состав Материала 30ХГСА

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,28 – 0,34		0,8 – 1,1	до 0,3	до 0.025	до 0.025	0,8 – 1,1	

Коэффициент обрабатываемости материала составляет 0,85, что говорит о хорошей обрабатываемости резанием.

Рекомендуемые виды термообработки для стали 30ХГСА [5]:

- 1) Закалка 860-880 °С, масло. Отпуск 200-250 °С, воздух;
- 2) Закалка 880 °С, масло Отпуск 540 °С, вода или масло;

Будет использоваться 2-ой вариант. Данный вид термообработки используется для снятия внутренних напряжений и для обеспечения требуемого качества поверхностного слоя. Термообработка осуществляется после заготовительной операции, так как материал с такой твердостью хорошо обрабатывается режущим инструментом. Проведение же термообработки после чернового этапа приведёт к короблению детали и необходимости введения дополнительной операции по восстановлению баз. Также предварительную термическую обработку проводят для предотвращения перерезания волокон материала при использовании поковки в качестве заготовки. Механические свойства материала при термообработке представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – механические свойства стали 30ХГСА при термообработке

Термообработка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 (%)	Ψ (%)	HRC ₃
Закалка 880 °С, масло Отпуск 540 °С,	830	1080	10	45	36-41

5.2 Анализ технологичности конструкции детали

Кронштейн должен представлять собой изделие высокой надежности. Наиболее уязвимым его звеном, с точки зрения прочности и долговечности работы, является система поворота.

Деталь «Кронштейн» удовлетворяет следующим требованиям технологичности:

- возможность использования рациональных заготовок,
- достаточная жесткость детали,
- возможность применения унифицированных инструментов при обработке детали,
- большинство поверхностей детали доступны для обработки и контроля (инструментальная доступность),
- базовые поверхности обеспечивают простоту и надежность закрепления детали в приспособлении.

К факторам, снижающим технологичность детали, относятся:

- наличие сложнопрофильных поверхностей, которые усложняют процесс обработки и затрудняют их контроль,
- наличие отверстий в конструкции.

5.3 Изготовление детали

1. Заготовительный процесс.

Технологический процесс изготовления детали начинается с заготовительного процесса. Подбирается металл по размерам и маркам стали.

В этом процессе будет применяться приспособление: СЛ-ПА ТУ3-3.2081-87 Стилоскоп [19]. Этот прибор предназначен для быстрого визуального анализа распространенных марок сталей и цветных сплавов.

Стилоскоп позволяет:

1. Классифицировать скрап и металлолом;
2. Разбраковывать материалы по маркам на складах металла;
3. Контролировать марки материала готовых деталей и изделий.

2. Правка металла.

Металл, поступающий с металлургических заводов, заготовки после резки и других заготовительных операций, требует правки. Вследствие неравномерного остывания, после прокатки металл деформируется, получает дополнительную деформацию при вырезке деталей. Правка деформированного металла осуществляется путем создания местной пластической деформации и может производиться в холодном состоянии или при предварительном подогреве.

3. Разметка.

Разметка – это процесс нанесения на металл в натуральную величину контура детали. В процессе разметки необходимые указания по обработке наносят на металл с использованием мерительного и специального инструмента: металлических рулеток, линеек, чертилок, угольников, молотков и др. Качество разметки во многом зависит от точности мерительного инструмента.

Для большей производительности метод будет выполняться по специальным изготовленным шаблонам из тонколистового материала в масштабе 1:1 с размерами детали. Данный метод называется “наметка”.

Так же будут использоваться образцы шероховатости ГОСТ 9378-93 ШЦ-II-250-0,05 и штангенциркуль ГОСТ 166-89 для более точных измерений.

4. Вертикальное фрезерование и сверление.

В качестве заготовки мы имеем стандартную поковку, но уже прошедшую термическую обработку. На первой стадии обработка производится в стационарных тисках, а на второй стадии в приспособлении.

В качестве фрезерного оборудования используются современные обрабатывающие центры «Hermle C20U» и «Hermle C40U» [27]. Особенности этих станков являются:

- Жесткая технологическая система благодаря модифицированной рамной конструкции Гентри с оптимальной опорой главных осей, очень жестким динамическим поперечным салазкам осей, что повышает точность расположения инструмента в пространстве рабочей зоны согласно управляющей

программе;

- Тандемный привод базы поворотного стола, что предотвращает его скручивание и увеличивает точность расположения заготовки при повороте стола;
- Автоматическая электронная система контроля позиции инструмента, учитывающая термические деформации заготовки;
- Центрирование держателя по укороченному конусу и торцу, позволяющее почти полностью избавиться от биения инструмента;
- Автоматическая смена инструмента и кольцевой магазин, встроенный в базовый корпус станка, позволяющие использовать до 30 инструментов в одной операции;
- Возможность определения положения заготовки в рабочей зоне при помощи контрольно-измерительных щупов для задания нуля управляющей программы.

Таким образом, используемое оборудование отвечает всем условиям и техническим требованиям изготовления детали.

Для более точных измерений на протяжении всего процесса фрезерования используются мерительные инструменты:

- 1) Калибр-пробка 8133-0158 4Н7. Этот инструмент поможет более точно контролировать размер отверстий.
- 2) Штангенрейсмас ШР-250-0,05. Это инструмент похожий на штангенциркуль, но установленный на основании в вертикальной плоскости.
- 3) Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05.

Вся обработка производится в тисках.

Первым этапом производится черновая обработка поверхности. Используется фреза диаметром 20мм. Корпус фрезы НР Е90АН D20-4-С20-07-С представлен на рисунке 5.3, а характеристики фрезы в таблице 5.3 [28].

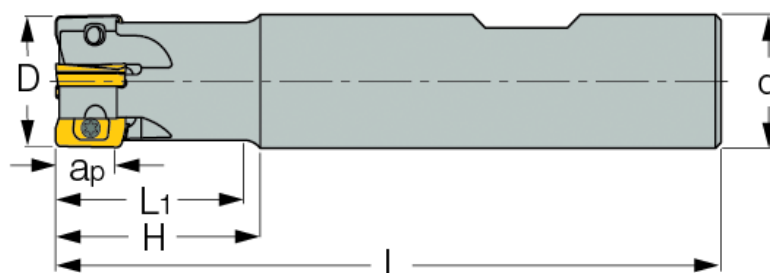


Рисунок 5.3 – Корпус фрезы HP E90AN D20-4-C20-07-C

Таблица 5.3 – Характеристики фрезы HP E90AN D20-4-C20-07-C

Обозначение	D	Z	H	L1	L	a_p	d
HP E90AN D20-4-C20- 07-C	20	4	22	20.5	110	7.70	20

Будет использоваться держатель HSK A63 ER 32X-100 (рисунок 5.4). Характеристики держателя представлены в таблице 5.4 [28].

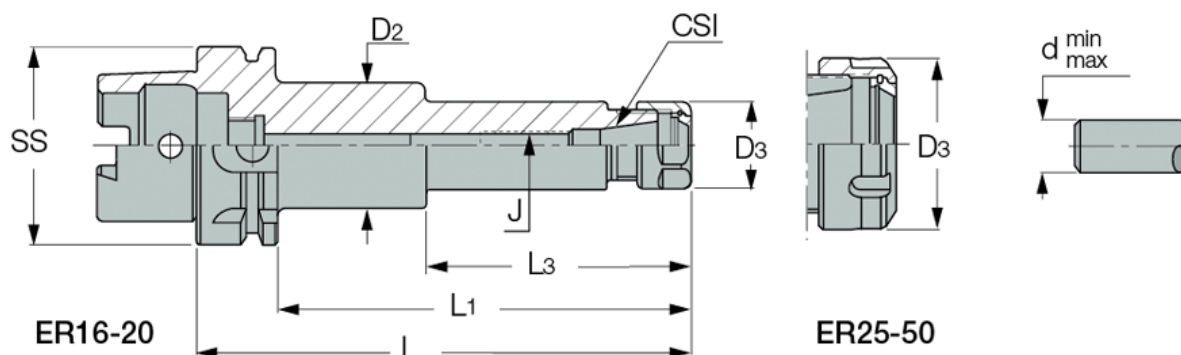


Рисунок 5.4 - Держатель HSK A63 ER 32X-100

Таблица 5.4 – Характеристики Держатель HSK A63 ER 32X-100

SS	CSI	d min	d max	D ₃	D ₂	L	L1	L3	J	Kg
63	ER 32	2.0	20.0	50	-	100	74	-	M22X1.5	1.18

В качестве пластины была взята HP ANKT 070212PNTR (рисунок 5.5). Характеристики пластины представлены в таблице 5.5 [28].

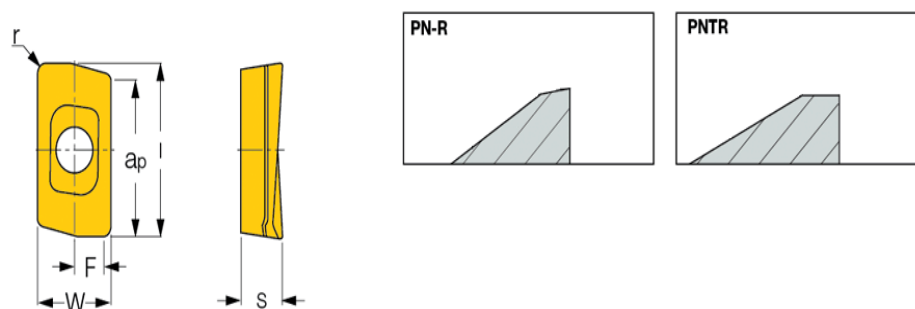


Рисунок 5.5 – Пластина HP ANKT 070212PNTR

Таблица 5.5 – Характеристики пластины HP ANKT 070212PNTR

Обозначение	W	a_p	F	r	l	S	f_z min	f_z max
HP ANKT	4.50	7.70	0.70	1.20	8.70	2.60	0.08	0.15

Обработка происходит при 6360 об/мин. Скорость равна 396,89 м/мин.

Вторым этапом производится сверление 2 отверстия диаметром 3,9 мм. Необходимо сверло диаметром 3,9 мм, длиной 36 мм. В качестве корпуса сверла используется SCD 039-029-060 AP5 (рисунок 5.6). Характеристики сверла приведены в таблице 5.6 [28].

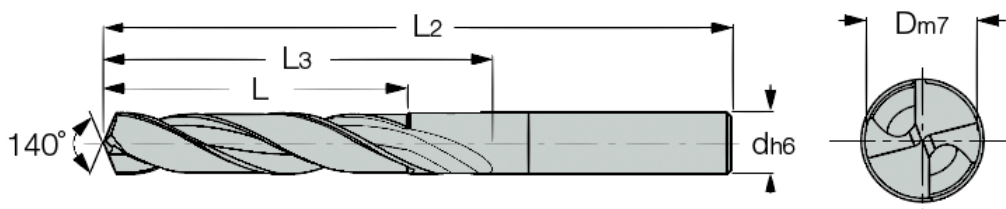


Рисунок 5.6 – Сверло SCD 039-029-060 AP5

Таблица 5.6 – Характеристики сверла SCD 039-029-060 AP5

Обозначения	D	d	L	L_3	L_2	LS
SCD 039-029-060 AP5	3.90	6.00	29.0	36.0	74.00	45.0

В качестве держателя используется HSK A63 ER 32X-100.

Обработка проходит при 2600 об/мин. Скорость равна 111,03 м/мин.

Третьим этапом производится сверление 10 отверстий диаметром 6мм. Работа выполняется сверлом диаметром 6мм, длиной 48мм. Корпус сверла: DCN 060-048-12R-8D (рисунок 5.7). Характеристики сверла в таблице 5.7 [28].

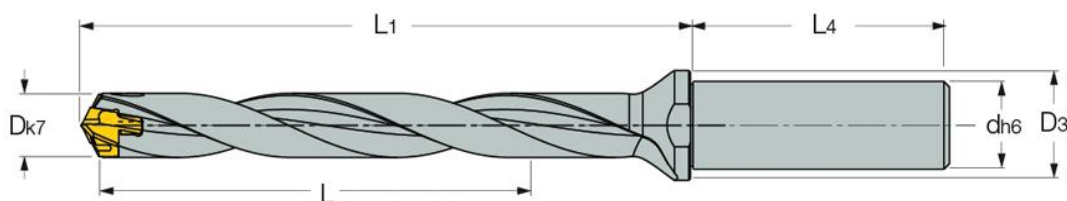


Рисунок 5.7 – Сверло DCN 060-048-12R-8D

Таблица 5.7 – Характеристики сверла DCN 060-048-12R-8D

Обозначение	D min	D max	L	d	D ₃	L ₁	L ₄
DCN 060-048-12R-8D	6.00	6.40	48.0	12.00	16.00	62.0	45.0

В качестве держателя используется HSK A63 ER 32X-100.

Обработка проходит при 19000 об/мин. Скорость равна 89,49 м/мин.

Четвертым этапом проходит развертывание отверстий диаметром 4мм. Работа проходит с разверткой диаметром 4мм, длиной 44 мм. Корпус развертки: RM-SHR-0400-H7N-CS-C (рисунок 5.8). Характеристики развертки находятся в таблице 5.8 [28].

