

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Специальность: 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация: «Автомобили и тракторы»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

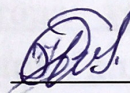
**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на соискание квалификации (степени) «специалист»**

**Тема: «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой  
конструкции теплообменника для системы смазки»**

Шифр ВКР 23.05.01.115.20.КТСМ 00.00.00. ПЗ

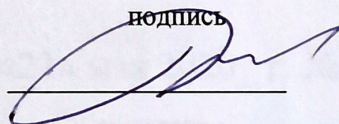
Студент С251-07 группы



Худайберенов И.Д.

Ф.И.О.

Руководитель доцент



Хафизов Р.Н.

Ф.И.О.

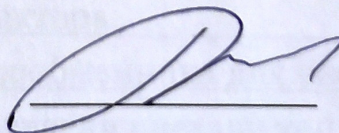
ученое звание

подпись

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

И. о. зав. кафедрой

доцент



Хафизов Р.Н..

Ф.И.О.

ученое звание

подпись

**Казань – 2020 г**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Специальность: 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Специализация: «Автомобили и тракторы»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. зав. кафедрой

/Хафизов Р.Н./

« 12 » марта 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выпускную квалификационную работу**

**Студенту: Худайберенову Исламу Джумамурадовичу**

**Тема ВКР: «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой конструкции теплообменника для системы смазки»**

утверждена приказом по вузу от «22» мая 2020 г. № 179

**2. Срок сдачи студентом законченной ВКР** 15.06.2020

**3. Техническое задание на ВКР**

- Разработать трактор для выполнения сельскохозяйственных работ.
- Назначение: сельскохозяйственное, общего назначения.
- Тип ходовой части – 4к4, тяговый класс 20 кН
- Произвести тяговый расчет трактора.
- Разработать конструкцию теплообменника для системы смазки
- Разработать технологию изготовления детали теплообменника
- Разработать мероприятия безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.
- Произвести экономическое обоснование.

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

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

5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей): Лист 1 – Регуляторная и потенциальная характеристика трактора; Лист 2 – Теоретическая тяговая характеристика трактора; Лист 3 – Эскизная компоновка проектируемого трактора; Лист 4 – Технокарта изготовления детали; Лист 5 – Сборочный чертеж теплообменника; Лист 6 – Схема включения теплообменника; Лист 7 – Сборочный чертеж корпуса теплообменника; Лист 8 – Детализовка конструкции; Лист 9 – Техно-экономические показатели.

#### 6. Консультанты по ВКР

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

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 12.04.2019 \_\_\_\_\_

#### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование этапов ВКР                                         | Срок выполнения | Примечание |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| 1     | Тягово-динамический расчет проектируемого трактора              | 20.04.2020      |            |
| 2     | Эскизная компоновка проектируемого трактора                     | 27.04.2020      |            |
| 3     | Конструкторская часть                                           | 12.05.2020      |            |
| 4     | Технологическая часть                                           | 17.05.2020      |            |
| 5     | Безопасность жизнедеятельности и охрана труда                   | 25.05.2020      |            |
| 6     | Разработка мероприятий по экологической защите окружающей среды | 01.06.200       |            |
| 7     | Экономическое обоснование ВКР                                   | 10.06.2020      |            |

Студент \_\_\_\_\_ (Худайберенов И.Д.)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ (Хафизов Р.Н.)

## АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Худайберенова И.Д. «Проектирование трактора тягового класса 20 кН с разработкой конструкции теплообменника для системы смазки».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 88 страницах машинописного текста и графической части на 9 листах. Записка состоит из введения, 7 разделов, вывода и включает 6 рисунков и 6 таблиц. Список используемой литературы содержит 23 наименований.

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

Во втором разделе приведена эскизная компоновка проектируемого трактора.

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

В четвертом разделе представлены технологические расчеты по изготовлению детали.

В пятом разделе рассмотрены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

В шестом разделе рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

В седьмом разделе представлено экономическая эффективность конструкции.

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

## **ABSTRACT**

For the final qualifying work Khudaiberenov I.D. "Tractor design traction class 20 kN with the development of the design of the heat exchanger for the lubrication system."

The final qualifying work consists of an explanatory note on 88 pages of typewritten text and a graphic part on 9 sheets. The note consists of an introduction, 7 sections, conclusion and includes 6 figures and 6 tables. The list of used literature contains 23 items.

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

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

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

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

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

The sixth section deals with environmental issues.

The seventh section presents the economic efficiency of the design.

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

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                                                  | <b>8</b>  |
| <b>1. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО<br/>ТРАКТОРА.....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>1.1 Расчет теоретической тяговой характеристики<br/>трактора.....</b>              | <b>10</b> |
| 1.1.1 Определение массы трактора.....                                                 | 10        |
| 1.1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика.                               | 11        |
| 1.1.3 Определение параметров ходовой части.....                                       | 12        |
| 1.1.4 Определение номинальной мощности двигателя.....                                 | 13        |
| 1.1.5 Определение крутящего момента двигателя.....                                    | 13        |
| 1.1.6 Расчеты с использованием ЭВМ.....                                               | 20        |
| <b>2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО<br/>ТРАКТОРА.....</b>                         | <b>25</b> |
| <b>3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>                                                   | <b>32</b> |
| 3.1 Патентный поиск .....                                                             | 32        |
| 3.2 Выбор конструктивной схемы и обоснование основных<br>параметров .....             | 36        |
| 3.3 Компоновка теплообменника .....                                                   | 40        |
| 3.4 Расчет рекуперативного теплообменника трубчатого типа.                            | 40        |
| 3.4.1 Выбор типа охладителя и схемы относительного<br>движения теплоносителей .....   | 41        |
| 3.4.2 Определение расхода масла через теплообменник..                                 | 42        |
| 3.4.3 Определение расхода воды через теплообменник .....                              | 42        |
| 3.4.4 Выбор основных конструктивных размеров<br>охладителя.....                       | 43        |
| 3.4.5 Нахождение конечных температур воды и масла на<br>выходе из теплообменника..... | 43        |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.6 Нахождение коэффициента теплоотдачи от воды.....                                 | 44 |
| 3.4.7 Гидродинамический расчет теплообменника.....                                     | 46 |
| 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                                                          | 49 |
| 4.1 Коэффициент унификации конструктивных элементов детали.....                        | 49 |
| 4.2 Качественная технологичность детали .....                                          | 50 |
| 4.3 Выбор вида заготовки.....                                                          | 51 |
| 4.3.1 Расчет припусков на заготовку.....                                               | 51 |
| 4.3.2 Расчет припусков на длину детали.....                                            | 55 |
| 4.4 Определение минимального расчетного значения детали....                            | 57 |
| 4.5 Выбор оборудования.....                                                            | 57 |
| 4.6 Разработка метода контроля детали и проектирования измерительного инструмента..... | 58 |
| 5 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....           | 60 |
| 5.1 Анализ условий труда на тракторе .....                                             | 60 |
| 5.2 Расчёт вентиляции кабины проектируемого трактора.....                              | 61 |
| 5.3 Противопожарная безопасность.....                                                  | 62 |
| 5.4 Безопасность при использовании конструкции.....                                    | 65 |
| 5.5 Физическая культура на производстве.....                                           | 68 |
| 6. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....                | 69 |
| 7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР.....                                                   | 72 |
| 7.1 Расчёт производительности .....                                                    | 72 |
| 7.2 Расчет показателей экономического эффекта и эффективности.....                     | 76 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                        | 78 |
| СПЕЦИФИКАЦИЯ.....                                                                      | 83 |

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

Исходя из этого целью выпускной квалификационной работы является проектирование колесного (4х4) трактора тягового класса 20 кН, для сельскохозяйственного производства. С последующей разработкой конструкции теплообменника для системы смазки.

# **1. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА**

## **1.1 Расчет теоретической тяговой характеристики трактора**

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

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

### **1.1.1 Определение массы трактора**

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

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

Конструктивная масса равна [18]:

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

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

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

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

0,32...0,42 (при 4х2);

0,40...0,50 (при 4х4);

0,45...0,55 (гусеничная ходовая часть)

Эксплуатационная (полная) масса:

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

кг.

Масса трактора рассчитана в программе MATLAB. Потому что программа более точно определяет массу в разных условиях работы проектируемого трактора. Масса равна 6200 кг.

### 1.1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика

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

нужно будет учитывать разницу прототипа и будущего трактора. Прототипом проектируемого трактора является МТЗ-1221 [15].

### 1.1.3 Определение параметров ходовой части

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

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

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

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

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

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

Для данного трактора подходит шина 13-30.

Далее определяют радиус ведущего колеса [1,17]:

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

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

$d$  – посадочный диаметр в дюймах,

$H$  – высота профиля в дюймах;

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

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

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

Выбираем радиус колеса 0,67 м.

### 1.1.4 Определение номинальной мощности двигателя

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

С учетом сказанного:

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

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

$$\text{—————},$$

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

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

$N_{ен}$  – уже определили выше.

Выбираем с запасом 70 кВт.

### 1.1.5 Определение крутящего момента двигателя

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

где  $M_{\text{сн}} - \text{крутящий момент двигателя, Нм;}$   
 $N_{\text{сн}} - \text{номинальная мощность двигателя, кВт;}$   
 $n_{\text{сн}} - \text{номинальные обороты вала двигателя, об/мин [1,17];}$

Определение номинального часового расхода топлива:

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

где  $G_{\text{тн}} - \text{номинальный часовой расход топлива, кг/ч;}$   
 $q_{\text{сн}} - \text{удельный расход топлива, г/кВт}\cdot\text{ч;}$   
 $N_{\text{сн}} - \text{номинальная мощность двигателя, кВт;}$   
 $n_{\text{сн}} - \text{номинальные обороты вала двигателя, об/мин;}$

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

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

Таблица 1.1 - Характеристики двигателя Д-260.2

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

Расчет и построение регуляторной характеристики тракторного двигателя.

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

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

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

Принимаем  $n_{\text{emin}} = 800$  об/мин.

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

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

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

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

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

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

$$n_{\text{ex/x}} = 2100 (1 + 0,08) = 2268 \text{ об/мин}$$

Тут же нужно определить величину расхода топлива.

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

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

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

$$G_{\text{тх/х}} = 15,4 * 0,25 = 3,8 \text{ кг/ч}$$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Для расчета использовали программу для расчета.

**Таблица 1.2 - Данные для расчета регуляторной характеристики**

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

**Таблица 1.3 - Данные для расчета потенциальной характеристики**

| №<br>п/п | Наименование параметра              | Обозначение         |                | Величина |
|----------|-------------------------------------|---------------------|----------------|----------|
|          |                                     | Обычно<br>е         | в<br>программе |          |
| 1.       | Номин. Мощность двигателя – кВт.    | N                   | N              | 70       |
| 2.       | к.п.д. трансмиссии трактора         | $\eta_{\text{тр}}$  | H6             | 0,9      |
| 3.       | Козф. сор. движению на стерне – п   | f                   | F              | 0,08     |
| 4.       | Козф. Сцепления х/ч с почвой        | $\varphi$           | F1             | 0,7      |
| 5.       | Козф. Распределения веса            | $\lambda_k$         | L              | 0,5      |
| 6.       | Номин. Тяговое усилие трактора – Н. | $P_{\text{кр ном}}$ | P              | 20000    |
| 7.       | Козффициенты для расчета буксования | a                   | A5             | 0,13     |
| 8.       |                                     | b                   | B5             | 0,013    |
| 9.       |                                     | c                   | C5             | 8        |
| 10.      | Полная масса трактора – кг.         | $m_3$               | M5             | 6160     |

**Результаты расчетов представлены в приложении**

**Определение тяговой зоны трактора.**

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

Для этого на построенной характеристике находят точку  $N_{\text{кр. max}}$ , этой же точке соответствует  $\eta_{\text{т.т. max}}$ . От этой точки проводят вертикаль на ось  $R_{\text{кр}}$ , на пересечениях отмечают –  $V_{\text{т. опт}}$  и  $R_{\text{кр. опт.}}$ , т.е., это будет оптимальная скорость, оптимальное усилие на крюке трактора. Поскольку при работе в полевых условиях величина  $R_{\text{кр}}$  все время меняется как в ту, так и в другую

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

Таким образом, определяется тяговая рабочая зона

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

После определения тяговой зоны трактора принимают:

$$V_{t\text{min}} = V_{t1} = 3,3 \text{ м/с и } V_{t\text{max}} = V_{tn} = 4,7 \text{ м/с,}$$

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

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

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

---


$$(1.10)$$

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

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

$r_k$  – радиус ведущего колеса.

$$\frac{1}{q} = \sqrt[n-1]{\frac{i_{\text{нпн}}}{i_{\text{нп1}}}}$$

Определим знаменатель геометрической прогрессии

$$q = \sqrt[n-1]{\frac{i_{\text{нпн}}}{i_{\text{нп1}}}} = \sqrt[3]{\frac{44,7}{77,8}} = 0,82 \quad (1.11)$$

Распределение величины  $i_{\text{тр}}$  по агрегатам трансмиссии

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

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

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

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

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

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

Составление кинематической схемы трансмиссии и определение количества зубьев шестерён.

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

$$i_{кн1} = \frac{i_{мп1}}{i_0 \cdot i_k} \quad i_{кнj} = \frac{i_{мпj}}{i_0 \cdot i_k}, \quad (1.14)$$

т.е.  $i_{кн1}, i_{кн2}, \dots, i_{кнn}$ .

$$i_{кн1} = \frac{77,8}{4 \cdot 5} = 3,89$$

$$i_{кн2} = \frac{63,7}{4 \cdot 5} = 3,18$$

$$i_{кн3} = \frac{52,3}{4 \cdot 5} = 2,62$$

$$i_{кн4} = \frac{44,7}{4 \cdot 5} = 2,23$$

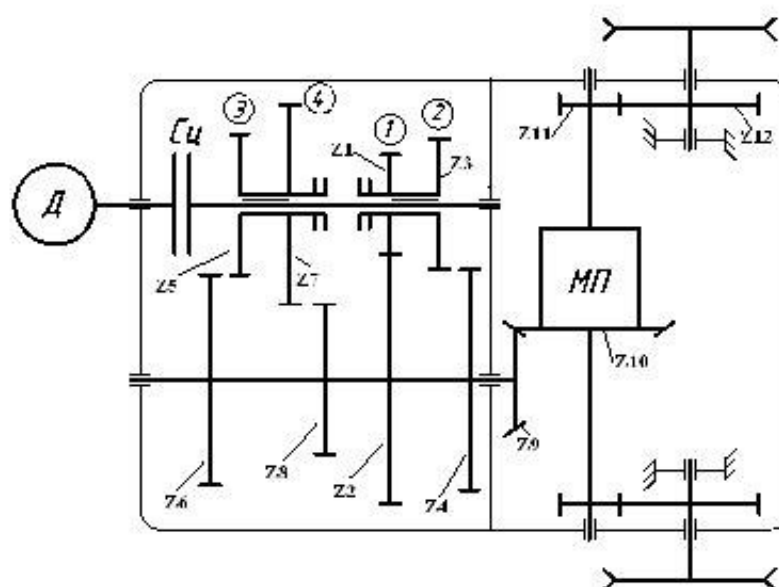


Рисунок 1.1 - Кинематическая схема колесного трактора

Как видно из кинематической схемы, в трансмиссии трактора всего 12 шестерён. Нужно начинать с конечной передачи, которая передает большой крутящий момент и имеет крупные зубья, часто ведущая шестерня выполняется за одно целое с валом. Выбирают  $Z_{11}$ , а  $Z_{12} = i_k \cdot Z_{11}$ .

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

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

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

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

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

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

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

Дальнейшие расчеты были сделаны с помощью компьютера.

### 1.1.6 Расчеты с использованием ЭВМ

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

Таблица 1.4 – Таблица с параметрами трактора

| №<br>п/п | Наименование параметра | Обозначение |                | Величина |
|----------|------------------------|-------------|----------------|----------|
|          |                        | Обычное     | в<br>программе |          |
| 1.       | Масса трактора, кг     | $m_s$       | M              | 6160     |

Продолжение таблицы 1.4

|     |                                                             |              |    |       |
|-----|-------------------------------------------------------------|--------------|----|-------|
| 2.  | Радиус ведущих колес, м.                                    | $r_k$        | R  | 0,96  |
| 3.  | К.п.д. трансмиссии                                          | $\eta_{тр}$  | H4 | 0,9   |
| 4.  | Малые обороты холостого хода двигателя, об/мин.             | $n_{емин}$   | H1 | 800   |
| 5.  | Номин. обороты вала двигателя, об/мин.                      | $n_{енном}$  | H2 | 2100  |
| 6.  | Мах. Обороты холостого хода двигателя, об/мин.              | $n_{ex/x}$   | H3 | 2268  |
| 7.  | Номин. момент двигателя, Н.м                                | $M_{енном}$  | M2 | 352   |
| 8.  | Мах. Момент двигателя, Н.м.                                 | $M_{еммах.}$ | M3 | 480   |
| 9.  | Номин. часовой расход топлива, кг/ч.                        | $G_{тном}$   | G2 | 15,4  |
| 10. | Часов. расход на холост. ходу, кг/ч.                        | $G_{тх/х}$   | G3 | 3,8   |
| 11. | Удельный расход топлива, г/кВт*ч                            | $g_{енном}$  | G4 | 220   |
| 12. | Козф. сопрот. качению на заданном фоне.                     | f            | F  | 0,08  |
| 13. | Козф. сцепления на заданном фоне.                           | $\phi$       | F1 | 0,7   |
| 14. | Козф. распределения веса на ведущие колеса                  | $\lambda_k$  | L  | 0,5   |
| 15. | Козффициенты для расчета буксования                         | a            | A5 | 0,13  |
| 16. |                                                             | b            | B5 | 0,013 |
| 17. |                                                             | c            | C5 | 8     |
| 18. | Обороты двигателя при $M_{еммах.}$                          | $n_o$        | H6 | 1360  |
| 19. | Номин. усилие на крюке, Н.                                  | $R_{кр.ном}$ | P  | 20000 |
| 20. | Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора | $i_{тр.1}$   | I1 | 77,8  |
| 21. |                                                             | $i_{тр.2}$   | I2 | 63,7  |
| 22. |                                                             | $i_{тр.3}$   | I3 | 52,3  |
| 23. |                                                             | $i_{тр.4}$   | I4 | 44,7  |
| 24. | Начальное значение усилия на крюке, Н                       | $R_{кр.нач}$ | P1 | 10    |
| 25. | Номин. мощность, кВт                                        | $N_{енном}$  | N2 | 70    |
| 26. | Козффициент $C_1$                                           | $C_1$        | C1 | 0,75  |
| 27. | Козф. $C_2=2-C_1$                                           | $C_2$        | C2 | 1,25  |

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

$H - n_e, \text{ об/мин}$

$N - N_e, \text{ кВт}$

$M1 - M_e, \text{ Нм}$

$G - G_T, \text{ кг/ч}$

$G1 - g_e, \text{ г/кВт.ч}$

Следующие 6 – это параметры трактора:

$P - P_{кр}, \text{ Н}$

$B - \delta,$

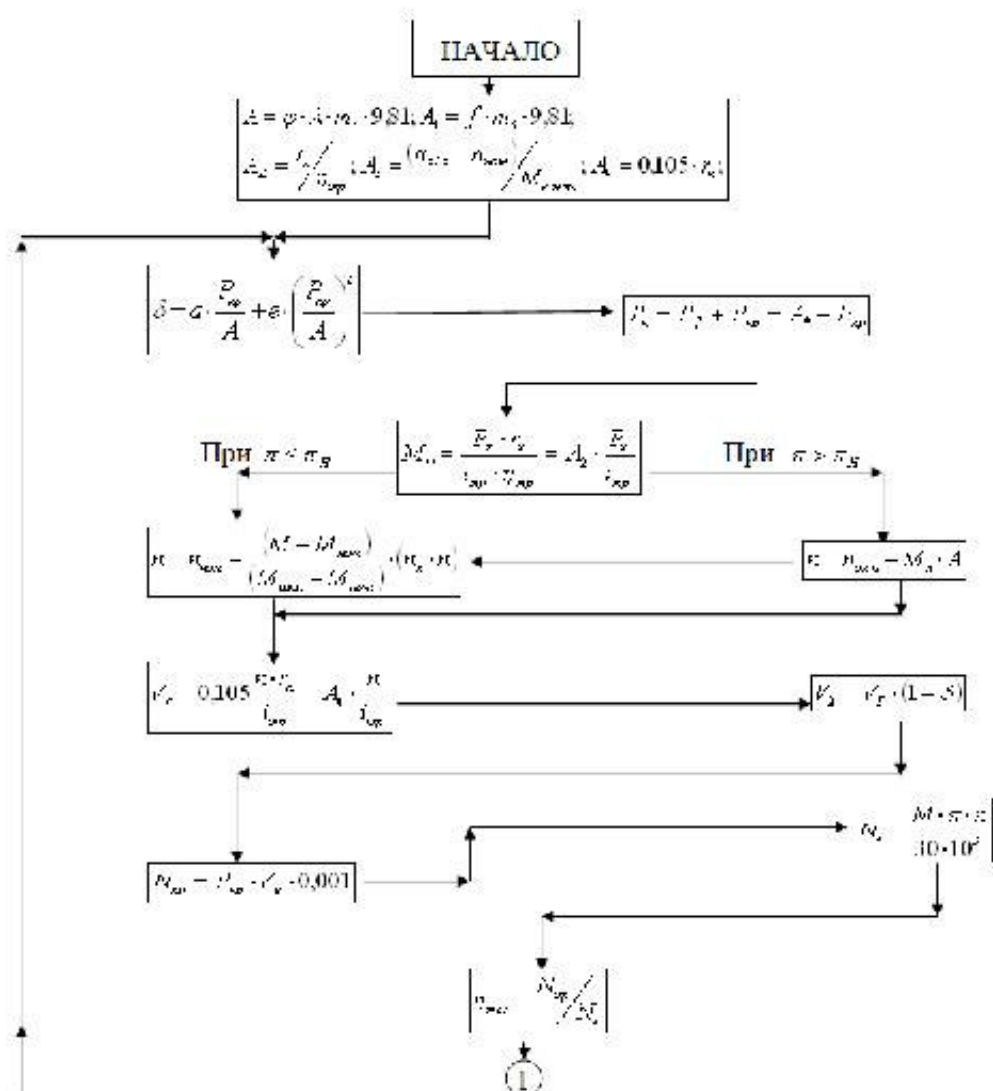
$V1 - V_d, \text{ м/с}$

$N1 - N_{кр}, \text{ кВт}$

$G5 - g_{кр}, \text{ г/кр. кВт. ч}$

$H5 - \eta_{тж}$

Блок схема расчета



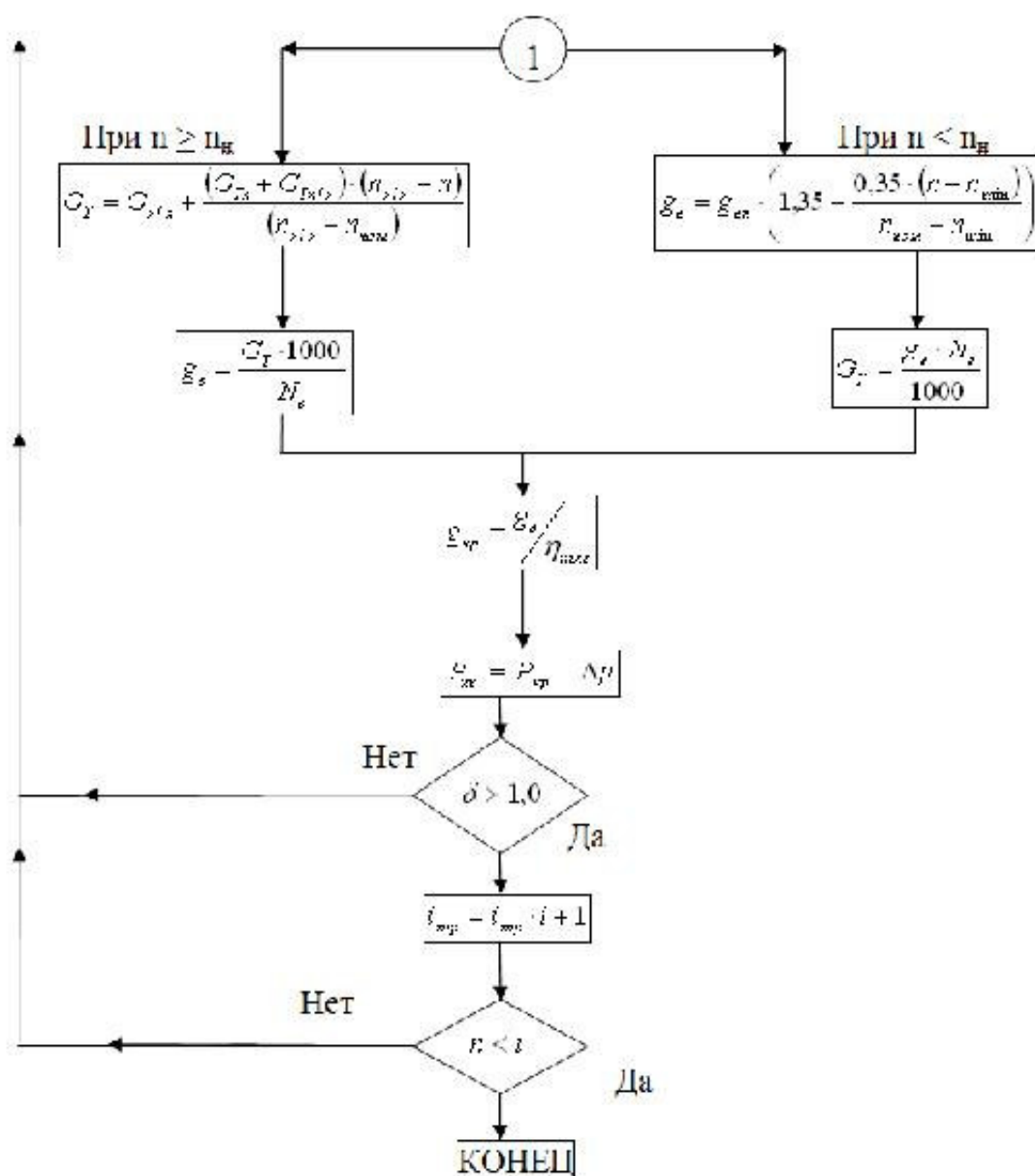


Рисунок 1.2 – Блок схема расчета

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

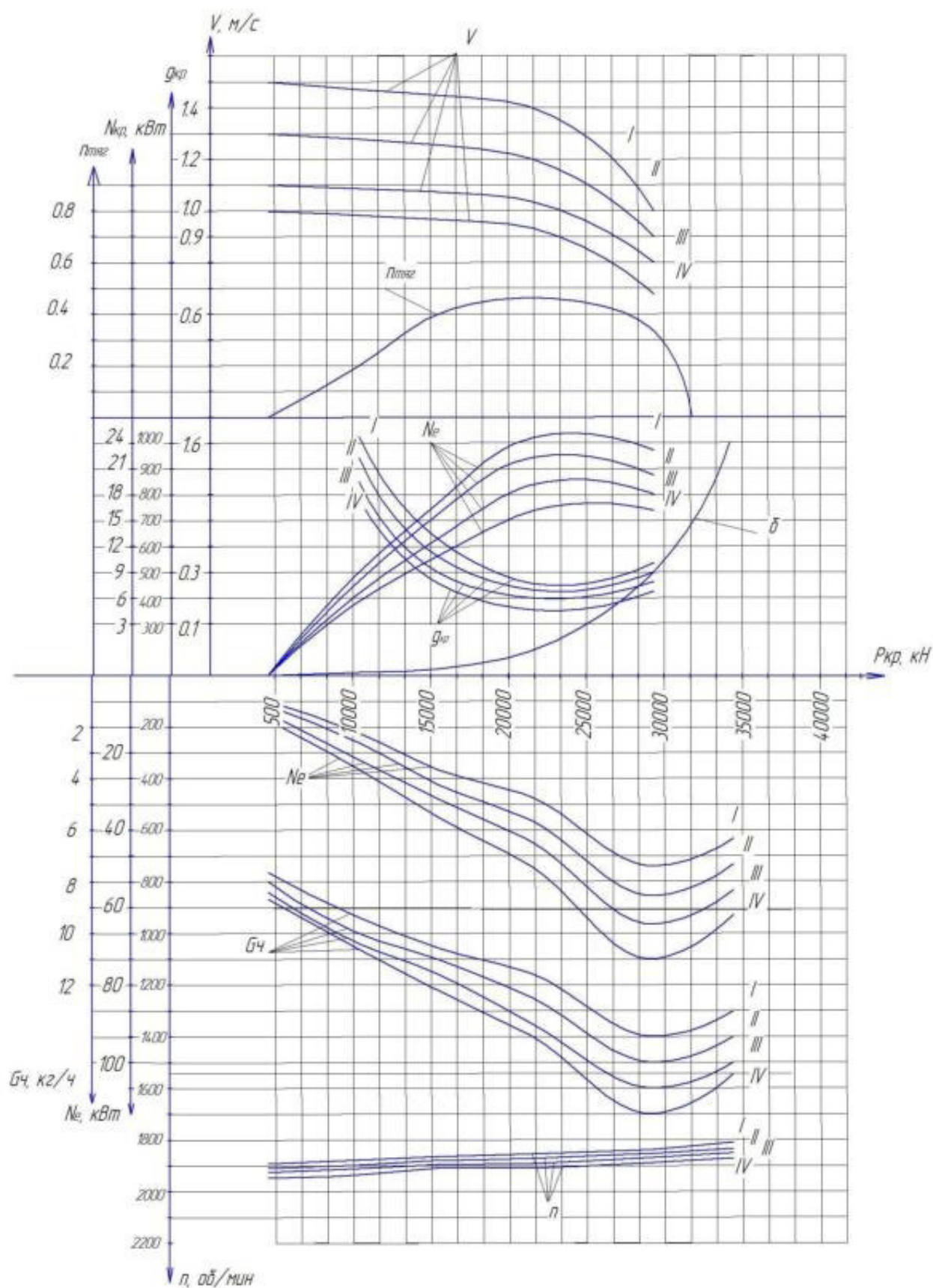


Рисунок 1.3 – Теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора

## 2 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

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

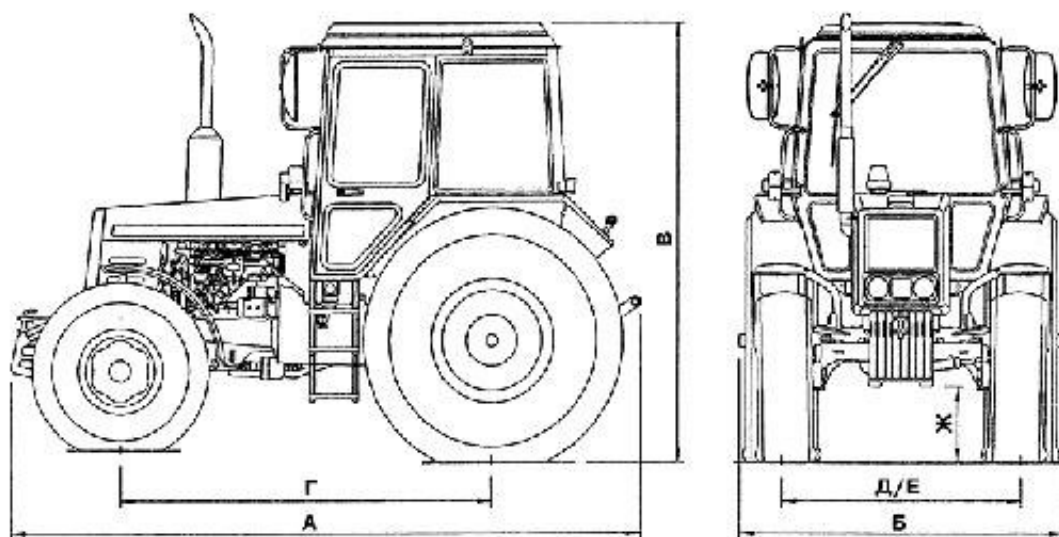


Рисунок 2.1 – Трактор МТЗ 1221.2

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

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

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

### **Технические характеристики**

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

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

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

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

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

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

### **Двигатель**

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

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

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

### **Навесное оборудование**

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

довольно большое количество разнообразных дополнительных навесных агрегатов таких, как:

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

### **Особенности**

Трактор МТЗ 1221 является довольно мощной и надежной машиной, которая способна выполнить довольно объемную работу за удивительно

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

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

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

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

### **Ходовая и трансмиссия трактора**

Коробка передач на «1221» механическая, с постоянным зацеплением шестерен. Переключение происходит ступенчато с помощью синхронизаторов, в 4-х диапазонах при движении вперед и 2-х диапазонах назад. По четыре скорости в диапазоне, в целом КПТ обеспечивает 16 скоростей вперед и 8 назад. Трансмиссия трактора имеет ряд существенных отличий от применявшейся, на тракторах предыдущих моделей:

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

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

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

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

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

### **Гидравлика и навесное устройства трактора**

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

### **Кабина и управление**

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

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

Эскизная компоновка проектируемого трактора приведена на рисунках 2.2.