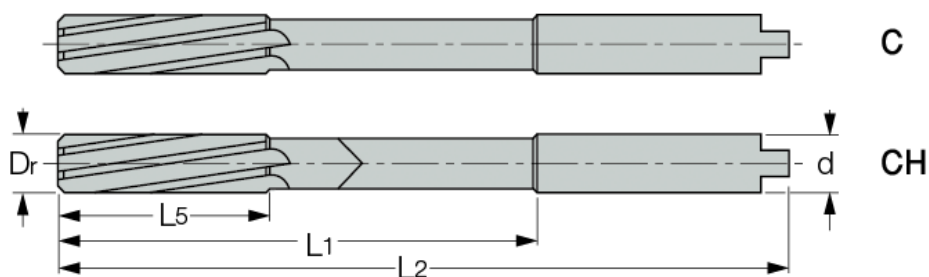


Рисунок 5.8 – Корпус развертки RM-SHR-0400-H7N-CS-C

Таблица 5.8 – Характеристики развертки RM-SHR-0400-H7N-CS-C

Обозначение	D_r	L_5	L_1	L_2	Канавка	d
RM-SHR-0400-H7N-CS-C	4.000	19.00	44.0	75.00	6	3.50

В качестве держателя используется HSK A63 ER 32X-100.

Обработка проходит при 270 об/мин. Скорость равна 11,87 м/мин.

Пятым этапом производится фрезеровка паза шириной 20мм. Используется дисковая фреза диаметром 160 мм, шириной 18мм. Корпус фрезы: FDN D160-18-40-R12 (рисунок 5.9). Характеристики дисковой фрезы представлены в таблице 5.9 [28].

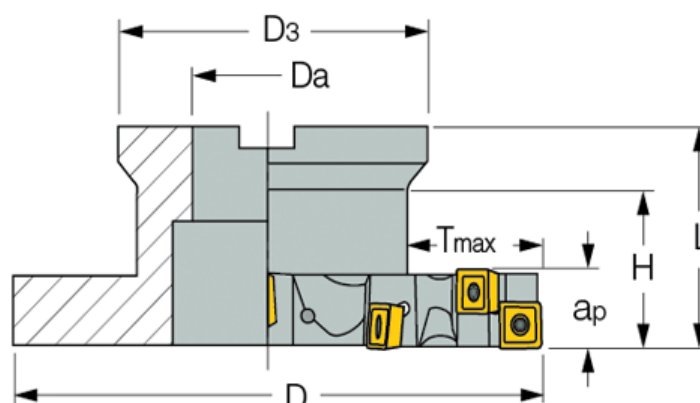


Рисунок 5.9 – Дисковая фреза FDN D160-18-40-R12

Таблица 5.9 - Характеристики дисковой фрезы FDN D160-18-40-R12

Обозначение	D	a_p	T_{max}	Z	Z_{eff}	D_3	D_a	H	L
FDN D160-18-40-R12	160.00	18.00	47.00	12	6	80.00	40.00	43.5	60

В качестве держателя используется HSK A 63 SEM 40X-60 (рисунок 5.10). Его характеристики представлены в таблице 5.10 [28].

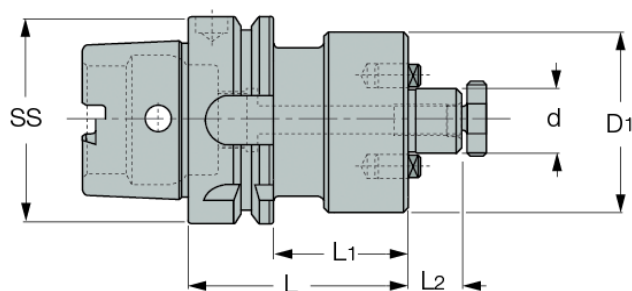


Рисунок 5.10 – Держатель HSK A 63 SEM 40X-60

Таблица 5.10 – Характеристики держателя HSK A 63 SEM 40X-60

SS	d	D ₁	L	L ₂	L ₁	Kg
63	32.00	66.00	60.00	24.00	34.0	1.41

Для этого этапа будет использоваться пластина QDMT 120532PDTN-M представленная на рисунке 5.11 [28]. Характеристики пластины находятся в таблице 5.11

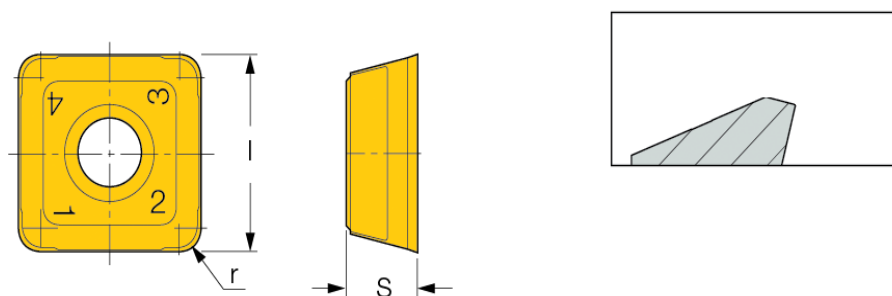


Рисунок 5.11 – Пластина QDMT 120532PDTN-M

Таблица 5.11 – Характеристики пластины QDMT 120532PDTN-M

Обозначение	l	S	r	fz (min)	fz (max)
QDMT 120532PDTN- M	12.70	5.00	3.20	0.08	0.15

Обработка проходит при 500 об/мин. Скорость – 314 м/мин.

Шестым этапом будет выполняться фрезеровка второго паза шириной 25 мм. Тут используется та же дисковая фреза FDN D160-18-40-R12, тот же дер-

жатель HSK A 63 SEM 40X-60 и та же пластина QDMT 120532PDTN-M что и в предыдущем этапе.

Седьмым этапом выполняется получистовая обработка поверхностей. Используется фреза $\varnothing 16$ мм. Корпус фрезы HP E90AN-D16-3-C16-07-C (рисунок 5.12). Характеристики фрезы в таблице 5.12 [28].

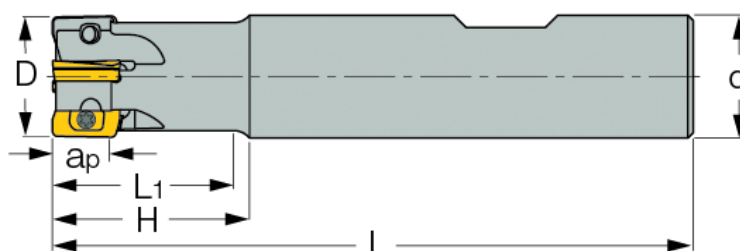


Рисунок 5.12 – Корпус фрезы HP E90AN-D16-3-C16-07-C

Таблица 5.12 – Характеристики фрезы HP E90AN-D16-3-C16-07-C

Обозначение	D	Z	H	L1	L	a_p	d
HP E90AN-D16-3-C16-07-C	16.00	3	26.00	24.5	90	7.70	16

Используется держатель HSK A63 ER 32X-100 и пластина HP ANKT 070212PNTR.

Обработка проходит при 5000 об/мин. Скорость – 251,2 м/мин.

Восьмым этапом проводится чистовая обработка поверхности. Для этой работы используется фреза диаметром 10мм. Корпус фрезы: E90AN-Д10-1-С10-07-с (рисунок 5.13). Характеристики фрезы находятся в таблице 5.13 [28].

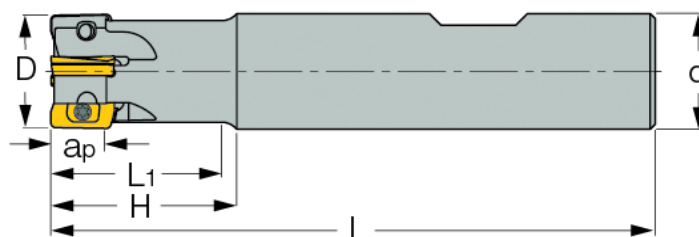


Рисунок 5.13 – Корпус фрезы E90AN-Д10-1-С10-07-с

Таблица 5.13 – Характеристики фрезы E90AN-Д10-1-С10-07-с

Обозначение	D	Z	H	L1	L	a_p	d
E90AN-Д10-1-С10-07-с	10/00	1	20.00	18.0	80.00	7.70	10

Используется держатель HSK A63 ER 32X-100 рассмотренный в предыдущих этапах. В качестве пластины выступает HP ANCR 0702PNFR (рисунок 5.14) с характеристиками в таблице 5.14 [28].

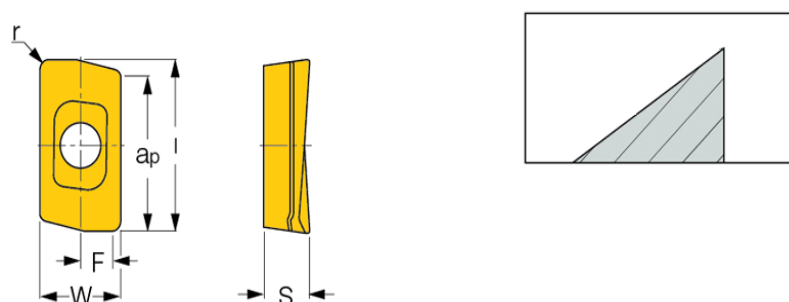


Рисунок 5.14 – Пластина HP ANCR 0702PNFR

Таблица 5.14 – Характеристики пластины HP ANCR 0702PNFR

Обозначение	l	a_p	S	r	F	W	fz (min)	fz (max)
HP ANCR 0702PNFR	8.70	7.70	2.60	0.40	1.20	4.50	0.07	0.20

Обработка проходит при 7960 оборотах. Со скоростью 249,94 м/мин.

Девятым этапом идет чистовая обработка выступов. Для выполнения этого действия используется фреза диаметром 4мм. Корпус фрезы: ECS 040E05-3W06-57 (рисунок 5.15). Характеристики фрезы Представлены в таблице 5.15 [28].

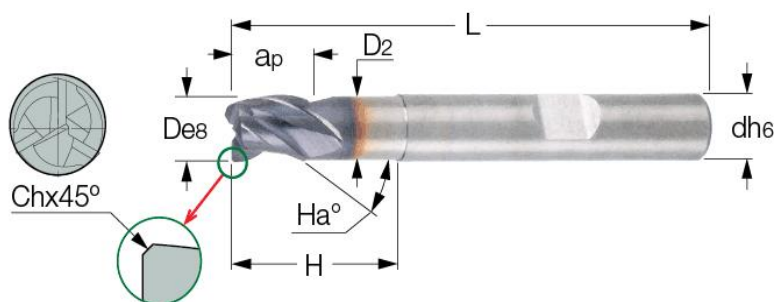


Рисунок 5.15 – Фреза ECS 040E05-3W06-57

Таблица 5.15 – Характеристики фрезы ECS 040E05-3W06-57

Обозначение	D	d	a_p	H	D_2	L	LF	Канавка	Ha °	Rd °
ECS040E05-3W06-57	4.00	6.00	5.00	13.0	3.90	57.00	39.0	3	38.0	5.0

Держатель: HSK A63 ER 32X-100. Он использовался ранее.

Обработка проходит при 7960 об/мин. При скорости 99,97 м/мин.

5. Контрольная операция.

Следующей проводится контрольная операция. Деталь после фрезеровки попадает на контрольный стол, где будут проверяться все размеры изделия.

В этой операции применяются измерительные инструменты:

1. Штангенрейсмас Р-250-0,05.
2. Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05.
3. Угломер.
4. Шаблоны.
5. Глубиномер Г И-100. С помощью этого инструмента будут производиться измерения отверстий и пазов.
6. Калибр-пробка 8133-0158 4Н7.
7. Микрометр МК 50-1. Этот универсальный инструмент, предназначен для измерения линейных размеров абсолютным и контактным методом в области малых размеров с низкой погрешность.
8. Стенкомер С-10А. С помощью этого прибора производится измерения

стенок.

9. Нутромер 10-18. Инструмент для измерения внутреннего диаметра или расстояния между двумя поверхностями.

10. Нутромер 18-50.

11. Штатив.

12. ИРБ Индикатор. Индикатор часового типа представляет собой прибор, работа которого основывается на механическом принципе. Он оборудуется стрелочным указателем и позволяет определить целый ряд различных показателей.

6. Шлифование поверхности.

После фрезеровки необходимо предать детали более гладкую и ровную поверхность. Этого можно добиться с помощью процесса шлифования. Процесс будет проходить на плоскошлифовальном станке 3Б722. Плоское шлифование в настоящее время является наиболее надежным методом точной обработки плоскостей. Обрабатываемую деталь устанавливают на столе станка. В процессе работы стол получает прямолинейное возвратно-поступательное движение, а шлифовальный круг — вращательное.

В качестве шлифовального круга применяется 25А40ПСМ25К8Б ГОСТ 2424-83 [20]. Это абразивный круг плоского прямого профиля. Зернистость данного круга 400 микрон. Относится к классу средней мягкости. Характеристики абразивного круга представлены в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Характеристики абразивного круга 25А40ПСМ25К8Б

Обозначение	Значение
1	2
Размер	300x25x76
Марка шлифовального материала	25А

Продолжение таблицы 5.16

1	2
Зернистость	40-П
Твердость	СМ2
Структура	5
Класс точности	Б

Так же для более точных измерений в этом процессе будут использоваться мерительные приборы:

1. Нутромер 18-50.

2. Нутромер 10-18.

7. Слесарная операция.

После контрольной операции деталь попадает на слесарный верстак. Тут будет происходить правка металла. Операция, при которой устраняют неровности, вмятины, кривизну, коробление, волнистость и другие дефекты материалов, деталей. В качестве режущего инструмента будет применяться плоский, тупой напильник.

8. Ультразвуковой контроль.

Для контроля проушин будет проведен процесс ультразвукового контроля. К ним предъявляются повышенные требования. Ультразвуковые волны прибора направленно распространяются в средах в виде лучей и отражаются от границ сред или нарушений сплошности (дефектов), обладающих другими акустическими свойствами.

Прибором для проведения операции является ультразвуковой дефектоскоп А1211 MINI [16]. Главной особенностью прибора является небольшой вес и габариты, что позволяет работать в сложных и стесненных условиях.

9. Магнитный контроль.

Далее проводится магнитный контроль детали. Процесс необходим для

выявления мест нарушения сплошности материала детали, расположенных на поверхности и в подповерхностных слоях, а в отдельных случаях — и внутри детали, т. е. трещин. Преимуществом метода является возможность контроля деталей сложной формы и любых размеров.

Для проведения первого этапа контроля будет использоваться переменный ток. Он наиболее эффективен для выявления поверхностных дефектов, так как действие магнитного поля ограничивается поверхностными слоями изделия. Переменный ток необходим для размагничивания деталей.

Второй этап будет проходить при постоянном токе, так как создаваемое им магнитное поле проникает глубоко в изделие и более равномерно распределяется по всему сечению детали. Он выявит подповерхностные дефекты детали.

При контроле будет использоваться магнитный дефектоскоп МА412ММ [12]. Данный прибор комплектуется различными датчиками, имеет большой объем памяти, имеет возможность оперативной калибровки по образцам изделий.

10. Промывочная операция.

Промывка проводится для удаления с поверхности детали химических веществ или продуктов реакций после технологических операций. Промывка будет проходить в специально помещении, оборудованном включаемой вентиляцией. Операция проходит в ванне с керосином. Промывка ведется с помощью ветоши и других обтирочных материалов. Температура керосина 60-70 градусов.

В следующей ванне на деталь наносится покрытие Хим.Н.тв. Этот процесс необходим для повышения износостойкости и твердости детали.

11. Окрашивание.

В покрасочной камере выполняется окрашивание детали. Наносится эмаль УР-1161 [22]. Цвет: светло-серый. Эмаль выдерживает высокую влажность и резкие перепады температуры от -40 °С до +60 °С. Покрытие устойчиво к действию тракторных масел, тормозных жидкостей, нефтепродуктов и рас-

творителей. Защитные свойства сохраняются до 12 лет использования в умеренно-холодном климате.

После окраски деталь попадает в туннель с горячим воздухом, для сушки. Процесс проводится в специально оборудованном помещении.

12. Контроль качества.

Деталь проходит последние проверки на контрольном столе. К этому процессу предъявляются повышенные требования. Так как процесс заключительный в производстве.

13. Сборка кронштейна.

Сборка производится на верстаке. Перед сборкой деталь необходимо продуть от остатков технической пыли. Для применяются гаечные ключи. Схема сборки кронштейна показана на рисунке 5.16.

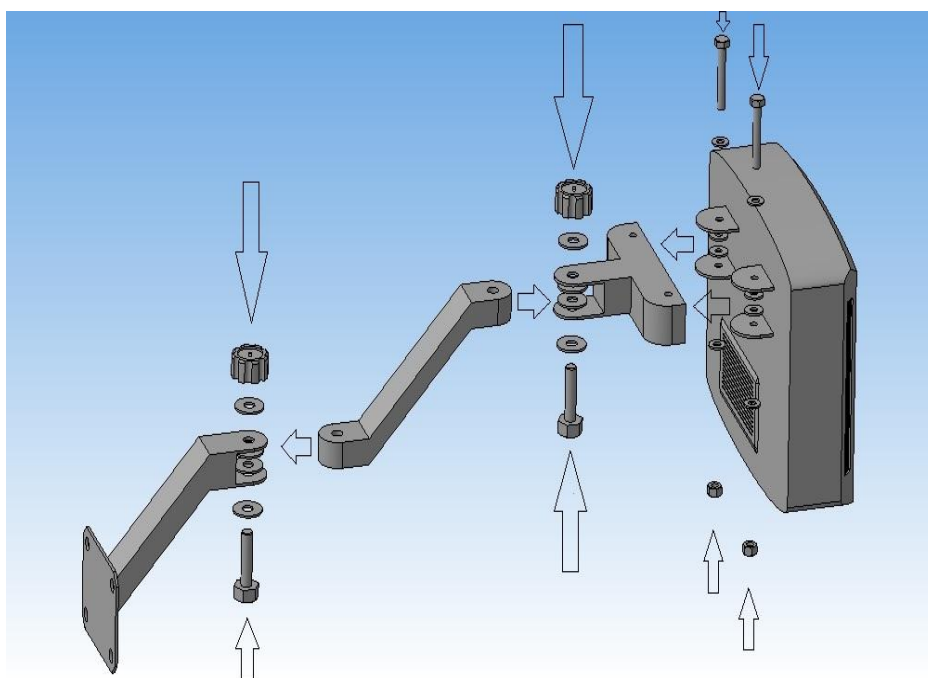


Рисунок 5.16 – Схема сборки кронштейна

5.4 Технологические расчеты

Выбор инструмента - резец прямой проходной 2100-0405 с сечением 25X16 по ГОСТ 18878 – 73.

Выбор режущего инструмента - твердый сплав T15 K6.

Главный угол в плане $\varphi = 45$

Черновое точение $\varnothing 1 = 10$

$\lambda = 5$ Резец 16×25 Радиусное превышение $r = 1$.

005. Токарная

Переход 2. Точить поверхность на длине 134 мм.

1. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (5.1)$$

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

$$h = \frac{30 - 28}{2} = 1 \text{ мм.}$$

2. Находим глубину резания t .

$$t_1 = 1;$$

3. Выбираем подачу S .

Для черновой обработки для стали рекомендуется $0,3 \dots 0,8$ и выбираем $s = 0,3$ мм/об.

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $S = 0,3$ мм/об.

4. Определяем действительную подачу $S_{\text{дейст.}}$ мм/об.

$$S_{\text{дейст.}} = 0,39 \text{ мм/об}$$

5. Определяем скорость резания V_p

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y}, \quad (5.2)$$

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;

Сталь 5 $\sigma_s = 750$, 1K62 без охлаждения $C_v = 92$; $x = 0,25$; $y = 0,33$; $m = 0,25$;

$$V_p = \frac{92}{60^{0,25} \cdot 1^{0,25} \cdot 0,39^{0,33}} = 45,0980 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 45,0980}{3,14 \cdot 30} = 478,75 \text{ мин}^{-1}. \quad (5.3)$$

Найденное значение $n = 478,75 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1K62 $n = 450 \text{ мин}^{-1}$.

7. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 450}{1000} = 42,39 \text{ м/мин.} \quad (5.4)$$

8. Определяем силу резания P_z .

Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \cdot v^{-0,25} \quad (5.5)$$

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

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

n – показатель степени при скорости резания;

$$C_p = 285; x = 1; y = 0,75; n = -0,25;$$

$$P_z = 285 \cdot 1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 42,39^{-0,25} = 55,122 \text{ Н.}$$

9. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{55,122 \cdot 42,39}{60000} = 0,03894 \text{ кВт.} \quad (5.6)$$

10. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L}{\Pi_o \cdot S_o} = \frac{134}{450 \cdot 0,39} = 0,76 \text{ мин} \quad (5.7)$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

1.005. Токарная

Переход 3. Точить поверхность 24 на длине 56.

1. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (5.8)$$

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

$$h = \frac{28 - 24}{2} = 2 \text{ мм.}$$

2. Находим глубину резания t .

$$t_1 = 2;$$

3. Выбираем подачу S .

Для черновой обработки стали рекомендуется 0,3 ... 0,8 и выбираем $s=0,3$ мм/об.

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $S=0,3$ мм/ об.

4. Определяем действительную подачу $S_{\text{дейст.}}$ мм/об.

$$S_{\text{дейст.}} = 0,39 \text{ мм/об}$$

5. Определяем скорость резания V_p

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y}, \quad (5.9)$$

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;

Сталь 5 $\sigma_s = 750$, 1K62 без охлаждения $C_v = 92$; $x = 0,25$; $y = 0,33$; $m = 0,25$;

$$V_p = \frac{92}{60^{0,25} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,39^{0,33}} = 37,923 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 37,923}{3,14 \cdot 28} = 431,34 \text{ мин}^{-1}. \quad (5.10)$$

Найденное значение $n = 431,34 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1K62 $n = 450 \text{ мин}^{-1}$.

7. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 450}{1000} = 39,564 \text{ м/мин.} \quad (5.11)$$

8. Определяем силу резания P_z .

Сила резания определяется по формуле [14]

$$P_z = C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \cdot v^{-0,25} \quad (5.12)$$

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

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

n – показатель степени при скорости резания;

$$C_p = 285; x = 1; y = 0,75; n = -0,25;$$

$$P_z = 285 \cdot 2^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 39,564^{-0,25} = 112,163 \text{ Н.}$$

9. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{112,163 \cdot 39,564}{60000} = 0,0805 \text{ кВт.} \quad (5.13)$$

10. Определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L}{\Pi_o \cdot S_o} = \frac{56}{450 \cdot 0,39} = 0,31 \text{ мин} \quad (5.14)$$

где L – длина рабочего хода резца, мм;

3. 005. Токарная

Переход 4. Точить поверхность 14 на длине 18.

1. Определяем припуск h .

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \quad (5.15)$$

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

$$h = \frac{20 - 14}{2} = 3 \text{ мм.}$$

2. Находим глубину резания t .

$$t_1 = 2; t_2 = 2;$$

3. Выбираем подачу S .

Для черновой обработки стали рекомендуется 0,3 ... 0,8 и выбираем $s=0,3$ мм/об.

Но корректируя по паспорту станка устанавливаем $S=0,3$ мм/об.

4. Определяем действительную подачу $S_{\text{дейст.}}$ мм/об.

$$S_{\text{дейст.}} = 0,39 \text{ мм/об}$$

5. Определяем скорость резания V_p

$$v = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y}, \quad (5.16)$$

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;

Сталь 5 $\sigma_s = 750$, 1K62 без охлаждения $C_v = 92$; $x = 0,25$; $y = 0,33$; $m = 0,25$;

$$V_p = \frac{92}{60^{0,25} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,39^{0,33}} = 37,923 \text{ м/мин.}$$

6. Определяем частоту вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_1} = \frac{1000 \cdot 37,923}{3,14 \cdot 20} = 603,87 \text{ мин}^{-1}. \quad (5.17)$$

Найденное значение $n = 603,87 \text{ мин}^{-1}$ корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительное значение n частоты вращения. По паспорту 1K62 $n = 630 \text{ мин}^{-1}$.

7. Определение действительной скорости резания.

Действительная скорость резания определяется с учетом действительной частоты вращения n .

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 630}{1000} = 39,564 \text{ м/мин.} \quad (5.18)$$

8. Определяем силу резания P_z .

Сила резания определяется по формуле:

$$P_z = C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \cdot v^{-0,25} \quad (5.19)$$

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

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

$$C_p = 285; x = 1; y = 0,75; n = -0,25;$$

$$P_z = 285 \cdot 2^1 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 39,564^{-0,25} = 112,163 \text{ Н.}$$

9. Определяем мощность, затрачиваемая на резание.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60000} = \frac{112,163 \cdot 39,564}{60000} = 0,074 \text{ кВт.} \quad (5.20)$$

10. определение основного технологического времени.

$$T_o = \frac{L}{\Pi_o \cdot S_o} = \frac{18}{630 \cdot 0,39} = 0,073 \text{ мин} \quad (5.21)$$

где L —длина рабочего хода резца, мм;

6 РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРА

6.1 Обращение к водителю

Трактор - источник энергии, механической и гидравлической. Сам по себе трактор не имеет большой практической пользы. Лишь использование навесного оборудования делает его рабочим инструментом. В данном руководстве собраны безопасные способы работы на тракторе [28].

Очень важно, чтобы водитель изучил и понял руководство, поставляемое с оборудованием.

Безопасность водителя и окружающих людей зависит от умения управлять и обслуживать трактор. Перед тем, как сесть за руль, водитель должен изучить положение и назначение всех органов управления.

Перед началом работ, необходимо проверить работу всех органов управления на безопасной площадке. Полностью прочесть инструкцию и убедиться, что принцип действия всех систем управления понятен. У любого оборудования есть ограничения. Нужно убедиться, что водитель знает скоростные, тормозные и грузовые характеристики трактора, а также характеристики его устойчивости.

6.2 Целевое назначение

- 1) Использовать трактор необходимо только по назначению.
- 2) Строгое соблюдение правил использования, обслуживания и ремонта в том виде, в котором они даны производителем, является неотъемлемой частью понятия "целевое использование".
- 3) Этот трактор должен управляться, обслуживаться и ремонтироваться только лицами, хорошо знакомыми с его характеристиками и правилами безопасности (во избежание несчастных случаев).
- 4) Требования по предотвращению несчастных случаев, обеспечению безопасности, соблюдению требований производственной медицины и правил дорожного движения должны неуклонно соблюдаться.

5) Любые изменения, внесенные в конструкцию трактора, могут привести к выводу из строя трактора и получению травм.

6.3 Общие правила по предотвращению несчастных случаев

1) Кроме руководства пользователя, необходимо ознакомиться с общими правилами техники безопасности.

2) Выезжая на дороги общего пользования, всегда нужно следовать правилам дорожного движения.

3) Перед началом работы надо ознакомиться со всеми органами управления и их функциями. Делать это во время работы слишком поздно. 4) Если кабина оснащена ремнём безопасности, пристегнуться. Для безопасности трактор оснащён кабиной с системой защиты при опрокидывании. Правильное использование привязного ремня помогает обеспечить безопасность. Не допускается перекручивание ремня или его заклинивание в сидении.