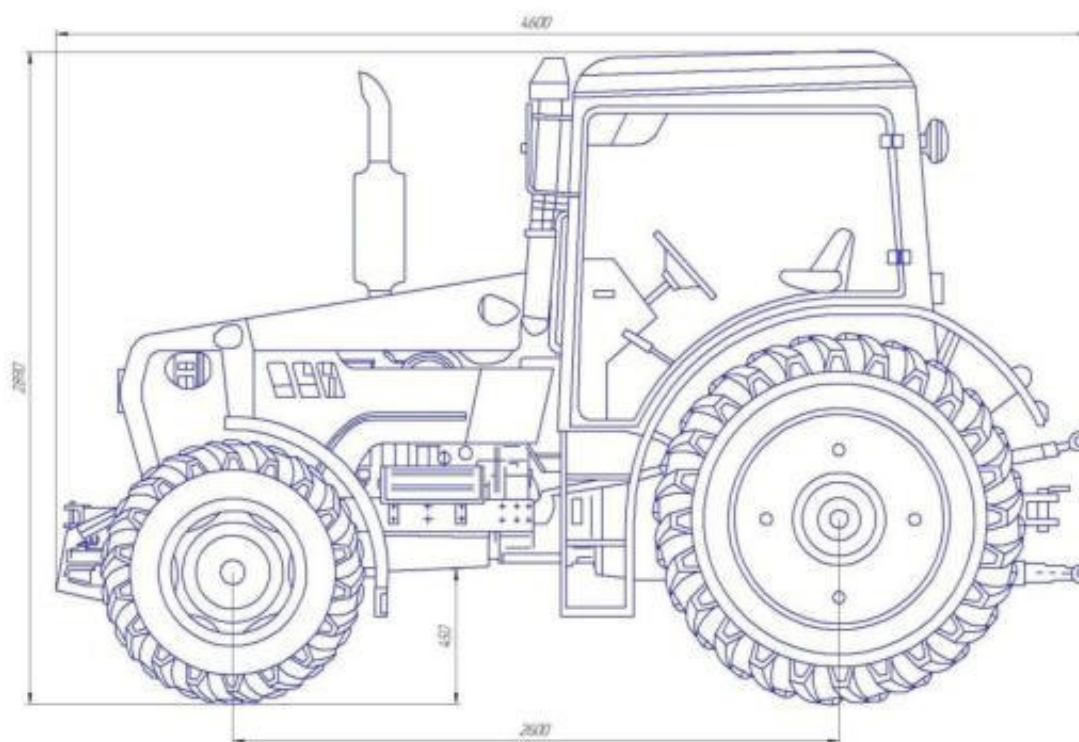


Рисунок 2.2 – Эскизная компоновка проектируемого трактора

### 3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Патентный поиск

В результате проведения патентного поиска, просмотра реферативных журналов, реферативного сборника «Изобретения стран мира», бюллетеней «Изобретения» и «Полезные модели» по системам охлаждения масла, результаты поиска заносят в таблицы № 1 и № 2.

Целью патентного поиска является разработка эффективного и удобного в изготовлении и эксплуатации, а также ремонта устройств для охлаждения масла.

Представляется целесообразно использовать для разработки системы охлаждения масла такие ведущие страны как РФ, США, Великобритания, Франция, Япония.

Таблица 3.1 – Патентная информация

| Предмет поиска<br>(название изобретения, полезные модели) | Страна выдачи, вид и номер охранного документа | Классификация рубрики МКИ | Заявитель (автор), номер заявки, дата приоритета                            | Сущность заявленного технического решения и цель его создания                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                         | 2                                              | 3                         | 4                                                                           | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Масляный фильтр-теплообменник                             | РФ<br>SU 1590573                               | F01M5/00                  | Деулин<br>К.Н.,<br>Ш валов<br>С.Е.,<br>07.09.1990г.,<br>бюл №33<br>№1354824 | Изобретение позволяет повысить эффективность теплообмена со стороны масла без увеличения габаритов теплообменника. Масло, поступающее из двигателя делится на 2 потока. В наружных ребрах теплообменной втулки выполнены дополнительные продольные каналы для похода масла, выходящие на ее торцы. |

Продолжение таблицы 3.1

| 1                   | 2             | 3        | 4                                                                                                  | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Охладитель<br>масла | РФ<br>1229338 | F01M5/00 | Труханов<br>В.А., Ярин<br>Т.В.,<br>07.06.1986г.,<br>бюл №17<br>№3773367/<br>25-06                  | Устройство для охлаждения<br>масла, снабженного топливным<br>баком, содержащее масляный<br>поддон, насос, напорный<br>трубопровод для подачи масла<br>к трущимся узлам двигателя<br>перепускной патрубок с<br>перепускным клапаном,<br>связанным с термодатчиком<br>отличающиеся тем, что с целью<br>повышения эффективности<br>охлаждения масла, одна из<br>секций теплообменника<br>размещена во внутреннем<br>объеме топливного бака, а<br>другая выполнена в виде<br>каналов в стенках баков. |
| Охладитель<br>масла | РФ<br>259556  | F01M5/00 | Рымкевич<br>А.А.,<br>Барский-<br>Зорин М.А.,<br>Волков<br>М.Д.<br>23.10.1967г<br>№1192338/<br>24-6 | Известны устройства для<br>охлаждения масла содержащие<br>воздушно-испарительный<br>холодильник Устройство<br>отличается от известных тем,<br>что в нем воздушно-<br>Испарительный холодильник<br>подключен к высасывающему<br>патрубку двигателя. Такое<br>выполнение позволяет<br>исключить вентилятор<br>охлаждителя масла, уменьшить<br>расход воздуха, а также<br>способствует качественной<br>очистки засасываемого в<br>двигатель воздуха.                                                 |

Продолжение таблицы 3.1

|                     |                           |                              |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Охладитель<br>масла | Великобритания<br>8609626 | F01P11/08                    | Заявл. 19.04.1986 г.<br>Опубл. 21.10.1987 г.<br>НКН F1B | Охладитель отводит теплоту масла в жидкостную систему охлаждения ДВС. Представляет собой литую конструкцию корпус с крышкой, в полости установлена теплообменная сердцевина. Установлен на стенке блока цилиндров. Предусмотрены входной и выходной патрубки.                  |
| Теплообменник       | Франция<br>8706176        | F28F3/06<br>МКН F28<br>DI/03 | Заявл. 30.04.1987 г.<br>Опубл. 04.11.1988               | Теплообменник имеет корпус в форме плоского параллелепипеда. Сердцевина выполнена в виде пакета гафрированных пластин, во внутренние ячейки которых поступает охлажденная жидкость. Конструкция теплообменника обеспечивает удобство монтажа на ДВС при низких затратах на ТО. |

Продолжение таблицы 3.1

|                                               |                                          |                              |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Охладитель<br>масла в<br>автомобильных<br>ДВС | США<br>30138252                          | МКН<br>F28f3/04<br>HKN165/38 | Заявл. 26.06.1986г<br>Опубл. 10.05.1988г<br>Приоритет<br>25.06.1985г                                                                                                        | Охладитель объединен со<br>сменным масляным<br>фильтром. Представляет<br>собой пакет<br>штампованных<br>профилированных<br>пластин, образующих<br>между собой 2 отдельные<br>системы каналов. В<br>центре находится<br>сквозной колодец<br>цилиндрической формы.<br>Масло проходит через<br>колодец и при этом<br>протекает в одну из<br>систем каналов<br>охлаждителя, что<br>сопровождается отводом<br>теплоты в охлаждающую<br>жидкость. |
| Устройство для<br>охлаждения<br>масла         | Япония<br>62-178632<br>Заявка<br>6424105 | МКН<br>F01M5/00<br>F01M11/03 | Томако Кунизино,<br>Исдзака<br>Танаси,<br>Хоыда<br>Гикэнкоге<br>К.К.<br>Завл. 16.07.1987г<br>Опубл.<br>26.01.1989г<br>Кокай<br>Токке Коко.<br>Сер. 5(1)- 1989-7-<br>С-25-28 | Устройство представляет<br>собой емкость<br>разделенную на 2 камеры.<br>В первой из них<br>накапливается масло,<br>поступающее из<br>двигателя. Масляной<br>насос откачивает масло из<br>этой камеры и нагнетает<br>его в масляный фильтр,<br>находящийся во второй<br>камере, из которого оно<br>поступает в двигатель.<br>Через полость во второй<br>камере прокачивается<br>охлаждающая жидкость из<br>системы охлаждения<br>двигателя.  |

### **3.2 Выбор конструктивной схемы и обоснование основных параметров**

Рост литровой мощности тракторных и комбайновых дизелей требует повышения эффективности и тепло рассеивающих устройств охлаждения и смазки.

В последние годы в качестве охладителей масла на многих тракторных и комбайновых двигателях повышенной мощности, а также на двигателях большегрузных автомобилей нашли применение компактные жидко-масляные теплообменники, использующие в качестве холодного теплоносителя жидкость, циркулирующую в системе охлаждения двигателя.

Ознакомившись с описанными выше конструкциями воздушно-масляных и водомасляных радиаторов, а также описаниями изобретений к авторским свидетельствам, мы выбираем конструкцию водомасляного теплообменника трубчатого типа.

Разрабатываемый теплообменник имеет ряд существенных преимуществ в отличие от существующих конструкций:

- использование в качестве холодного теплоносителя жидкости, а также применение эффективных поверхностей теплообменника позволяет выполнить агрегат с относительно малым габаритами и массой, благодаря чему его размещают непосредственно на дизеле, при этом упрощается радиаторная установка, устраняются внешние масляные коммуникации, связывающие дизель с воздушно-масляным радиатором;
- исключение из пакета радиаторов воздухомасляного радиатора, устанавливаемого обычно перед водным радиатором, устраняет случаи замасливания последнего, в связи с чем, упрощается его обслуживание и уход за ним в процессе эксплуатации, что особенно важно для лесохозяйственных тракторов, работающих в условиях большой запыленности;

- повышение эффективности всех радиаторов всех радиаторов, включенных в пакет, за счет уменьшения аэродинамического сопротивления пакета;
- устранения случаев заимствования водяного радиатора и уменьшение его забиваемости;
- осуществление быстрого прогрева масла при пуске и поддержание стабильного теплового состояния по маслу при работе в различных климатических условиях;
- снижение расхода цветного металла на (7...9) кг;
- стабилизация температурного режима по маслу, способствование снижению механических потерь и уменьшению расхода топлива.

Жидкостно-масляные охладители дизелей Д-260 являются теплообменниками кожухотрубчатого типа. Выбор типа основывается на том, что сердцевины таких теплообменников, наряду с хорошими теплогидравлическими характеристиками, сравнительно просты в изготовлении, ремонтпригодны, предоставляют возможность проводить в процессе эксплуатации периодическую очистку масляной и водяной полостей.