5) Заводить двигатель, только сидя в кресле водителя. "Перед началом движения проверить близлежащую местность на наличие, например, детей. Обеспечить хорошую видимость. Не заводить двигатель в помещении. Во время работы двигателя всегда требуется вентиляция.

6) Водитель должен носить облегающую одежду. Должен избегать свободных курток, рубашек или галстуков.

7) Топливо очень огнеопасно - обращаться с ним нужно аккуратно. Никогда не заправлять трактор вблизи от открытого пламени или искр. Не курить во время заправки.

8) Не заправлять трактор с заведённым или горячим двигателем.

9) Перед заправкой всегда глушить двигатель и извлекать ключ зажигания. Заправлять на открытом воздухе. Немедленно вытирать следы пролитого топлива.

10) Пожар легко предотвратить, если содержать трактор в чистоте.

11) Сильный шум может повредить слух. При работе в шумной среде всегда носить подходящие защитные наушники.

6.4 Личная безопасность

В руководстве и на предупредительных наклейках можно найти предупреждения со знаками “Опасность”, “Предупреждение” или “Предостережение”. Эти предупреждения предназначены для обеспечения безопасности персонала.

Отказ следовать инструкциям со знаками предупреждения может привести к серьезным травмам или смерти.

Значение понятий “Опасность”, “Предупреждение” или “Предостережение”:

1) **Опасность:** Указывает на опасную ситуацию, которая, если её не удастся избежать, приведёт к серьёзной травме или смерти. Цвет, соответствующий знаку “Опасность” - **КРАСНЫЙ**.

2) **Предупреждение:** Указывает на опасную ситуацию, которая, если не будет избегнута, может привести к серьёзной травме или смерти. Цвет, соответствующий знаку “Предупреждение” – **ОРАНЖЕВЫЙ**.

3) **Предостережение:** Указывает на опасную ситуацию, которая, если не будет избегнута, может привести травме лёгкой или средней степени тяжести. Кроме того, эта надпись может предупреждать о потенциально опасных действиях. Цвет, соответствующий знаку “Предостережение” - **ЖЕЛТЫЙ**.

Предупредительные наклейки на тракторе соответствуют стандарту ISO на графические наклейки, состоящие из двух частей. Первая часть указывает на природу угрозы. Вторая часть указывает на правильные способы избежать угрозы. "Цвет фона - **ЖЕЛТЫЙ**."

6.5 Перевозка пассажиров

Перевозка пассажиров осуществляется только на специально оборудованном сидении.

Установка пассажирского сидения допускается только в следующих случаях:

1) При подготовке второго водителя.

2) При диагностике трактора специалистом сервисного центра. В иных случаях перевозка пассажиров не допускается.

Безопасное пользование пассажирским сидением (если оно установлено):

1) Перевозка детей на пассажирском сидении не допускается.

2) Скорость трактора должна быть низкой, не допускается езда по пересеченной местности.

3) Избегать выезда на автострасы и дороги общего пользования.

4) Избегать резкого набора скорости и остановки.

5) Избегать резких поворотов.

6) При движении трактора дверь с левой стороны должна быть закрыта.

6.6 Эксплуатация

При эксплуатации трактора необходимо помнить следующие правила:

1) Не работать на тракторе под воздействием алкоголя или наркотиков.

2) Перед тем как запустить двигатель, все органы управления должны находиться в нейтральном положении. Это предотвратит неожиданное перемещение трактора или включение оборудования с механическим приводом.

3) Использовать органы управления трактором только сидя в водительском кресле.

4) Никогда не запускать трактор, замыкая контакты электростартера накоротко. Это может привести к неожиданному началу движения.

5) Никогда не распылять эфир или бензин в воздухозаборник для того, чтобы запустить трактор в холодную погоду. Это может привести к взрыву и травме.

6) Выезжая на дорогу, необходимо использовать проблесковый маячок или огни в соответствии с местным законодательством.

7) Эмблема, обозначающая тихоходный транспорт, должна быть установлена.

8) Чтобы пропустить скоростной автотранспорта, нужно съехать на обочину и остановиться.

9) Перед поворотом нужно снизить скорость и подать сигнал.

10) Перед выездом на дорогу, надо воспользоваться взаимной блокировкой тормозных педалей. Это обеспечит согласованное действие тормозов и максимальную тормозную способность.

11) Убедиться в том, что вес буксируемого транспортного средства, не оснащенного тормозами, не превышает веса буксирующего транспортного средства.

12) Необходимо помнить, что мокрые покрышки, вес трактора колёс или баков с удобрениями увеличивают массу и удлиняют тормозной путь.

13) Не развивать высокую скорость со включенным устройством блокировки дифференциала. Управление трактором усложнится, что может привести к ДТП.

14) Для усиления тяги включать блокировку дифференциала при полевых работах, но выключать её при разворотах в конце ряда.

15) Всегда выбирать скорость, адекватную условиям местности. Избегать резких разворотов при движении вверх, вниз или параллельно склону. Не пытаться развернуть трактор с включенной блокировкой дифференциала. При движении вниз по склону, не выжимать педаль сцепления и не менять передачу.

16) Скорость перемещения должны быть такой, чтобы обеспечивать постоянную управляемость и устойчивость трактора. Если возможно, избегать работы вблизи траншей, насыпей и ям. Снижать скорость при поворотах и проездах склонов, а также на неровных, скользких или грязных поверхностях.

17) Избегать слишком крутых склонов. Перед тем, как преодолеть склон с тяжёлым грузом, понизить передачу. Избегать езды на нейтральной передаче.

18) Перед проездом под мостом и ЛЭП проверять габариты трактора по высоте.

6.7 Работа с валом отбора мощности

1) Перед присоединением или отсоединением приводного вала заглушить двигатель.

2) Водитель должен носить облегающую одежду.

3) При работе с механизмом отбора мощности, не допускать нахождения людей рядом с приводным валом.

4) Перед работой, обслуживанием или очисткой вала механизма отбора мощности, установить рукоятку управления в положение DISENGAGE (расцепить) и заглушить двигатель. Оборудование, приводимое в действие механизмом отбора мощности, может серьёзно травмировать.

5) При работе механизма отбора мощности всегда устанавливать защитное ограждение, это предотвратит травмы персонала и третьих лиц. Когда на вал механизма отбора мощности установлено оборудование (особенно насосы), и защитное ограждение сдвинуто вверх или снято, необходимо использовать аналогичное защитное ограждение оборудования. После отсоединения оборудования немедленно поместить ограждение вала на место.

6) Когда водитель покидает кабину трактора во время стационарной работы с механизмом отбора мощности, он должен остерегаться любых движущихся частей, они могут быть потенциальной угрозой безопасности.

7) Перед очисткой или настройкой оборудования дождаться его полной остановки.

8) Чтобы не повредить карданную передачу, навесное оборудование и не травмировать людей, убедиться, что скорость вращения входного вала не превышает рекомендованную для данного типа оборудования.

9) В режиме 540 BOM механизм отбора мощности работает с частотой вращения 1860 об/мин. Не допускать превышения двигателем 2170 об/мин при 630 об/мин BOM.

10) В экономичном режиме 540 BOM механизм отбора мощности работает с частотой вращения 1625 об/мин. Не допускать превышения двигателем 1940 об/мин при 630 об/мин BOM.

6.8 Система "Neutral Start" (Запуск на нейтральной передаче)

Для безопасности водителя трактор оснащён системой "Neutral Start", встроенной в цепь переключателя выбора хода, предотвращающей случайное движение трактора при включении двигателя. Двигатель запускается только тогда, когда рычаг находится либо в положении NEUTRAL – (нейтральная передача) или PARK (парковка).

Необходимо убедиться, что система Neutral Start работает. Для этого проделать следующие операции на открытой площадке, без посторонних предметов и лиц:

- 1) Сидя в кресле водителя с выключенным двигателем, передвинуть рычаг в положение FORWARD (передний ход).
- 2) Попытаться завести двигатель. Двигатель не должен завестись.
- 3) Повторите процедуру, передвинув рычаг в положение REVERSE (задний ход). Двигатель не должен завестись.

Если двигатель завёлся, обратиться к дилеру для проведения ремонта.

6.9 Оставление трактора без присмотра

Покидая трактор необходимо придерживаться следующим правилам:

- 1) Покидая трактор, нужно убедиться, что он не укатится. Установить рычаг хода в положение Park, поставить трактор на ручной тормоз, установить подколёсный клин и заглушить двигатель.
- 2) Извлекать ключ зажигания и закрывать кабину.
- 3) Никогда не оставлять без присмотра трактор с работающим двигателем.
- 4) Не покидать водительскую кабину во время движения.
- 5) Перед тем, как покинуть трактор, опустить навесное оборудование на землю.

6.10 Обслуживание

При обслуживании трактора необходимо следовать инструкциям или проконсультироваться с дилером. Запрещается обслуживать трактор с заведённым двигателем.

Трактор оснащён механическим передним приводом колёс на пружинах (МРО) и дифференциалом переднего моста с ограниченным прокручиванием. Даже если механизм зацепления МРО выключен, сцепление передней оси может привести в движение оба передних колеса в любом из следующих случаев:

- 1) Двигатель заглушен.
- 2) Двигатель остановлен, но задние колёса всё ещё вращаются по инерции.
- 3) Любой перебой или падение давления в гидравлической системе, или сбой в электронике управления сцеплением.

В этом случае, необходимо выполнить следующие процедуры. Перед началом вращения задних колёс трактора, оснащённого MFD (если используется энергия двигателя, а задние колеса приподняты над землёй) нужно выполнить несколько действий, которые предотвратят неожиданные движения трактора.

- 1) Поднять оба передних колеса домкратом.

ИЛИ

- 2) Отсоединить кардан переднего моста.

Струя жидкости под давлением (топлива или масла) из повреждённого патрубка может привести к серьёзной травме.

Для предотвращения травм персонала необходимо следовать правилам:

- 1) Перед отсоединением патрубков нужно сбросить давление.
- 2) Перед подъёмом давления убедиться в прочности всех соединений и исправности всех частей системы.
- 3) Никогда не искать место возможной утечки рукой. Использовать для этого кусок картона или дерева. При попадании под кожу любой жидкости не-

медленно обратиться к врачу, в противном случае может развиваться серьёзная инфекция.

4) Перед обслуживанием трактора желательно узнать, где находится аптечка и огнетушитель.

5) Утилизация масла, топлива и фильтров должна производиться в соответствии с местными законами.

6) Не выливать масло на землю или в канализацию. Вы в ответе за окружающую среду.

7) Не пытаться сменить крышку, если нет опыта и нужного оборудования.

8) Затягивать гайки на колёсах с регулярностью, указанной в руководстве.

9) Всегда отключать провод(а) заземления аккумуляторов перед выполнением любого ремонта электрической системы.

10) Использовать оригинальные запчасти. Запасные части должны соответствовать требованиям производителя.

6.11 Опасные химические продукты

При работе с трактором и его оборудованием водитель постоянно сталкивается с опасными химикатами. Необходимо помнить:

1) Если человек подвергся воздействию или вступил в контакт с опасными химикатами, он может серьезно пострадать. Смазки, краски, охлаждающие жидкости и клей, использованные в тракторе, могут быть опасными, всегда необходимо четко следовать инструкциям производителей химикатов.

2) Инструкция по безопасному пользованию материалами дают информацию по химическому составу продукта, правилам его безопасного использования, оказания первой помощи и мер, которые нужно предпринять, если произошла утечка химиката.

3) Перед обслуживанием трактора нужно проверить каждую жидкость, входящую в его состав.

4) Воздушные фильтры удаляют пыль из воздуха, но не способны задерживать химикаты, которые используют при обработке сельскохозяйственных культур. Многие вещества, применяемые для этих целей, токсичны при направленном использовании, и могут быть опасны как водителю, так и посторонним лицам.

5) Всегда использовать спец. одежду: спецовки, защитные очки, перчатки и маски при подготовке оборудования для опрыскивания химикатами.

6) Не выливать отработанное масло или другие технические жидкости на землю. Это вредит окружающей среде.

7) За подробной информацией о процедурах утилизации нужно обратиться в местный природоохранный центр.

6.12 Меры предупреждения пожара или взрыва

Риск пожара можно свести к минимуму если добросовестно придерживаться следующим правилам:

1) Своевременно удалять мусора в начале каждого рабочего дня. Особенно внимательно следить за чистотой выхлопной системы и отсека двигателя.

2) Топливо огнеопасно, и может вызвать пожар или взрыв. Не заправляться и не обслуживать топливную систему вблизи открытого огня, электро-сварки, сигарет и т.д.

3) Для очистки использовать негорючие растворители.

4) Всегда держать огнетушитель вблизи от трактора. Убедиться, что огнетушитель используется в соответствии с инструкцией производителя.

6.13 Безопасность при работе с аккумулятором

1) Не допускать попадания искр и использования открытого пламени вблизи аккумулятора.

2) Аккумуляторы содержат серную кислоту. Избегать контакта с кожей, глазами или одеждой. При попадании на кожу - промыть водой. При попадании внутрь - пить большое количество воды или молока. Не провоцировать рвоту.

Немедленно обратиться за медицинской помощью. Глаза - промывать водой 15 минут и немедленно обращаться за медицинской помощью.

3) Неправильное подключение вольтодобавочной батареи или зарядного устройства может привести к взрыву и/или повреждению электрических компонентов. Нужно соблюдать полярность проводов.