Для двигателей в диапазоне мощности (70...130) КВт оказалось возможным применение сердцевины одних размеров. При этом увеличение отвода тепла от масла в двигателях большой мощности достигается увеличением расхода масла и воды через теплообменник.

Включение теплообменника в системы смазки и охлаждения двигателей, модернизируемых на базе серийно выпускаемых, осуществлено исходя из возможностей существующих систем [15,18].

Включение водяной полости теплообменника в систему охлаждения двигателя осуществляется частично поточно: на рядных двигателях – параллельно водораспределительному каналу левого блока. Перепуск в теплообменник необходимого количества охлаждающей жидкости достигнут

за счет установки в магистрали на входе в водораспределительные каналы специально подобранных дроссельных шайб.

Теплообменник на двигателе Д-260.2 установлен с наклоном его оси приблизительно на  $(7...10)^\circ$  по отношению к оси коленчатого вала дизеля. Это обеспечивает полное удаление воды из охлаждающих трубок малого диаметра большой длины при сливе воды из двигателя.

На двигателе при работе по характеристике устойчивости на режиме эксплуатационной мощности ( $P = 70$  кВт,  $n = 2100$  мин<sup>-1</sup>),  $t = 35$  °С температуре воды на входе в радиатор  $t = (94...95)$  °С масляный теплообменник обеспечивает поддержание температуры масла (в поддоне двигателя) в пределах  $(113...114)$  °С. расход масла через теплообменник составляет 1 кг/с. воды- 0,84 кг/с. Перепад температуры масла на входе в теплообменник и выходе из него 6,5 °С, что соответствует величине теплового потока в охлаждающую жидкость 14300 Вт.

Размещение фильтра с бумажным фильтрующим элементом теплообменника облегчает работу фильтрующего элемента и улучшает фильтрацию при холодных пусках благодаря быстрому прогреву масла в теплообменнике.

В процессе длительных стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей с водомасляными теплообменниками было установлено, что увеличение температуры масла до 120 °С  $((100...108)$  °С при воздухомасляных радиаторах) не снижает работоспособности трущихся пар при подаче к ним необходимого количества масла.

Уменьшение вязкости масла и увеличение скорости протекания повышают эффективность отвода тепла от охлажденных им деталей. Вместе с тем увеличение скорости движения масла, то есть увеличение его расхода при движении относительно горячих поверхностей, особенно при охлаждении поршней (в данном случае струйном), уменьшает нагрев масла. Благодаря этому уменьшается образование лаковых пленок и загрязнение

масла продуктами их разложения, образование которых ускоряется с повышением температуры. Анализы масла, проводившиеся в процессе стендовых и эксплуатационных испытаний дизелей Д-260 с жидкостно-масляными теплообменниками, показали, что работа на масле М10-Г (ГОСТ 8581-78) с температурой 120 °С возможна с периодичностью его замены через 250 часов, что удовлетворяет требованиям технических условий на двигатели. Существенное влияние на эффективность отвода тепла при измененном расходе теплоносителей оказало уменьшение шага охлаждающих трубок в пучке. Так, уменьшение шага с 7,3х8,7 мм до 7,0х8,0мм, то есть уменьшение щели между охлаждающими трубками с 2,5 мм до 2,0 мм (при одинаковом количестве трубок), способствовало увеличению скорости движения масла относительно стенок и повышению отвода тепла в охлаждающую жидкость на (10...12)%, что выразилось в снижении температуры масла на (2,5...3,0) °С.

При охлаждении двигателя антифризом температура масла увеличивается на (3...4) °С по сравнению с условиями охлаждения водой. Следует, однако, учесть, что использование антифриза в качестве всесезонной охлаждающей жидкости способствует устранению накипобразования в охлаждающих трубках водомасляного теплообменника и в других элементах жидкостного тракта, благодаря чему поддерживается стабильность температуры масла в течение всего периода эксплуатации двигателя.

Применение водяных радиаторов требуемой эффективности и терморегулирующих устройств (термостатов) обеспечивает поддержание температуры охлаждающей жидкости дизелей Д-260 в пределах (82...95) °С в различных климатических условиях. При этом температура масла дизелей, укомплектованных жидкостно-масляными теплообменниками, поддерживается в интервале (102...114) °С.

### **3.3 Компоновка теплообменника**

Теплообменник размещен в левой нижней части двигателя и закреплен на блок картере. Конструкция теплообменника со схемой его включения в системы смазки и охлаждения представлены в графической части выпускной квалификационной работы

Теплообменный узел (сердцевина) размещен в корпусе, выполненном в виде трубы. Сердцевина гладкотрубного типа представляет собой пучок латунных трубок, 109 шт. диаметром 6мм, спаянных с латунными трубными досками среднеплавким припоем высокотемпературной пайкой.

Движение масла осуществляется противотоком снаружи трубок, воды-внутри. С целью обеспечения необходимой интенсивности теплоотдачи от масла к поверхности трубок сердцевина разделена сегментами перегородками, обеспечивающими 10 ходов поперечного обтекания охлаждающих трубок.

В предложенном варианте теплообменника сердцевина размещена в трубных досках с шагом 7,0x8,0мм. При этом размер перемычек между отверстиями составит 2,2x2,0мм. В разработке конструкции сердцевины применен сортамент труб и листов, выпускаемых в настоящее время нашей промышленностью. Для пайки применен припой средней твердости.

Для облегчения обслуживания системы смазки двигателя центробежный фильтр тонкой очистки объединен с теплообменником. Он устанавливается сверху корпуса теплообменника аппарата [1,6,8,17].

### **3.4 Расчет рекуперативного теплообменника трубчатого типа**

Рекуперативными называют такие аппараты, в которых теплота от горячего теплоносителя к холодному передается через стенку, разделяющую теплоносители, и, таким образом, процесс передачи теплоты происходит через поверхность твердого тела.

При расчете теплообменников обычно встречаются следующие задачи:

- определение поверхности нагрева  $F$ , обеспечивающей передачу заданного количества тепла от горячего теплоносителя к холодному;
- определение количества тепла  $Q$ , которое может быть передано от горячего теплоносителя к холодному при известной поверхности  $F$ ;
- определение конечных температур теплоносителей при известных значениях  $F$  и  $Q$ .

В нашем случае мы выполняем конструктивный расчет теплообменника для определения площади поверхности теплообменника, т.е. решаем первую задачу.

Для того, чтобы приступить к решению поставленной задачи, мы выбираем тип теплообменника, его конструктивную схему, схему относительного движения теплоносителей, материалы для изготовления отдельных элементов. Кроме того, задаемся некоторыми параметрами: характерными размерами теплопередающей поверхности (в нашем случае диаметром труб); скоростью движения теплоносителей, участвующих в теплообмене; ориентировочными значениями коэффициентов гидравлического сопротивления; входными и выходными температурами теплоносителей.

#### **3.4.1 Выбор типа охладителя и схемы относительного движения теплоносителей**

Выбираем конструктивную схему теплообменного аппарата трубчатого типа, где относительное движение теплоносителей осуществляется противотоком (рисунок 4).



Рисунок 3.1 – Схема водомасляного теплообменника трубчатого типа.

### 3.4.2 Определение расхода масла через теплообменник

Общее количество тепла, выделяемого топливом в течение 1 с, определяется по данным теплового баланса.

$$Q_0 = 545,038 \text{ кДж/с.}$$

Количество тепла, отводимого маслом от двигателя:

$$Q_m = 0,026Q_0$$

$$Q_m = 0,026 \cdot 545,038 = 14,17 \text{ кДж/с.}$$

Циркуляционный расход масла  $V_{ц}$ , м<sup>3</sup>/с, рассчитывается по формуле:

$$V_{ц} = \frac{Q_m}{P_m \cdot C_m \cdot \Delta T_m}, \quad (3.1)$$

где  $P_m$  – плотность масла, принимаем,  $P_m = 830 \text{ кг/м}^3$ ;

$C_m$  – средняя теплоемкость масла, принимаем,

$$C_m = 2,094 \text{ кДж/кгК};$$

$\Delta T_m$  – температура нагрева масла в двигателе, принимаем

$$\Delta T_m = 10 \text{ К.}$$

$$V_{ц} = \frac{14,17}{800 \cdot 2,094 \cdot 10} = 0,00081 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Циркуляционный расход масла с учетом стабилизации давления в системе  $V'$ , м<sup>3</sup>/с, рассчитывается по формуле [20]:

$$V' = 2V_{ц}, \quad (3.2)$$

$$V = 2 \cdot 0,00081 = 0,00162.$$

### 3.4.3 Определение расхода воды через теплообменник

Циркуляционный расход воды  $G_{ж}$ , м<sup>3</sup> рассчитывается по формуле:

$$G_{ж} = \frac{Q_v \cdot K_2}{C_{ж} \cdot P_{ж} \cdot \Delta T_{ж}}, \quad (3.3)$$

где  $Q_v = 110043 \text{ Дж/с}$  – количество тепла, отводимого от двигателя водой, определяется по данным теплового баланса (см.3.2);  $C_{ж} = 4174$  – средняя теплоемкость воды, Дж/кг·К;  $P_{ж} = 995,7$  – средняя плотность воды,

кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta T_{ж} = 10$  – температурный перепад воды при принудительной циркуляции, К.

$$C_{ж} = \frac{110043 \cdot 0,46}{4174 \cdot 995,7 \cdot 10} = 0,0012 \text{ м}^3/\text{с}.$$

#### **3.4.4 Выбор основных конструктивных размеров охладителя**

Диаметр пучка труб  $D = 104$  мм;

Диаметр трубы внутренний  $d_{вн} = 5$  мм;

Диаметр трубы внешний  $d = 6$  мм;

Расстояние между осями (шаг)  $S_1 = 8,7$ ;  $S_2 = 7,3$ ;

Полная длина труб  $L = 500$  мм;

Эквивалентный диаметр масляного канала  $d_{эм} = 3,61$  мм.

#### **3.4.5 Нахождение конечных температур воды и масла на выходе из теплообменника**

Уравнение теплового баланса при условии отсутствия тепловых потерь  $Q$  рассчитывается по формуле [1]:

$$Q = G_w \cdot C_w \cdot (T_1 - T_1') - G_m C_m (T_2 - T_2'), \quad (3.4)$$

где  $G_w$  и  $C_w$  – массовые расходы теплоносителей, кг/с;

$C_w$ ,  $C_m$  – средние удельные теплоносители охлаждаемой и охлаждающей сред в интервале рабочих температур;

$T_1, T_1'$  и  $T_2, T_2'$  – начальная и конечная температуры соответственно охлаждаемой и охлаждающей сред.

Определяем массовые расходы воды и масла:

$$G_w = G_{ж} \cdot \rho_{ж} = 0,0026 \cdot 995,7 = 1,2 \text{ кг/с};$$

$$G_m = V \cdot \rho_m = 0,00162 \cdot 830 = 1,34 \text{ кг/с};$$

$T_1 = 363$  К – температура воды на входе в теплообменник;

$T_2 = 383$  К – температура масла на входе в теплообменник.