4) При зарядке или использовании в закрытом пространстве проветривать помещение.

5) При работе вблизи от аккумуляторов всегда носить защитные очки.

6) После работы с аккумулятором помыть руки.

7) Хранить в месте, недоступном для детей.

7 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

7.1 Влияние эксплуатации трактора на окружающую среду

Любое сельское хозяйство использует большое количество техники. Машины дают возможность упростить деятельность работников, увеличить эффективность также свойство трудов, осуществить огромный размер научно-технических действий во наилучшие агротехнические сроки. Но часто не правильная эксплуатация и плохое технического состояние дизельного трактора приводит к загрязнению окружающей среды.

При применении тракторов также иных аграрных автомобилей можно отметить соответствующее разновидности влияний на окружающую среду:

1) При сжигании топлива используется кислород из атмосферы. Содержание кислорода в воздухе постепенно уменьшается.

2) Сжигание топлива сопровождается выделением углекислого газа. А при большой концентрации углекислого газа, атмосфера плохо пропускает тепловое излучение, что приводит к «парниковому эффекту».

3) Акустическое воздействие. Оно проявляет отрицательное воздействие, как в одичавшую фауну, так и на сельскохозяйственных животных.

4) При эксплуатации, ремонте, заправке и обслуживании трактора опасные вещества попадают в воду и почву. К ним относятся: нефтепродукты, переработанные обмывочные и охлаждающие растворы, щелочные, кислотные, тепловые и также электрические сбросы, масляные отложения, продукты ржавчины и прочие загрязнители.

5) Производство электрической и механической энергии отводит в окружающую среду значительное количество теплоты. Это не может не приводить к постепенному повышению средней температуры на земле.

Основные причины неисправностей дизеля, влияющих на его экологичность приведены в таблице 7.1 [23].

Таблица 7.1 – Основные причины неисправностей двигателя, влияющие на экологические показатели

Составная часть	Причины неисправностей
1. Система воздухоподачи	- загрязненность воздухоочистителя; засоренность впускного воздушного тракта; неисправность ТКР; негерметичность впускного тракта за ТКР;
2. Система топливоподачи	- пониженное давление впрыскивания; плохое качество распыливания топлива, подтекание форсунок - неправильный угол начала нагнетания топлива насосом высокого давления; разрегулировки ТНВД; износ кулачкового вала; - неправильно отрегулирован корректор регулятора ТНВД; завышена цикловая подача топлив;
3. ЦПГ	- износ деталей ЦПГ, закоксованы (залегли) поршневые кольца;
4. ГРМ	- негерметичность прилегания клапанов ГРМ к седлам из-за износа, прогара; - неправильные тепловые зазоры в клапанах ГРМ; - заедание клапанов в направляющих втулках, поломка клапанных пружин;
5. Система смазки	- загрязненность картера и масляной системы; уровень масла в картере; загрязненность маслозаборника и фильтров; негерметичность уплотнений и соединений;
6. Система охлаждения	- негерметичность соединений и уплотнений; загрязненность радиатора; натяжение ремня вентилятора; уровень воды в радиаторе;
7. Загрязненность ТСМ	- топливо с низким цетановым числом; попадание воды в топливо и масло, загрязненность моторного масла.

Рассмотрев причины возникновения загрязнений, можно сделать вывод о том, что внедрение встроенной диагностики системы пинания двигателя снизит

процент вредных выбросов в окружающую среду. Она поможет поддерживать систему в хорошем состоянии, и предупредит об износе деталей.

7.2 Мероприятия по восстановлению экологической обстановки

Снижение вредоносных выбросов двигателями тракторов возможно добиться разными способами также в первую очередь поддержанием исправного технического состояния автомобиля.

К числу эксплуатационных мероприятий по восстановлению экологических характеристик дизеля относятся:

- своевременная и качественная очистка воздухоочистителя и (или) обеспечение нормативного давления наддувочного воздуха при каждом ТО-1 машин, а в условиях запыленности воздуха – через 50–60 мото-ч;
- поддержание нормативного давления и качества распыливания топлива форсунками; контроль при ТО-2 тракторов;
- поддерживание нормативного угла начала нагнетания топлива секциями ТНВД;
- восстановление и поддержание нормативного значения максимальной частоты вращения коленчатого вала;
- восстановление и поддержание нормативного значения теплового зазора в клапанах ГРМ;
- восстановление нормативного значения расхода топлива на холостом ходу и под максимальной нагрузкой;
- очистка машины от загрязнений, растений, химикатов.

В сфере производства тракторов производители следят за экологической безопасностью. благодаря следующим приемам:

- отечественные машины сопоставляют с лучшими зарубежными по уровню экологичности;
- выявляют серийно выпускаемые машины, уже сегодня требующих модернизации, без которых их дальнейшее производство экологически нецелесообразно;

- выявляют машины, которые должны быть сняты с производства (или заменены более совершенными) в ближайшее время;

- выявляют машины, постановка, на производство которых нецелесообразна или же они подлежат срочному снятию с производства.

При работе в машинно-тракторном парке или на производстве необходимо придерживаться правил для совершенствования технологического процесса.

- при зарядке аккумуляторных батарей покрыть поверхности электролита маслом;

- при зарядке покрыть стеклами открытые аккумуляторы для сокращения выделений аэрозолей электролита;

- при пайке использовать припой с содержанием свинца не более 70 %;

- сводить к минимуму применения газовых горелок больших номеров с интенсивным пламенем;

- проводить мокрую уборку помещений;

- применение лакокрасочных материалов, не содержащих органических растворителей, жидких безрастворительных материалов, порошковых и водоразбавляемых красок, а также красок с высоким содержанием сухого остатка;

- применение современных методов окраски, значительно уменьшающих расход лакокрасочных материалов (окувание, безвоздушное и электростатическое распыление);

- при сжигании топлива в котлоагрегатах использовать природный газ, малосернистый мазут, малосернистый и малозольный уголь;

- совершенствовать процесс сжигания топлива;

- использовать реверсивные горелки;

- добавлять к топливу присадки, содержащих металлоорганические соединения.

Для очистки атмосферы от газов, необходимо проводить мероприятия по газоочистке.

С целью улавливания газов (паров) также аэрозолей используют разнообразные высохшие и влажные очистные приборы также их комбинации. Подбор очистного устройства находится зависимости от агрегатного состояния воспринимаемых вредоносных элементов, их дисперсного состава и концентрации, физико-химических свойств.

Очистка вентиляционных и технологических выбросов от вредных веществ осуществляется данными способами: механическим (сухим и мокрым), электрическим, термическим, биологическим и др.

Механический способ (сухой) используется с целью очищения газа от аэрозолей. Основан на применении 1-го или нескольких механизмов осаждения весовых частиц: гравитационного, инерционного, центробежного, зацепления, диффузионного, термофореза а также определенно иных.

С целью улавливания паров органических соединений, ядовитых газов рекомендовано применять адсорберы (вертикальные, горизонтальные и кольцевые).

Очистка вентиляционного воздуха может осуществляться и с помощью двухзонных электрофильтров.

Термический способ обезвреживания газообразных отходов разделяют на: огневое обезвреживание и окисление газообразных органических соединений в присутствии катализатора.

Также крайне следует проводить очистку сточных вод. Способы очищения сточных вод многообразны и предопределяются физико-механическими, физическими, химическими и микробиологическими (биологическими) характеристиками содержащихся в них примесей. Более распространена последующая систематизация способов очищения:

1. Методы механической очистки.
2. Физико-химические методы очистки.

3. Химические методы очистки.

4. Биологические методы очистки.

Контроль свойства воды водоемов выполняется периодическим отбором и анализом проб воды из поверхностных водоемов, не чаще одного раза в месяц. Число проверок также зоны их отбора устанавливают в соответствии с гидрологическими и санитарными характеристиками водоема. А также обязателен отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению для рек ; для озер и водохранилищ – на расстоянии 1 км от водозабора в двух диаметрально расположенных местах.

Наравне с рассмотрением анализ пробный воды в лабораториях используют автоматические станции контролирования свойства воды, которые могут одно и то же время измерять до 10 и более показателей качества воды.

Пробник воды наливают в чистую посуду из боросиликатного стекла или полиэтилена. Исследование проводится не позднее чем 12 часов после отбора пробы.

8 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКЦИИ

8.1 Выявление экономии суммарных энергетических затрат

С помощью программы MATLAB рассчитывается изменение суммарных энергетических затрат от площади поля для различных марок тракторов. На всех тракторах используется сеялка Агромастер.

Исходные данные используются такие же как при определении оптимального веса и мощности, где:

Площадь поля, га. = 100;

Длину гона, км. = 1;

Расстояние переезда, км. = 3;

Плотность семян, кг/м³ = 800;

Коэффициент прочности несущей поверхности = 0,9;

Объем работы, га = 1000;

Количество тракторов, выполняющих операцию = 1;

Число часов работы в сутки = 16;

Планируемую урожайность продукции, ц/га. = 40;

Давление в шинах, МПа = 0,16;

Число колес на одном борту трактора = 1;

После ввода данных в ЭВМ программа рассчитывает и выдает оптимальные значения и график изменения суммарных энергетических затрат. Оптимальные значения расчетов можно посмотреть в приложении... Изменение суммарных энергетических затрат от площади поля для различных марок тракторов, представлен на рисунке 8.1.

Было выявлено [1], что оптимальной массой трактора для пахотных работ и работ по углублению почвы является 16000-20000 кг. Оптимальное значение мощности колеблется в пределах 450-500 л.с.

Расчеты по выявлению оптимальных параметров трактора (массы трактора и мощности его двигателя) на вспашке, проведенные для реальных тракторов на

основе математических моделей машинно-тракторных агрегатов, составленных с использованием тяговых характеристик тракторов, показали (см. рисунок 8.1): Минимальные суммарные энергетические затраты обеспечивают тракторы масса которых колеблется в пределах от 17000 кг (трактор Джон Дир – 9430), до 20000 кг (трактор Бюллер – 485);

Мощность двигателя этих тракторов колеблется в пределах от 488 л.с (трактор Джон Дир – 9430), до 500 л.с. (трактор Бюллер – 485).

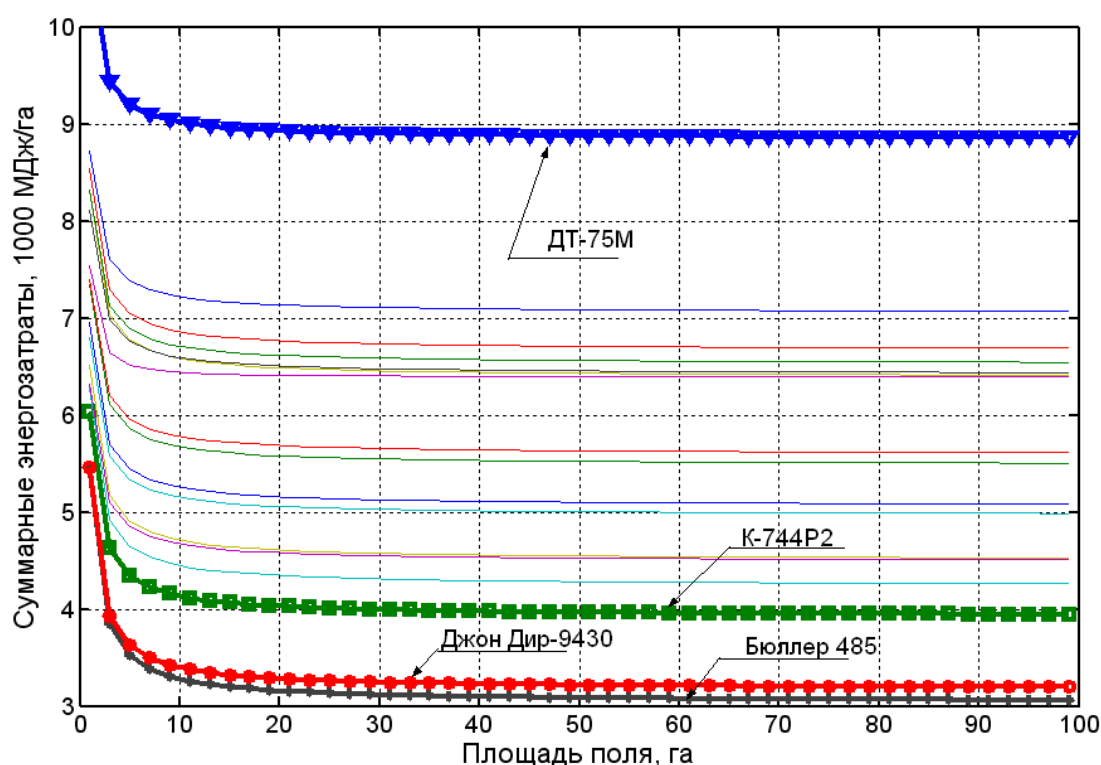


Рисунок 8.1 – Изменение суммарных энергетических затрат на вспашке в зависимости от марки трактора в составе пахотного агрегата

Таким образом, результаты расчетов по глобальной оптимизации параметров тракторов на энергоемкой операции – вспашка, подтверждаются расчетами для реально существующих тракторов и полностью совпадают по величине.

Сравнение тракторов на комплексе операций

Результаты расчетов для реальных агрегатов на вспашке и посеве, при выполнении объема работы в 1000 га одним агрегатом приведены в таблице.

Как видно из рейтинга агрегатов, оптимальными тракторами, при выполнении комплекса операций являются трактора с весом от 8000 до 12000 кг, при мощности двигателя от 228 л.с. до 252 л.с., что несколько меньше, чем было получено при оптимизационных расчетах - вес 15000 кг, мощность двигателя 300 л.с.

Наиболее близкий по параметрам трактор К-744Р4 имеет большие суммарные энергозатраты на посеве, что указывает на необходимость улучшения параметров ходовой системы трактора, с целью снижения уплотнения почвы.

Из графика видно, что из колесных тракторов для выбранных условий работы оптимальные суммарные энергетические затраты обеспечивает трактора К744 и трактора ДТ-75м энергозатраты составляют 4084 МДж/га, а у ДТ-75м 8956 МДж/га.

Трактор К 744 более близок по основным параметрам к расчётным данным. Основные параметры трактора К 744: эксплуатационная масса 160 кН; мощность двигателя 368 кВт. Это доказывает, что расчеты проведены правильно. Кроме того, использование наиболее эффективного трактора приведет к экономии суммарных энергетических затрат от ближайший верхней к нему лежащего трактора. Например, на графике самый близкий трактор к К 744 по суммарным энергетическим затратам является трактор Джон Дир 9430. У этого трактора суммарные энергетические затраты составляют 3296 МДж/га.

Разница суммарных энергетических затрат между тракторами К-744 и Джон Дир

$$E_{\min} = 4084 - 3296 = 788 \text{ МДж/га}$$

Разница суммарных энергетических затрат между тракторами составляет: 788 МДж/га.

Теперь определим, у какого трактора самые большие суммарные энергетические затраты. Из графика видно, что этим трактором является ДТ-75м. У этого трактора суммарные энергетические затраты составляют 8956 МДж/га.

Рассчитаем разницу суммарных энергетических затрат между тракторами К744 и ДТ-75м.

$$E_{\text{min}} = 8956 - 4084 = 4872 \text{ МДж/га}$$

Если будем использовать трактор К744 в место ДТ-75м, то экономия получится 4872 МДж/га. Здесь экономия считается за счет снижения потери урожайности. По этому разницу суммарных энергетических затрат можно перевести в зерно. Из всех зерновых культур выберем пшеницу. Так как вначале рассчитывали зависимость основных параметров трактора от планируемой урожайности ячменя. В одном килограмме пшеницы содержится 15,4 МДж энергии.

Теперь чтобы определить сэкономленные энергетические затраты в килограммах разницу суммарных энергетических затрат тракторов К 744 и ДТ-75м, то есть получившую экономию разделим на энергию пшеницы в одном килограмме.

$$\frac{4872}{15,4} = 316 \text{ кг.}$$

При использовании трактора К 744 в место ДТ-75м потери можно снизит до 316 кг.

Теперь определим, сколько средств сэкономили в рублях при использовании трактора К 744 в место ДТ-75м

На сегодняшний день на рынках стоимость 1 килограмма пшеницы стоит 10 рублей. Поэтому для определения сэкономленных средств (в рублях) стоимость пшеницы умножим на сэкономленные энергетические затраты в килограммах.

$$316 \times 10 = 3160 \text{ рублей}$$

При использовании трактора К 744 в место ДТ-75м сэкономленные средства равняются 3160 рублей на гектар. Допустим, если в хозяйстве 1000 га земли, то экономия составляло бы 3160000 рублей.

8.2 Экономическое обоснование модернизированного производственного процесса

Произведем расчет дополнительных капитальных вложений в машинно-тракторный парк.

Дополнительные капитальные вложения определяют по формуле:

$$\Delta K = C_{б1} - C_{б0} + C_k m_k \quad (8.1)$$

где $C_{б1}$, $C_{б0}$ – балансовая стоимость тракторов по проекту и фактически, тыс. руб.;

C_k – стоимость сконструированной системы диагностики;

m_k – потребное количество сконструированных устройств.

Балансовая стоимость тракторов по проекту и фактически не отличаются, поэтому дополнительные капитальные вложения полностью определяются стоимостью разработки:

$$\Delta K = C_k m_k \quad (8.2)$$

Стоимость сконструированной системы диагностики включает в себя стоимость радиоэлементов, а также стоимость изготовления кронштейна и монтажа элементов на трактор, а также ее обслуживания:

$$C_k = 55000 \text{ руб.}$$

Отсюда дополнительные капитальные затраты составят:

$$\Delta K = 55000 \times 15 = 825000 \text{ руб}$$

Произведем расчет уровня эксплуатационных затрат по формуле:

$$S_{\text{эсп}} = \frac{C_{\text{зн}} + C_{\text{тсм}} + C_{\text{РТО}} + A + C_{\text{проч}}}{\Omega_{\text{год}}} \quad (8.3)$$

где $C_{зп}$ – годовые затраты на оплату труда;

$C_{тсм}$ – годовые затраты на топливо и смазочные материалы;

$C_{рто}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание;

A – затраты на амортизацию;

$C_{проч}$ – прочие затраты.

Затраты на оплату труда определяют по формуле:

$$C_{зп} = \sum Z_{ghi} \cdot m_{нсм} \cdot K_{доп} \quad (8.4)$$

где $C_{зп}$ – затраты на оплату труда, руб;

Z_{ghi} – дневная тарифная ставка трактористов-машинистов по среднему разряду;

m – количество нормо-смен по данной марке тракторов;

$K_{доп}$ – коэффициент, учитывающий все виды доплат и надбавок;

Принимая во внимание, что $Z_{ghi} = 510,43$ руб; $K_{доп} = 2,1$ находим

$$C_{зп} = 510,43 \cdot 22599 \cdot 2,1 = 24223935 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на топливо и смазочные материалы определяем по формуле:

$$C_{тсм} = \sum \Pi_{комп} \cdot g_i \cdot \Omega_{годи} \quad (8.5)$$

где $\Pi_{комп}$ – комплексная цена одного килограмма основного топлива, руб/кг;

g_i – средняя норма расхода топлива, по проекту, кг/ч; фактические вследствие износа двигателя $g_{ифакт} = 78,3$ кг/ч;

$\Omega_{годи}$ – годовой объем работ.

Принимая во внимание, что $\Pi_{комп} = 45$ руб/кг; $g_{ипроjekt} = 78.3$ кг/ч; $g_{ифакт} = 85$ кг/ч находим

$$C_{тсм}^{\text{проект}} = 3523 \times 15 \times 78,3 \times 45 = 186199358 \text{ руб;}$$

$$C_{тсм}^{\text{фактический}} = 3523 \times 15 \times 85 \times 45 = 202132125 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание до внедрения встроенной системы диагностики составляли около 6% от изначальной стоимости тракторов, после внедрения системы диагностики, затраты на ремонт понизились и стали составлять 5% от стоимости тракторов. Допустим, что стоимость трактора будет в районе 7000000 рублей. А количество тракторов в предприятии возьмём 4 штук.

$$C_{\text{РТО}}^{\text{факт}} = 7000000 \times 4 \times 0,06 = 1680000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{РТО}}^{\text{проект}} = 7000000 \times 4 \times 0,05 = 1400000 \text{ руб.}$$

Прочие затраты принимаются в размере 10..15% от затрат на оплату труда:

$$C_{\text{проч}} = 20901882 \cdot 0,12 = 2508225 \text{ руб.}$$

Отсюда уровень эксплуатационные затраты составят:

По проекту:

$$\begin{aligned} C_{\text{эксп}}^{\text{проект}} &= C_{\text{зп}} + C_{\text{тсм}} + C_{\text{РТО}} + A + C_{\text{проч}} = \\ &= 24223935 + 186199358 + 1400000 + 2508225 = 214331518 \text{ руб} \end{aligned}$$

По факту:

$$\begin{aligned} C_{\text{эксп}}^{\text{фактич}} &= C_{\text{зп}} + C_{\text{тсм}} + C_{\text{РТО}} + A + C_{\text{проч}} = \\ &= 24223935 + 202132125 + 1680000 + 2508225 = 230544285 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Годовая экономия составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 230544285 - 214331518 = 16212767 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект равен:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - \Delta K = 16212767 - 825000 = 15387767 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{825000}{16212767} = 0,05 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\text{Э}_{\text{год}}}{\Delta K} = \frac{16212767}{825000} = 19,6.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Сравнительные показатели эффективности

Наименование показателя	В среднем	По проекту	Проект в % к среднему
Эксплуатационные затраты, руб.	230544285	214331518	94%
Годовая экономия, руб.	16212767		
Годовой экономический эффект, руб.	15387767		
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,05		
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	19,6		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе в результате вычислительных экспериментов по выявлению оптимальной мощности двигателя и массы трактора выявлено: что трактор общего назначения с четырьмя ведущими колесами экономически целесообразен при мощности 382 кВт (517 л.с.) двигателя и массе 160 кН.

Был выполнен литературно-патентный обзор, в ходе которого было установлено, что добиться повышения энергетической эффективности проектируемого трактора возможно с разработкой встроенной системы диагностики охлаждения дизельного двигателя. Были определены основные функциональные параметры приборов диагностики системы охлаждения, разработан технологический процесс диагностирования, выбраны элементы, входящие в прибор. В конструкторской части разработано устройство для диагностирования и выполнены расчеты по определению его конструктивных параметров. Выполнены прочностные расчеты элементов кронштейна. Система имеет широкие функциональные возможности, небольшие габариты и малую массу, что делает ее использование выгодным.

В технологической части выпускной квалификационной работе был разработан процесс производства кронштейна, и были проведены технологические расчеты.

Использование спроектированного устройства на предприятиях позволит снизить эксплуатационные затраты за счет экономии топлива исправным двигателем, продления срока службы двигателя, снижения затрат на ремонт и техническое обслуживание, а также снижения трудозатрат на проведение диагностики системы питания.

Применение встроенной диагностики системы охлаждения, проектируемого трактора, позволит существенно снизить эксплуатационные затраты тракторов и соответственно получить экономический эффект в размере 7026800 руб. Дополнительные капитальные вложения оказываются сравнительно не-

большими, поскольку включают лишь стоимость изготовления кронштейна и покупных датчиков, а также стоимость монтажа сконструированной системы на трактор, составляющую основную статью затрат.

Срок окупаемости проекта составляет менее года, что говорит о том, что внедрение сконструированной системы встроенной диагностики системы охлаждения является экономически выгодным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.И. Бобровник, А.А. Мащенко, А.В. Липницкий, Н.А. Поздняков, Т.А. Варфоломеева. “Тракторы и автомобили” Минск – 2008. – 191с.
2. Г.Г. Галеев, С.А. Синицкий Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине “ Тракторы и автомобили”. Казань – 2007г. – 50 с.
3. ИнСАТ программное обеспечение для мини компьютеров. Веб-сайт:<http://insat.ru/products/category>. (дата обращения 23.03.2020).
4. Информационный сайт сталей и металлов. Сталь марки 30ХГСА. Веб-сайт: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/30xgsa (дата обращения 07.05.2020).
5. Информационный сайт сталей и металлов. Стали, сплавы. Веб-сайт: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/30xgsa (дата обращения 07.05.2020).
6. К.А. Хафизов Электронные системы управления двигателем – Казань: Изд-во Казан. госуд. агр. ун-та, – 408 с.
7. КИП-Сервис; Датчик давления общепромышленный РТЕ5000. Веб-сайт:http://kipservis.ru/datchiki_obscheprom/datchiki-davleniya-pte5000.htm (дата обращения 14.04.2020).
8. Колесный сельскохозяйственный трактор К701. Веб-сайт: <http://pandia.ru/text/77/323/46309.php> (дата обращения 14.03.2020).
9. Компания “СЕНСОР”. Датчик модели ВБИ-Д06-45У-1111-3. Веб-сайт: <http://www.sensor-com.ru/sensors/vbi-d06-45u-1112-z> (дата обращения 16.04.2020).
10. Компания Burster. Высокоточные датчики давления 8264. Веб-сайт: <http://burster-m.ru/index.php/homepage/17-produktsiya/datchiki-davleniya/66-vysokotochnye-datchiki-davleniya-8264> (дата обращения 16.04.2020).

- 11.Кронштейн для диагностических приборов КВ-32 КВАДО. Веб-сайт: <http://compservice.in.ua/product/1049338.html> (дата обращения 03.04.2020).
- 12.Научно-производственное объединение "Инакон". Измерительные приборы. Веб-сайт: <http://www.inakon.ru/catalog/pribory/magnitnyj-kontrol.html> (дата обращения 16.05.2020).
- 13.Патент 2016103617: Способ и системы для диагностики системы охлаждения. Авторы: Дудар Аэд Невдах Михаил Александрович (RU), Камышенцев Юрий Иванович (RU), Шапран Владимир Николаевич (RU), Публикация: 15.08.2017. Веб-сайт: <http://www.freepatent.ru/patents/2292481> (дата обращения 16.03.2020).
- 14.Патент 2126960:Способ работы бортовой системы контроля агрегатов автомобиля. Авторы: Вайнштейн Л.Л. Куков Станислав Семенович (RU), Бакайкин Дмитрий Дмитриевич (RU), Гриценко Александр Владимирович (RU). Дата публикации: 27.02.1999. Веб-сайт: <http://www.freepatent.ru/patents/2418190> (дата обращения 28.03.2020).
- 15.Приборы и оборудование для не разрушающего контроля и дефектоскопии. Веб-сайт: <http://kazan.ank-ndt.ru> (дата обращения 15.05.2020).
- 16.Сайт радиолюбителя. Раздел веб сайта "Резисторы". Веб-сайт: <http://www.meanders.ru/rezistor.shtml> (дата обращения 04.05.2020).
- 17.Сайт радиолюбителя. Раздел "Делитель напряжения". Веб-сайт: <http://www.meanders.ru/delitnapr.shtml> (дата обращения 03.05.2020).
18. Стилоскоп. Веб-сайт: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 07.05.2020).
- 19.Студенческий сайт STUDFILES. Шлифовальные круги и их применение. Веб-сайт: <http://www.studfiles.ru/preview/2548811> (дата обращения 11.05.2020).