### 3.4.6 Нахождение коэффициента теплоотдачи от воды

Число Рейнольда для воды (при скорости  $w = 0,56 \text{ м/с}$ )  $Re_w$  [8] равно:

$$Re_w = \frac{w \cdot d_{\text{вн}}}{V_w}, \quad (3.5)$$

где  $V_w = 0,805 \cdot 10^{-6}$  - коэффициент кинематической вязкости, м/с.

$$Re_w = \frac{0,56 \cdot 0,005}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 3478,2.$$

Средняя температура воды  $T_{cpw}$ , К, равна:

$$T_{cpw} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{363 + 366}{2} = 364,5 \text{ К}, \quad (3.6)$$

Число Прандтля  $Pr = 1,98$ .

Так как  $9300 < Re_w < 10000$ , то число Нуссельта при переходном режиме находим по уравнению подобия  $Nu_w$  [8,17]:

$$Nu_w = \left( \frac{Nu_{\text{вн}}}{Nu_{\text{вн}}} \right)^{4,64} \cdot Nu_{\text{вн}} \cdot (Pr_w)^{0,62/n(Nu_{\text{вн}})}, \quad (3.7)$$

где  $Nu_{\text{вн}}$  и  $Nu_{\text{вн}}$  - соответственно взятые при  $Re_w = 2300$ .

Находим число Нуссельта при ламинарном режиме течения жидкости в трубах [6]:

$$Nu_w = 1,4 \cdot \left( \frac{Re_w \cdot d}{l} \right)^{0,4} \cdot Pr_w^{0,33} \cdot \left( \frac{Pr_w}{Pr_{\text{см}}} \right)^{0,25}, \quad (3.8)$$

$$Nu_w = 1,4 \cdot (2300 \cdot 0,0016)^{0,4} \cdot 1,98^{0,33} \cdot \left( \frac{1,98}{817} \right)^{0,25} = 0,57.$$

Находим число Нуссельта при турбулентном режиме течения жидкости в трубах [6]:

$$Nu_w = 0,021 Re_w^{0,8} \cdot Pr_w^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_w}{Pr_{\text{см}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_1, \quad (3.9)$$

где  $\varepsilon_1 = 1$  при  $l/d > 50$ ;

$$\frac{0,500}{0,005} = 100 > 50;$$

$$Nu_w = \left(\frac{0,57}{10}\right)^{4,64} \cdot 10 \cdot (3478,2)^{0,62 \ln\left(\frac{10}{0,57}\right)} = 33,45.$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воды  $\alpha_2$ , находим по формуле:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_w \cdot \lambda_w}{d_{вн}}, \quad (3.10)$$

где  $\lambda_w = 0,618$  - коэффициент теплопроводности Вт/м·К;  $d_{вн}$  - внутренний диаметр трубы.

$$\alpha_2 = \frac{33,45 \cdot 0,612}{0,005} = 4094, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

Определяем коэффициент теплопередачи от масла к воде  $K_m$ , Вт/м<sup>2</sup>·К, по формуле:

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.11)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи горячего и холодного теплоносителей;

$\delta$  - толщина стенки трубы;

$\lambda_{ст}$  - коэффициент теплопроводности стенки, принимаем  $\lambda = 125$  Вт/м·К

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{1163} + \frac{1}{4094}} = 905,7.$$

Площадь необходимой поверхности охлаждения  $F$ , м<sup>2</sup>, /2/ определяем по формуле:

$$F = \frac{Q_m}{K \cdot \Delta T_{cp}}, \quad (3.12)$$

где  $Q_m = 14170$  - количество теплоты, отводимое маслом от двигателя, Дж/с;

$\Delta T_{cp} = 15$  - средний температурный напор, К;

$$F = \frac{14170}{905,7} = 1,04.$$

Коэффициент компактности  $K_{кп}$ , 1/м, равен

$$K_{кп} = \frac{4F}{\pi D^2 L} = \frac{4 \cdot 1.04}{3.14 \cdot 0.104^2 \cdot 0.5} = 244 \text{ 1/м}.$$

Коэффициент использования объема трубного пучка  $K_v$ , Вт/м<sup>3</sup>·К,  
Равен

$$K_v = \frac{4Q}{\Delta T \pi O^2 L} = \frac{4 \cdot 14170}{15 \cdot 3.14 \cdot 0.104^2 \cdot 0.5} = 55602$$

### 3.4.7 Гидродинамический расчет теплообменника

Гидравлическое сопротивление в теплообменниках определяется особенностями их конструкции и условиями движения теплоносителей. Опыт показывает, что даже в самых простых теплообменниках структура потока теплоносителей очень сложна. В силу этого в большинстве случаев гидравлическое сопротивление в теплообменных аппаратах можно рассчитывать только приблизительно. При расчетах следует помнить, что на гидравлическое сопротивление в жидкостно-масляных теплообменниках вводятся определенные ограничения. [17]:

- по смазочному маслу

$$\Delta P_m \leq 0.048 \dots 0.059 \text{ МПа};$$

- по охлаждающей воде

$$\Delta P_{ох(в)} \leq 0.03 \text{ МПа}.$$

Гидравлическое сопротивление при движении смазочного масла по магистралям (каналам) жидкостно-масляного теплообменника  $\Delta P_r$ , МПа, определяется по формуле: [7]

$$\begin{aligned} \Delta P_r &= \sum \Delta P_{тр} + \sum \Delta P_{\text{с}} = \sum \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{t_{\text{с}}^2 \cdot y_{\text{м}}}{2g} + \sum \varepsilon_{\text{с}} \cdot \frac{v_{\text{м}}^2 \cdot y_{\text{м}}}{2g} = \\ &= \sum \left( \lambda \frac{1}{d} + \varepsilon_{\text{с}} \right) \cdot \frac{v_{\text{м}}^2 \cdot y_{\text{м}}}{2g} = \sum \varepsilon_{\text{с}} \cdot \frac{v_{\text{м}}^2 \cdot y_{\text{м}}}{2g \cdot 10^5}, \end{aligned} \quad (3.13)$$

где  $\sum \Delta P_{тр}$  – сумма сопротивлений трению при движении

смазочного масла на всех участках поверхности  
теплообменника (каналов, пучков труб, стенок и др.),  
МПа;

$\sum \Delta P_m$  – сумма потерь напора в местных сопротивлениях  
(повороты, сужения, расширения и т.д.), МПа;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления трению;

$d$  – внутренний (смоченный) диаметр масляного канала, м;

$\xi_m$  – коэффициент местных сопротивлений;

$\xi_{\Sigma}$  – эквивалентный коэффициент гидравлических сопротивлений;

$\gamma_M$  – плотность масла, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – 9,81 м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

Преобразуем вышеприведенную формулу применительно к  
определению гидравлического сопротивления в нашем теплообменнике:

$$\Delta P_{\text{мст}} = \sum \left( \lambda \cdot \frac{L_{\text{МК}}}{d_{\Sigma\text{М}}} + \xi_{\text{мст}} \right) \cdot \frac{\rho_M \cdot Y_M}{2 \cdot 10^5}, \quad (3.14)$$

где  $L_{\text{МК}}$  – длина масляного канала, м

$d_{\Sigma\text{М}}$  – эквивалентный диаметр масляного канала, м;

$Y_M \equiv \omega_M$  – линейная скорость смазочного масла по магистралям  
(каналам),

$$\omega_M = 0,59 \text{ м/с.}$$

Для дизельных масел коэффициент сопротивления трению  $\lambda$  может  
быть определен по формуле:

$$\lambda = 0,02 + \frac{1,7}{\sqrt{R_c}}, \quad (3.15)$$

Эта формула применима как для ламинарного, так и для турбулентного  
режима.

Число Рейнольдса определяем по формуле:

$$R_c = \frac{\omega_M \cdot d_{\Sigma\text{М}}}{\nu_M} = \frac{0,59 \cdot 0,00361}{20 \cdot 10^{-6}} = 106,4$$

Определяем полную длину масляного канала  $L_{\text{вг}}$ , м, по формуле:

$$L_{\text{вр}} = l_{\text{вр}} \cdot z, \quad (3.16)$$

где  $z$  – число ходов масла.

$$L_{\text{МК}} = 0,105 \cdot 10 = 1,05 \text{ м.}$$

Определяем коэффициент гидравлического сопротивления для Гладких труб, расположенных в шахматном порядке для одного ряда труб  $Z_{\text{ГМ}}/2/$  по формуле:

$$Z_{\text{ГМ}} = 15,3 \text{Re}^{-0,432} \cdot \frac{\rho_{\text{М}} \omega}{P_{\text{М ст}}}^{-0,14}, \quad (3.17)$$

При  $\text{Re} = 10^2 \dots 10^3$

Определяем коэффициент сопротивления трению  $\lambda$  по формуле:

$$\lambda = 0,02 - \frac{1,7}{\sqrt{106,4}} \quad 0,18.$$

Определяем гидравлическое сопротивление теплообменника  $\Delta P_{\text{МГТ}}$ , МПа, по формуле:

$$\Delta P = \sum \left( 0,18 \cdot \frac{1,05}{0,00361} - 23,5 \right) \cdot \frac{0,59^2 \cdot 830}{2 \cdot 9,81 \cdot 10^3} = 0,01.$$

Это удовлетворяет ограничительным уровням гидравлических сопротивлений по смазочному маслу для теплообменников транспортных дизелей  $\Delta P_{\text{М}} \leq 0,049 \dots 0,059$  МПа [17].

## 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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

При обработке на технологичность конструкции детали необходимо:

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

Количественную оценку технологичности конструкции детали можно произвести по следующим коэффициентам:

### 4.1 Коэффициент унификации конструктивных элементов детали

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

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

$Q_z$  - общее число конструктивных деталей

$$Q_{zy} = 16$$

$$Q_z = 20$$

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

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

Коэффициент использования материала [13]:

$$K_{\mathcal{M}} = G_{\mathcal{D}} / G_{\mathcal{Z}}, \quad (4.2)$$

где  $G_{\mathcal{D}}$  – масса детали по чертежу, кг

$G_{\mathcal{Z}}$  – масса материала заготовки, кг

$$K_{\mathcal{IM}} = 0.58 / 0.7 = 0.82$$

По нормам ЕСТПШ КИМ $\geq 0.75$ . Деталь технологична так как условие выполняется. Коэффициент точности обработки детали [13,16].

$$K_{\mathcal{T.Ч}} = Q_{\mathcal{T.Ч.Н}} / Q_{\mathcal{T.Ч.О}} = 1 - 1 / A_{\mathcal{CP}}, \quad (4.3)$$

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

где  $A_{\mathcal{CP}}$  – средний квалитет точности

$n_i$  – число размеров соответствующего квалитета

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

$$K_{\mathcal{T.Ч}} = 1 - 1 / 9.36 = 0.9$$

По нормам ЕСТПШ  $K_{\mathcal{T.Ч}} \leq 0.97$ . Требования выполняется, значит деталь технологична.

## 4.2 Качественная технологичность детали

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4.3 Выбор вида заготовки**

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

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

##### **4.3.1 Расчет припусков на заготовку**

При расчете припусков используется формула [13,16].