20. Студенческий сайт. Физико-химические методы очистки. Веб-сайт: <http://www.studfiles.ru/preview/1636331/page:4> (дата обращения 24.05.2020).
21. Торгово-промышленная компания «ИНФРАХИМ». Веб-сайт: <http://www.infracim.ru/products/1764> (дата обращения 17.05.2020).
22. Устройство автомобиля. Неисправности двигателя. Веб-сайт: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/to-i-tr/neispravnosti-dvigatelya-ih-prichiny-i-sposoby-ustraneniya> (дата обращения 22.05.2020).
23. Файловый архив студентов.
- Веб-сайт: <http://www.studfiles.ru/preview/2377553> (дата обращения 16.04.2020).
24. Файловый архив студентов.
- Веб-сайт: <http://www.studfiles.ru/preview/2376584> (дата обращения 28.04.2020).
25. Фирма Digital Hall кронштейн. Веб-сайт: www.digital-hall.ru (дата обращения 03.04.2020).
26. Центр производства фрезеровочных станков. Станки Hermle E20U, Hermle E40U. Веб-сайт: <https://www.hermle.de/de/home> (дата обращения 11.04.2020).
27. Электронный магазин Iscar. Фрезы, держатели, пластины, сверла. Веб-сайт: <http://www.iscar.com/eCatalog> (дата обращения 11.05.2020).
28. Электронное руководство по двигателю ТМЗ-8481.10 (24-56 слайд).

Приложение А

РАСЧЕТЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАХОТНОГО ТРАКТОРА

Исследование влияния факторов:

Уд. сопр. почвы К-40, 45, 50, 55, 60, 65 кН/м²;

Площади поля 10, 40, 70, 100, 130 га;

Объема работы 100, 200, 300, 400, 500 га;

Глубина вспашки 0,2 0,22 0,24 0,26 0,28

1 расчет (Исходный данные)

Уд. сопр. почвы К=40 кН/м²

Введите площадь поля, га. =100

Введите длину гона, км. =1

Введите расстояние переезда, км. =3

Введите плотность семян, кг/м³ =800

Введите коэффициент прочности несущей поверхности =0.9

Введите объем работы, га =400

Введите количество тракторов выполняющих операцию =1

Введите число часов работы в сутки =20

Введите планируемую урожайность основной и побочной продукции, ц/га. =40

Введите давление в шинах (от 0,08 до 0,2), МПа =0.2

Введите число колес на одном борту трактора (1 или 2 или 3 и т.д.) =1

Введите коэффициент сцепления колес с почвой =0.7

Введите коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора =0.09

Введите глубину вспашки, м. =0.26

$V_{opt} = 5.2500$

$V_{opt} = 12$

$M_{ti_{opt}} = 130$

$N_{e_{opt}} = 600$

$N = 517.6765$

$E_{min} = 1.6259$

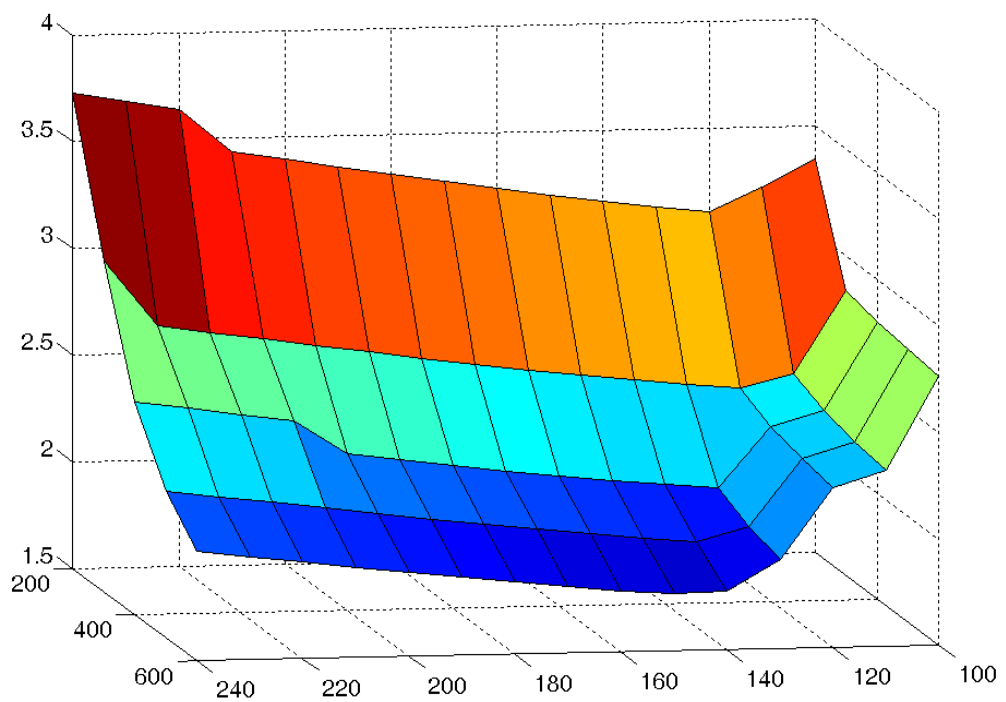
Без учета уплотнения

$V_{opt} = 5.2500$

$V_{opt} = 12$

$M_{t\text{opt}} = 130$
 $N_{\text{opt}} = 600$
 $N = 517.6765$
 $E_{\text{min}} = 1586,2$

$K = 45 \text{ } \kappa\text{H}/\text{M}^2$
 $B_{\text{opt}} = 5.2500$
 $V_{\text{opt}} = 12$
 $M_{t\text{opt}} = 150$
 $N_{\text{opt}} = 600$
 $N = 581.4410$
 $E_{\text{min}} = 1767,6$



$K = 50 \text{ } \kappa\text{H}/\text{M}^2$
 $B_{\text{opt}} = 5.2500$
 $V_{\text{opt}} = 11$
 $M_{t\text{opt}} = 160$
 $N_{\text{opt}} = 600$
 $N = 570.3004$
 $E_{\text{min}} = 1917,9$

$K = 55 \text{ } \kappa\text{H}/\text{M}^2$
 $B_{\text{opt}} = 5.2500$

$V_{opt} = 10$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 552.3251$
 $E_{min} = 2058,3$

$K=60 \text{ кН/м}^2$
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2212,2$

$K=65 \text{ кН/м}^2$
 $B_{opt} = 4.2000$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2365,6$

Без учета уплотнения

$B_{opt} = 5.2500$
 $V_{opt} = 9$
 $M_{t_{opt}} = 190$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 564.8033$
 $E_{min} = 2251,7$

Площади поля 10, 40, 70, 100, 130 га 2 расчет

$F=1 \text{ га}$
 $B_{opt} = 3.5000$
 $V_{opt} = 12$
 $M_{t_{opt}} = 130$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 517.6765$

$E_{min} = 5044,0$

F=5 га

$B_{opt} = 3.8500$

$V_{opt} = 12$

$M_{t_{opt}} = 140$

$N_{e_{opt}} = 600$

$N = 570.4825$

$E_{min} = 3156,7$

F=10 га

Без уплотнения

$B_{opt} = 4.5500$

$V_{opt} = 11$

$M_{t_{opt}} = 160$

$N_{e_{opt}} = 600$

$N = 594.8198$

$E_{min} = 2549,5$

$B_{opt} = 4.5500$

$V_{opt} = 11$

$M_{t_{opt}} = 160$

$N_{e_{opt}} = 600$

$N = 594.8198$

$E_{min} = 2638,8$

F=40 га

$B_{opt} = 4.5500$

$V_{opt} = 11$

$M_{t_{opt}} = 160$

$N_{e_{opt}} = 600$

$N = 594.8198$

$E_{min} = 2456,2$

F=70 га

$B_{opt} = 4.5500$

$V_{opt} = 11$

$M_{t_{opt}} = 160$

$N_{\text{eopt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{\text{min}} = 2427,8$

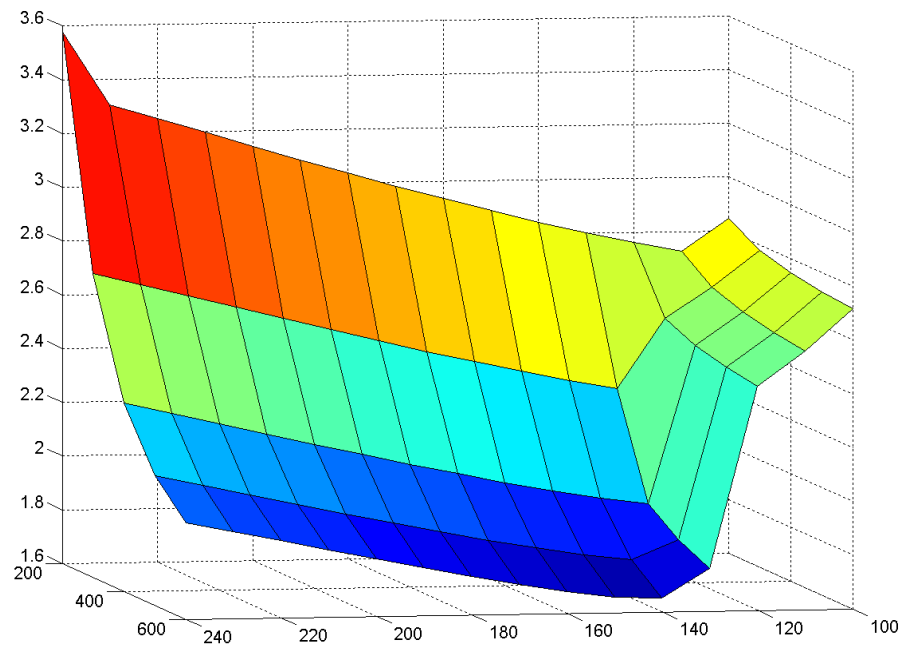
$F=100$ га
 $B_{\text{opt}} = 4.5500$
 $V_{\text{opt}} = 11$
 $M_{\text{tiopt}} = 160$
 $N_{\text{eopt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{\text{min}} = 2212,2$

$F=130$ га
 $B_{\text{opt}} = 4.5500$
 $V_{\text{opt}} = 11$
 $M_{\text{tiopt}} = 160$
 $N_{\text{eopt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{\text{min}} = 2206,1$

**Объема работы 100, 200, 300, 400, 500 га;
 3 расчет**

$Q=100$ га
 $B_{\text{opt}} = 3.1500$
 $V_{\text{opt}} = 11$
 $M_{\text{tiopt}} = 110$
 $N_{\text{eopt}} = 600$
 $N = 412.0736$
 $E_{\text{min}} = 1329.3$

$Q=200$ га
 $B_{\text{opt}} = 4.2000$
 $V_{\text{opt}} = 10$
 $M_{\text{tiopt}} = 140$
 $N_{\text{eopt}} = 600$
 $N = 481.8888$
 $E_{\text{min}} = 1652.6$



$Q=300$ ga
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{opt} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 1941.0$

$Q=400$ ga
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{opt} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2212,2$

$Q=500$ ga
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{opt} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2479.0$

$Q=600$ га
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2748.9$

$Q=1200$ га
 $B_{opt} = 5.2500$
 $V_{opt} = 10$
 $M_{t_{opt}} = 190$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 598.9054$
 $E_{min} = 4332,0$

Глубина вспашки 0,2 0,22 0,24 0,26 0,28
4 расчет

$H=0.2$ м
 $B_{opt} = 5.2500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 579.6251$
 $E_{min} = 1934,6$

$H=0.22$ м
 $B_{opt} = 5.2500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 579.6251$
 $E_{min} = 1934,6$

$H=0.24$ м
 $B_{opt} = 4.9000$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$

$N = 590.9873$
 $E_{min} = 2067,8$

$H=0.26$ м
 $B_{opt} = 4.5500$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 594.8198$
 $E_{min} = 2212,2$

$H=0.28$ м
 $B_{opt} = 4.2000$
 $V_{opt} = 11$
 $M_{t_{opt}} = 160$
 $N_{e_{opt}} = 600$
 $N = 590.9873$
 $E_{min} = 2356,6$

Приложение Б

Прототип трактора - К 744 F

Теоретическая тяговая характеристика трактора.