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

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

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

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

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

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

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

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

Обрабатываемая деталь имеет припуски на наибольший диаметр и наибольшею длину.

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

### **Припуск на черновое обтачивание**

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

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

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

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

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

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

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

Выбираем сортовой прокат по сортаменту. ГОСТ 2590-81

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

$$P_1 = \sqrt{P_{\text{кор}}^2 + P_{\text{целюпр}}^2} \quad (4.10)$$

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

$$E_{yi} = 220 \text{ мкм.}$$

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

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

**Припуск на чистовое обтачивание.**

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

Выбираем значение после обдирочной обработки проката.

$$R_Z'' = 100$$

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

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

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

$K_y$  – коэффициент уточнения,  $K_y = 0.06$ .

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

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

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

**Определение припуска на черновое шлифование.**

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

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

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

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

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

$$K_Y = 0.05 .$$

В расчетах  $K_{Y1}^{11}$  не учитываем так как это малая незначительная величина

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

**Определяем общий минимальный припуск**

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

$$2Z_{bmin}^{общ} = 2764 .$$

**Определяем общий номинальный припуск.**

$$2Z_{bmin}^{общ} = 2Z_{\text{заз}}^{\text{н}} + H_{\text{дет}} , \quad (4.16)$$

$H_{\text{заз}}$  – верхнее отклонение

Сортамент ГОСТ 2590-80

$$H_{\text{заз}} = 400 \text{ мкм}$$

$H_{\text{дет}}$  – нижнее отклонение

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

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

$$2Z_{\text{вн}}^{\text{ном}} = 2Z_{bmin}^{общ} + H_{\text{заз}} + H_{\text{дет}} \quad (4.17)$$

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

**Определение диаметра заготовки:**

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

$D_{\text{ном}}$  – по чертежу детали,

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

Выбираем диаметр заготовки по сортаменту;

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

### 4.3.2 Расчет припусков на длину детали

Расчет припуска по формуле:

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

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

**Расчет припуска на черновое подрезание торца**

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

где  $R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} = 200$  мм;

Выбираем в качестве режущего инструмента.

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

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

где  $\Delta_K = 5$  мкм;

$\Delta_K$  – удельная кривизна.

$$P_{\text{кор}} = 5 * 25 = 125 .$$

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

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

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

$$T_{\text{раз}} = 0.5 \text{ мм};$$

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

**Расчет припуска на чистовое подрезание торца**

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

где  $R''_{Z_{i-1}} = 100$

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

Выбираем отклонения после обдирочной токарной операции

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

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

где  $K_y = 0.06$  коэффициент уточнения

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

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

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

**Определяем общий минимальный припуск:**

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

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

**Определяем номинальный припуск:**

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

$H_z$  – верхнее отклонение заготовки после резки .

$$H_z = 250.$$

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

$H_{\partial}$  – нижнее отклонение детали,

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

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

**Определяем длину заготовки:**

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

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

Принимаем  $L_{заг} 130 \pm 0,25$

#### 4.4 Определение минимального расчетного значения детали

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

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

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

#### 4.5 Выбор оборудования

Для токарной операции выбираем универсальный токарно-винторезный станок

Техническая характеристика токарно винторезного станка 16К-25.

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

Для сверлильной операции выбираем вертикально сверлильный станок 2Н 125.

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

Техническая характеристика станка 2Н 125

|                |       |
|----------------|-------|
| Высота центров | 200мм |
|----------------|-------|

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Максимальный диаметр заготовки | 400мм           |
| Расстояние между центрами      | 1400мм          |
| Число оборотов шпинделя        | 630- 2000об/мин |
| Продольная подача              | 0,75-4,46 мм/об |
| Поперечная подача              | 0,075-2,23мм/об |
| Мощность электродвигателя      | 10КВт           |
| КПД привода                    | 0,85            |
| Габариты                       | 2785-1165-1355  |

#### **4.6 Разработка метода контроля детали и проектирования измерительного инструмента**

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

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

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

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

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

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

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

По СТ СЭВ 144-75 находим предельные отклонения вала:

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

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

Для заданных интервалов размеров находим (мкм):

$$H = 5; \quad ;$$

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

1. Минимальный размер проходного калибра-скобы:

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

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

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

Можно вычислить предельные размеры контркалибров к скобам.

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

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

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

## **5 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

### **5.1 Анализ условий труда на тракторе**

Для повышения работоспособности и производительности труда большое значение имеет соответствие конструкции машины (или оборудования) и организации рабочего места антропометрическим данным и физиологическим возможностям человека [3,4, 18].

Конструкция тракторов отечественного производства далеко не совершенна, и нуждается в дальнейшей модернизации. В последнее время заводами-изготовителями предпринимаются попытки улучшения условий труда водителей, путём внедрения новых технологий и разработок в производство сельскохозяйственной техники.

При работе на тракториста действуют следующие негативные факторы: повышенный уровень шума и вибрация, загрязняющие примеси в воздухе (пыль и отработавшие газы). Чтобы свести к минимуму действие этих факторов в кабине предусмотрены следующие приспособления: поддрессоренное сидение, шумоизоляция, герметизированная кабина, воздухоочиститель. Но все эти приспособления не полностью исключают действие отрицательных факторов, так как их конструкция нуждается в дальнейшей доработке.

Одним из методов снижения токсичности и дымности отработавших газов является качественная очистка топлива от загрязняющих его частиц.

Хорошо очищенное топливо при сгорании выделяет намного меньше вредных веществ, и, как следствие, уменьшается их поступление в атмосферный воздух, а вместе с ним – в воздух рабочей зоны.

Рабочая зона - это участок пространства, ограниченный зонами досягаемости рук в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Пространство, ограниченное дугой, очерчиваемой кончиками пальцев

полностью выпянутой руки, называется зоной максимальной досягаемости. Пространство, ограниченное дугой, очерчиваемой кончиками пальцев руки при её движении в локтевом суставе, называется зоной нормальной досягаемости.

В зоне нормальной досягаемости можно выполнять самые точные и очень частые движения и размещать наиболее часто используемые органы управления [3,4].

Организация рабочего места - это система мероприятий по созданию условий, необходимых для достижения высокой производительности труда, при наиболее полном использовании технических возможностей машины и оборудования, способствующих поддержанию высокой работоспособности, и сохранению здоровья человека.

В условиях сельскохозяйственного производства организация рабочих мест имеет специфические особенности и в ряде случаев весьма затруднительна.

Рациональная организация рабочих мест во многом зависит от правильности определения рабочей зоны, зон досягаемости и размещения в их пределах предметов оснащения рабочего места.

## 5.2 Расчёт вентиляции кабины проектируемого трактора

Расчет вентиляции кабины трактора производим из условий поддержания оптимальной температуры.

Определяем воздухообмен в кабине  $L_{np}$ , м<sup>3</sup>/ч, по формуле [3,4]:

$$L_{np} = \frac{Q}{0,24 \cdot (t_{ух} - t_{np})}, \quad (5.1)$$

где  $t_{ух}$ ,  $t_{np}$  – температура уходящего и приходящего воздуха, °С;

$Q$  – количество явного тепла выделяемого в кабине, ккал/ч.

$$L_{np} = \frac{160}{0,24 \cdot (5 - 20)} = 133, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Температуру воздуха, удаляемого из кабины  $t_{yx}$ , °C, по эмпирической формуле:

$$t_{yx} = t_{pz} + \Delta t \cdot (h-2), \text{°C}, \quad (5.2)$$

где  $t_{pz}$  - нормируемая температура в рабочей зоне, °C;

$\Delta t$  – температурный градиент по высоте кабины ( $\Delta t = 2-3 \text{°C/м}$ );

$H$  - расстояние от пола до центра вентиляционных проемов, м.

$$t_{yx} = 26 - 2 \cdot (1.5 - 2) = 25.$$

Определяем мощность, потребляемую вентилятором  $N$ , кВт, по формуле:

$$N = \frac{L_{np} \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_a \cdot \eta_n} \quad (5.3)$$

где  $H$  - создаваемое вентилятором давление, Па;

$K$  – коэффициент запаса, принимают равным 1,1...1,2;

$\eta_v$  - КПД вентилятора;

$\eta_n$  – КПД передачи,

$$N = \frac{133 \cdot 27 \cdot 1,2}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 0,02 \text{ кВт}.$$

Определяем мощность электродвигателя  $N_{дв}$ , кВт, по формуле:

$$N_{дв} = (1,4 - 1,5) \cdot N_n, \quad (5.4)$$

$$N_{дв} = 1,4 \cdot 0,02 = 0,03.$$

### 5.3 Противопожарная безопасность

Согласно ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ «Пожарная безопасность. Термины и определения» пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Основными причинами, способствующими возникновению и развитию пожаров, являются:

- нарушение пожарных норм и правил в технологических процессах;

- захламление горючими материалами, изделиями и отходами; халатное отношение к должностным обязанностям;
- небрежное обращение с огнем;
- эксплуатация неисправных технологических установок;
- разряды статического электричества, молнии;
- самовозгорание, самовоспламенение;
- хранение несовместимых материалов;
- отсутствие должностного надзора;
- необученность работающих; отсутствие эффективных средств борьбы с пожарами.

Пожарная профилактика – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров и создание условий для их успешного тушения. Одна из главных ее задач – создание условий для человека на производстве и в быту [3].

Мероприятия по пожарной безопасности должны быть технически обоснованы, экономически целесообразны и осуществимыми в условиях данного объекта. К разработке мероприятий по устранению пожарной опасности технологических процессов, складских операций, хранения материалов, разработке правил эксплуатации отдельных, особо опасных установок и аппаратов привлекают инженерно-технический персонал объектов.

Производственные процессы непрерывно изменяются и совершенствуются. Это требует соответствующего совершенствования пожарно-профилактических мероприятий и изменения их технического оформления. Обеспечение пожарной безопасности объекта и выбор наиболее эффективных профилактических мероприятий зависит от конкретных условий. Поэтому каждый работник должен знать основные положения, направленные на обеспечение пожарной безопасности рабочего места участка цеха, а именно: пожарную характеристику веществ и материалов; правила выявления и своевременного устранения опасностей, которые могут

возникнуть при эксплуатации производственных установок; действующие приказы и инструкции по пожарной безопасности и пожарные требования, предъявляемые к оборудованию в условиях безопасной его эксплуатации; объект на котором он работает, его технологию, особенности пожарно-профилактических мероприятий; причины и условия, которые могут вызвать пожары и взрывы; методы борьбы с пожарами применительно к особенностям объекта [4].

Мероприятия по предупреждению возгораний лесозаготовительной техники заключаются в ежедневном осмотре и приведении в исправное состояние узлов и систем, которые могут быть причинами загорания; в регулярной чистке машины от легковоспламеняющихся материалов, которые не должны находиться в кабине. Кроме того, кабина трелевочной машины должна быть оснащена огнетушителем марки ОУ-5.

### **Инструкция по технике безопасности при работе с подъемником гидравлическим при техническом обслуживании трактора**

#### **1. Общие требования**

1.1. К обслуживанию автомобилей допускаются лица, прошедшие специальную подготовку и имеющие соответствующие удостоверение.