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Gуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2264,229	27,919	117,803	23,244	832,573	14136,401	0,000	6,419	0,018	1303615,204	0,001
2245,831	48,260	205,303	26,025	539,272	24636,401	0,012	6,288	18,357	1417,752	0,380
2227,432	68,265	292,803	28,806	421,982	35136,401	0,025	6,158	35,938	801,568	0,526
2209,034	87,932	380,303	31,587	359,226	45636,401	0,037	6,029	52,772	598,570	0,600
2190,635	107,263	467,803	34,369	320,415	56136,401	0,050	5,902	68,870	499,037	0,642
2172,236	126,256	555,303	37,150	294,241	66636,401	0,062	5,775	84,242	440,990	0,667
2153,838	144,912	642,803	39,931	275,551	77136,401	0,075	5,650	98,890	403,789	0,682
2135,439	163,232	730,303	42,712	261,663	87636,401	0,087	5,524	112,802	378,643	0,691
2117,040	181,214	817,803	45,493	251,045	98136,401	0,101	5,396	125,924	361,272	0,695
2098,642	198,860	905,303	48,274	242,754	108636,401	0,116	5,261	138,120	349,508	0,695
2080,243	216,168	992,803	51,055	236,182	119136,401	0,133	5,111	149,096	342,431	0,690
2061,844	233,140	1080,303	53,836	230,918	129636,401	0,156	4,933	158,282	340,128	0,679
2043,446	249,774	1167,803	56,617	226,674	140136,401	0,188	4,704	164,654	343,857	0,659
2025,047	266,072	1255,303	59,398	223,242	150636,401	0,235	4,390	166,464	356,823	0,626
2006,648	282,032	1342,803	62,179	220,469	161136,401	0,307	3,940	160,879	386,499	0,570
1988,250	297,655	1430,303	64,960	218,240	171636,401	0,418	3,279	143,466	452,792	0,482
1969,851	312,942	1517,803	67,742	216,467	182136,401	0,587	2,304	107,532	629,968	0,344
1951,452	327,891	1605,303	70,523	215,079	192636,401	0,842	0,872	43,239	1631,004	0,132
1933,054	342,504	1692,803	73,304	214,023	203136,401	1,221	-1,210	-63,502	-1154,346	-0,185

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Gуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2259,079	33,647	142,297	24,023	713,970	14136,401	0,000	7,736	0,021	1117910,985	0,001
2236,855	58,061	247,990	27,382	471,606	24636,401	0,012	7,565	22,085	1239,856	0,380
2214,631	81,984	353,683	30,741	374,967	35136,401	0,025	7,395	43,160	712,262	0,526
2192,407	105,416	459,376	34,101	323,489	45636,401	0,037	7,228	63,264	539,022	0,600
2170,183	128,355	565,069	37,460	291,847	56136,401	0,050	7,062	82,413	454,543	0,642
2147,959	150,803	670,762	40,819	270,680	66636,401	0,062	6,898	100,620	405,679	0,667
2125,734	172,759	776,456	44,179	255,725	77136,401	0,075	6,736	117,893	374,736	0,682
2103,510	194,223	882,149	47,538	244,760	87636,401	0,087	6,573	134,219	354,183	0,691
2081,286	215,196	987,842	50,897	236,516	98136,401	0,101	6,408	149,538	340,365	0,695
2059,062	235,677	1093,535	54,257	230,216	108636,401	0,116	6,235	163,691	331,457	0,695
2036,838	255,666	1199,228	57,616	225,357	119136,401	0,133	6,045	176,338	326,736	0,690
2014,614	275,163	1304,921	60,975	221,597	129636,401	0,156	5,822	186,813	326,398	0,679
1992,390	294,169	1410,614	64,335	218,699	140136,401	0,188	5,540	193,919	331,760	0,659
1970,166	312,683	1516,307	67,694	216,494	150636,401	0,235	5,159	195,626	346,037	0,626
1947,942	330,706	1622,000	71,053	214,854	161136,401	0,307	4,620	188,643	376,654	0,570
1925,717	348,236	1727,693	74,413	213,684	171636,401	0,418	3,836	167,846	443,339	0,482
1903,493	365,275	1833,386	77,772	212,913	182136,401	0,587	2,689	125,514	619,626	0,344
1779,623	361,192	1939,079	83,417	230,948	192636,401	0,842	0,961	47,630	1751,343	0,132
1636,794	350,311	2044,772	88,364	252,244	203136,401	1,221	-1,237	-64,950	-1360,493	-0,185

Рисунок Б1- Теоретическая тяговая характеристика трактора

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.квт.ч	КПДтяг
2251,225	42,331	179,650	25,210	595,540	14136,401	0,000	9,733	0,027	932476,725	0,001
2223,167	72,854	313,088	29,451	404,249	24636,401	0,012	9,492	27,712	1062,774	0,380
2195,109	102,593	446,525	33,692	328,408	35136,401	0,025	9,254	54,009	623,821	0,526
2167,051	131,548	579,963	37,933	288,362	45636,401	0,037	9,020	78,947	480,491	0,600
2138,993	159,719	713,400	42,175	264,054	56136,401	0,050	8,788	102,550	411,256	0,642
2110,935	187,107	846,838	46,416	248,071	66636,401	0,062	8,559	124,843	371,793	0,667
2082,877	213,711	980,275	50,657	237,035	77136,401	0,075	8,332	145,839	347,348	0,682
2054,819	239,531	1113,713	54,898	229,190	87636,401	0,087	8,106	165,529	331,652	0,691
2026,761	264,567	1247,150	59,139	223,532	98136,401	0,101	7,878	183,845	321,679	0,695
1998,703	288,820	1380,588	63,380	219,446	108636,401	0,116	7,641	200,602	315,950	0,695
1970,646	312,289	1514,025	67,621	216,535	119136,401	0,133	7,384	215,392	313,946	0,690
1942,588	334,974	1647,463	71,863	214,532	129636,401	0,156	7,088	227,419	315,992	0,679
1914,530	356,875	1780,900	76,104	213,250	140136,401	0,188	6,721	235,256	323,494	0,659
1813,057	363,283	1914,338	82,089	225,963	150636,401	0,235	5,994	227,283	361,173	0,626
1632,736	349,956	2047,775	88,486	252,849	161136,401	0,307	4,888	199,624	443,263	0,570
1452,415	331,592	2181,213	92,758	279,735	171636,401	0,418	3,653	159,823	580,377	0,482

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.квт.ч	КПДтяг
2247,028	46,947	199,611	25,844	550,501	14136,401	0,000	10,794	0,030	861956,345	0,001
2215,852	80,682	347,875	30,557	378,729	24636,401	0,012	10,512	30,689	995,682	0,380
2184,677	113,450	496,139	35,269	310,878	35136,401	0,025	10,234	59,725	590,523	0,526
2153,501	145,250	644,403	39,982	275,260	45636,401	0,037	9,959	87,171	458,659	0,600
2122,326	176,083	792,667	44,694	253,823	56136,401	0,050	9,688	113,057	395,322	0,642
2091,150	205,948	940,931	49,406	239,897	66636,401	0,062	9,421	137,414	359,543	0,667
2059,975	234,845	1089,195	54,119	230,444	77136,401	0,075	9,156	160,262	337,690	0,682
2028,799	262,775	1237,458	58,831	223,884	87636,401	0,087	8,893	181,592	323,974	0,691
1997,624	289,737	1385,722	63,543	219,314	98136,401	0,101	8,628	201,336	315,609	0,695
1966,448	315,732	1533,986	68,256	216,183	108636,401	0,116	8,353	219,295	311,252	0,695
1935,273	340,759	1682,250	72,968	214,134	119136,401	0,133	8,057	235,028	310,466	0,690
1904,097	364,819	1830,514	77,681	212,930	129636,401	0,156	7,719	247,681	313,632	0,679
1725,976	357,476	1978,778	85,418	238,947	140136,401	0,188	6,732	235,651	362,475	0,659
1525,619	339,654	2127,042	91,306	268,820	150636,401	0,235	5,604	212,500	429,675	0,626

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.квт.ч	КПДтяг
2243,003	51,357	218,752	26,453	515,080	14136,401	0,000	11,808	0,033	806494,441	0,001
2208,838	88,139	381,233	31,617	358,717	24636,401	0,012	11,484	33,526	943,070	0,380
2174,673	123,760	543,714	36,781	297,199	35136,401	0,025	11,164	65,153	564,540	0,526
2140,508	158,218	706,195	41,946	265,112	45636,401	0,037	10,848	94,953	441,750	0,600
2106,343	191,515	868,676	47,110	245,986	56136,401	0,050	10,537	122,965	383,115	0,642
2072,178	223,649	1031,157	52,274	233,733	66636,401	0,062	10,231	149,225	350,304	0,667
2038,013	254,621	1193,638	57,438	225,584	77136,401	0,075	9,927	173,757	330,567	0,682
2003,849	284,431	1356,119	62,603	220,097	87636,401	0,087	9,626	196,558	318,495	0,691
1969,684	313,079	1518,600	67,767	216,453	98136,401	0,101	9,323	217,556	311,491	0,695
1935,519	340,566	1681,081	72,931	214,147	108636,401	0,116	9,010	236,543	308,321	0,695
1901,354	366,890	1843,562	78,095	212,858	119136,401	0,133	8,675	253,051	308,615	0,690
1689,131	354,665	2006,043	86,695	244,441	129636,401	0,156	7,504	240,788	360,046	0,679
1469,563	333,555	2168,524	92,454	277,178	140136,401	0,188	6,282	219,882	420,471	0,659

Рисунок Б2- Теоретическая тяговая характеристика трактора

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2238,633	56,126	239,533	27,113	483,079	14136,401	0,000	12,904	0,036	756388,832	0,001
2201,223	96,180	417,450	32,768	340,697	24636,401	0,012	12,531	36,584	895,696	0,380
2163,812	134,840	595,367	38,423	284,952	35136,401	0,025	12,163	70,986	541,277	0,526
2126,401	172,107	773,283	44,078	256,107	45636,401	0,037	11,801	103,288	426,746	0,600
2088,991	207,981	951,200	49,733	239,122	56136,401	0,050	11,443	133,538	372,425	0,642
2051,580	242,461	1129,117	55,388	228,439	66636,401	0,062	11,091	161,777	342,371	0,667
2014,170	275,548	1307,033	61,042	221,531	77136,401	0,075	10,743	188,038	324,629	0,682
1976,759	307,242	1484,950	66,697	217,084	87636,401	0,087	10,398	212,321	314,134	0,691
1939,349	337,542	1662,867	72,352	214,350	98136,401	0,101	10,051	234,555	308,466	0,695
1901,938	366,449	1840,783	78,007	212,873	108636,401	0,116	9,695	254,521	306,486	0,695
1672,027	353,289	2018,700	87,259	246,991	119136,401	0,133	8,354	243,670	358,103	0,690
1431,599	329,147	2196,617	93,096	282,839	129636,401	0,156	6,964	223,463	416,604	0,679

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2234,054	61,103	261,309	27,805	455,057	14136,401	0,000	14,049	0,039	712512,969	0,001
2193,243	104,543	455,400	33,974	324,980	24636,401	0,012	13,621	39,765	854,375	0,380
2152,431	146,325	649,491	40,143	274,344	35136,401	0,025	13,199	77,032	521,126	0,526
2111,620	186,448	843,582	46,312	248,392	45636,401	0,037	12,784	111,895	413,890	0,600
2070,808	224,913	1037,673	52,481	233,340	56136,401	0,050	12,375	144,409	363,419	0,642
2029,997	261,720	1231,764	58,650	224,095	66636,401	0,062	11,972	174,627	335,859	0,667
1989,185	296,869	1425,855	64,819	218,342	77136,401	0,075	11,575	202,587	319,956	0,682
1948,374	330,360	1619,946	70,988	214,881	87636,401	0,087	11,180	228,297	310,946	0,691
1907,562	362,193	1814,037	77,157	213,027	98136,401	0,101	10,785	251,684	306,562	0,695
1686,314	354,441	2008,127	86,789	244,861	108636,401	0,116	9,377	246,181	352,541	0,695
1424,029	328,242	2202,218	93,210	283,967	119136,401	0,133	7,761	226,395	411,714	0,690

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2227,326	68,379	293,306	28,822	421,512	14136,401	0,000	15,722	0,044	659989,238	0,001
2181,518	116,717	511,163	35,747	306,269	24636,401	0,012	15,207	44,396	805,183	0,380
2135,709	162,966	729,021	42,671	261,840	35136,401	0,025	14,700	85,793	497,374	0,526
2089,900	207,126	946,878	49,595	239,446	45636,401	0,037	14,202	124,304	398,983	0,600
2044,091	249,197	1164,735	56,520	226,808	56136,401	0,050	13,711	160,001	353,246	0,642
1998,282	289,178	1382,592	63,444	219,394	66636,401	0,062	13,228	192,948	328,815	0,667
1952,473	327,071	1600,449	70,368	215,147	77136,401	0,075	12,752	223,197	315,274	0,682
1906,664	362,874	1818,306	77,293	213,001	87636,401	0,087	12,281	250,766	308,226	0,691
1648,428	351,316	2036,163	88,008	250,509	98136,401	0,101	10,461	244,126	360,502	0,695

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2223,304	72,707	312,435	29,430	404,783	14136,401	0,000	16,717	0,046	633795,770	0,001
2174,508	123,929	544,500	36,806	296,994	24636,401	0,012	16,147	47,139	780,801	0,380
2125,711	172,781	776,565	44,182	255,711	35136,401	0,025	15,586	90,960	485,732	0,526
2076,915	219,263	1008,631	51,558	235,143	45636,401	0,037	15,034	131,589	391,813	0,600
2028,119	263,374	1240,696	58,934	223,765	56136,401	0,050	14,491	169,104	348,508	0,642
1979,322	305,115	1472,761	66,310	217,328	66636,401	0,062	13,957	203,581	325,717	0,667
1930,526	344,485	1704,826	73,686	213,901	77136,401	0,075	13,431	235,081	313,449	0,682
1782,579	361,384	1936,891	83,302	230,507	87636,401	0,087	12,230	249,736	333,559	0,691
1468,977	333,488	2168,957	92,465	277,265	98136,401	0,101	9,930	231,738	399,006	0,695

Расчет выполнил студент - Шигапов И.М

Группа номер - с 251-07

***** Расчёты окончены *****

Рисунок Б3- Теоретическая тяговая характеристика трактора

Формат А4

[illegible]

Копировал

Формат А4