1.2. К работе допускаются механизаторы, слесари, мастера–наладчики, прошедшие медосмотр и инструктаж по технике безопасности.

#### **2. Перед началом работы:**

2.1. Установить автомобиль на горизонтальной площадке, выключить двигатель, самопроизвольный откат не допускается.

2.2. Возле трактора не должно находиться посторонних лиц.

2.3. Проверить герметичность гидравлических соединений подъемника, подтекание не допускается и убедиться в отсутствии повреждений.

#### **3. В процессе работы запрещается:**

3.1. Оставлять гидравлическое приспособление без присмотра во время проведения работ.

3.2. Во время работы запрещается находиться под автомобилем при нагнетании или сбросе давления.

3.3. Запрещается без необходимости нажимать педали, "нагнетание" или "сброс давления".

#### **4. Требования при аварийной ситуации:**

4.1. Прекратить работу, нажать педаль "сброс давления" убедившись в отсутствии рабочих под агрегатом.

4.2. В случае стихийного бедствия действовать по правилам Гражданской обороны.

4.3. При несчастном случае пострадавшему оказать первую медицинскую помощь и доставить в больницу или медсанчасть.

#### **5. По окончании работы необходимо:**

5.1. Вернуть трактор (агрегат) в первоначальное положение.

5.2. Убрать подъемник на место хранения и накрыть чехлом [3,4].

#### **5.4 Безопасность при использовании конструкции**

1. Анализ производственного травматизма на автотранспортных предприятиях показал, что наибольшее число травм происходит при снятии и постановке колес автомобиля, ступиц с барабанами, карданных валов, коробок передач, редукторов и рессор. При выполнении данных работ необходимо пользоваться специальными приспособлениями.

2. Наибольшую опасность могут представлять работы проводимые с использованием гидравлических подъёмников для исключения случаев травматизма разработаны соответствующие инструкции (приложение 1 ).

3. Стационарное оборудование должно устанавливаться на фундаменты и надежно крепиться болтами. Опасные места должны ограждаться.

4. Двигающиеся части оборудования должны иметь надежные и исправные ограждения или должны быть снабжены другими средствами защиты, обеспечивающими безопасность работ. Включение оборудования должно производиться только после его осмотра, а также после осмотра ограждающих устройств (при их наличии) [17].

### **Санитарное состояние зоны**

Рабочие места на участке должны содержаться в чистоте, все инструменты должны храниться в инструментальном ящике. В конце каждой смены производится уборка силами технических работников, используемые технические жидкости применяемые в процессе работы хранятся в специальной таре, материалы отработанные в процессе работы складываются в специальном месте и по мере накопления вывозятся. Число шкафов для одежды определяется количеством работников участка.

Окраска поверхностей строительных конструкций и установленного оборудования производится регулярно и соответствует требованиям СНиП 23-05-95. Безопасность при работе с оборудованием работающим под давлением. На предприятии широко применяется пневматический инструмент, для обеспечения его работы используется поршневой компрессор объемом 500 л. Поршневой компрессор установлен в специализированном помещении. И эксплуатируется в соответствии с нормами предусмотренными ССБТ «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные» [16].

### **Электробезопасность**

Зона ТО и Р относится к категории повышенной опасности.

При работе на участке с электроприборами, необходимо помнить о технике безопасности. Работа на участке с электродрелью и другим электрическим инструментом при рабочем напряжении больше 42В допускается только при двойной изоляции токопроводящего провода, в

резиновых перчатках и калошах либо стоя на изолированной поверхности. Все стационарное оборудование заземлено. ГОСТ 12.1.009-76 устанавливает применяемые в технике и производстве термины и определения основных понятий в области электробезопасности. ГОСТ 12.4.013-78 в разделе «Средства коллективной защиты» дает перечень основных видов средств защиты от поражения электрическим током. Опасность поражения человека током на участке являются схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, степени изоляции токоведущих частей земли.

Для защиты людей от поражения электрическим током, проектом предусмотрены мероприятия ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ГОСТ 11516-94 (МЭК 900-87) «Ручные инструменты для работ под напряжением до 1000В переменного тока. Общие требования и методы испытаний»:

- на всех стационарных электроустановках (станок вертикально-сверлильный, станок наждачный, сварочный аппарат, электроподъемник) применяется защитное заземление;

- для автоматического отключения электроустановок при возникновении в них опасности поражения электрическим током применяется защитное отключение;

- в переносном электрооборудовании (светильники, ручная электродрель), чтобы уменьшить опасность поражения электрическим током, применяется двойная изоляция;

- используются светильники малого напряжения (36 В)

Шины и провода защитного заземления (зануления) должны быть доступными для осмотра и окрашены в черный цвет. Во всех защитных устройствах устанавливаются только калиброванные предохранители [3,4].

## 5.5 Физическая культура на производстве

Производственная гимнастика как элемент научной организации труда должна массово и прочно войти в режим трудового дня. Ей отводится роль профилактического средства поддержания высокой работоспособности на протяжении рабочего дня. Сеченовский феномен активного отдыха - важное условие для плодотворной интеллектуальной деятельности. Многочисленные научные данные свидетельствуют о том, что чередование умственного труда с выполнением физических упражнений и повышают сопротивляемость организма эмоциональному стрессу и предупреждению процессами, работой анализаторов, точными и быстрыми действиями и т.д.

Основное назначение физических упражнений, которые используются в процессе труда, - снижение профессионального утомления. Оказывая благотворное влияние на организм работающего, физические упражнения регулируют мозговое и периферическое кровообращение. Мышечные движения создают огромное число нервных импульсов, которые обогащают мозг массой ощущений, способствуя устойчивому настроению.

Важно учитывать виды труда, которые отличаются степенью физической нагрузки большим нервно-психическим напряжением (это профессии педагога, врача, инженера, ученого и т.д.).

По степени физической активности и величине нервно-психологического напряжения выделяют медицинских работников, труд которых связан с большой ответственностью за принятие правильного решения, в особенности труд хирургов, отличающийся высоким нервно-эмоциональным напряжением и длительным статическим напряжением мышц в процессе операции.

Перечисленные выше виды труда предъявляют высокие требования к деятельности головного мозга, зрительного анализатора, связанного с напряжением внимания, к продолжительным статическим нагрузкам на мышечный аппарат [24].

## 6 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Производство двигателей внутреннего сгорания продолжается увеличиваться, так как этот источник энергии обладает высокой топливной экономичностью, достаточно небольшой металлоемкостью, длительным сроком службы, автономностью, простотой, удобством и безопасностью в использовании. Вместе с этим ДВС является источником загрязнения окружающей среды, вибрации и шума. Применение ДВС во всех сферах народного хозяйства и постоянное увеличение их количества остро ставит вопрос повышения качества двигателей, которое определяется соответствием их требованиям действующего законодательства, а также техническим уровням, определяющим конкурентоспособность. Основными направлениями совершенствования являются: уменьшение уровня токсичности и вредности отработавших газов, вибрации и шумности, удельных расходов топлива и масла, металлоемкости, увеличение литровой мощности, надежности и ресурса работы [5,9,10,22].

В целях защиты окружающей среды от загрязнения продуктами сгорания во многих странах введены стандарты, ограничивающие предельно допустимое содержание вредных веществ в отработавших газах двигателя.

Обеспечение экологических приоритетов становится все более важным элементом социального прогресса. Эти приоритеты постепенно приобретают характер абсолютных ценностей. Следовательно, уже сегодня, а тем более в будущем, любое экономическое или политическое решение, которое нарушает научно обоснованные медицинские, экономические, экологические или иные требования к окружающей среде, является в принципе неприемлемым.

В условиях интенсивного использования природных ресурсов человеком, вовлечение их в хозяйственную деятельность причиняет все более ощутимый ущерб самой природе. Она стала терять свою уникальную

способность к самовосстановлению. Нарушаются естественные биологические циклы, тормозятся процессы развития, природа все чаще ощущает мощные «залповые» воздействия общества.

К основным загрязняющим атмосферу веществам, которые выбрасывают ДВС, относят: окись углерода, углеводороды и оксиды азота. Окись углерода ( $\text{CO}$ ) и оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) поступают в атмосферу только с выхлопными газами, тогда как не полностью сгоревшие углеводороды ( $\text{H}_n\text{C}_m$ ) поступают как вместе с выхлопными газами, так и из картера, топливного бака [5,22].

Действие токсичных компонентов на человеческий организм разнообразно: от имитации незначительных неприятных ощущений, до раковых заболеваний. Степень воздействия зависит от их концентрации в атмосфере, состояния человека и его индивидуальных особенностей.

Оксид азота, взаимодействуя с парами воды в воздухе, образует азотную кислоту, которая разрушает легочную ткань, вызывает хронические заболевания. По мере увеличения загрязненности воздуха оксидом азота увеличивается его влияние на организм человека.

Оксид азота, в первую очередь  $\text{NO}_2$ , вызывают необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе, оказывает патологическое состояние беспокойства. В соединении с углеводородами они образуют токсичные нитроолефины. При хроническом отравлении наблюдаются воспалительные заболевания дыхательных путей, хронические бронхиты, мышечная и сердечная слабость, нервные расстройства.

Углеводороды парафинового и олефинового рядов вызывают неприятный запах и раздражающее воздействие, а также способны вызывать хронические заболевания. Ряд ароматических углеводородов обладают сильными отравляющими свойствами, воздействуют на процессы кровообращения, центральную нервную и мышечную систему [22].

Оксид углерода воздействует на организм человека как сильный дыхательный яд. Сущность его действия заключается в более высокой чем у кислорода (в 250 раз) способности присоединяться к гемоглобину крови, создавая устойчивое соединение – карбоксигемоглабин, который затрудняет процесс газообмена в клетках, что приводит к кислородному голоданию.

Качественный и количественный состав отработавших газов в основном зависит от типа двигателя, его конструктивных параметров и совершенства процесса сгорания, режимов работы, регулировок и технического состояния.

России с 1 января 2001 года нормы «Евро-2» пока является чисто декларативным актом, поскольку, нерациональная структура отечественной нефтепереработки (недостаточны мощности вторичных процессов) определяет низкое качество производимых бензинов и дизельного топлива, не соответствующих современным требованиям. С другой стороны, качество отечественных автомобильных двигателей оставляет желать лучшего. Российские двигатели в большинстве уступают зарубежным по таким показателям, как удельная мощность, экономичность, шумность, эксплуатационная технологичность, экологичность и ремонтпригодность. Согласно постановления Правительства Российской Федерации от 15 марта 1999 года № 286 «Основные направления развития автомобильной промышленности России на период до 2005 года» и проекта Федеральной целевой программы «Развитие автомобильной промышленности России на период до 2005 года» выпуск отечественных автомобильных двигателей, отвечающих современным требованиям по сохранению окружающей среды, следует ожидать не ранее 2010 года. Поэтому, в настоящее время единственным путем повышения экологичности автотранспорта является его перевод на природный газ, что обеспечит сокращение вредных выбросов в окружающую среду двигателями автомобилей до уровня, отвечающего жестким европейским нормам [9,22].

## 7 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВКР

### 7.1 Расчёт производительности

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

$$\Pi_{см} = \frac{T_{см} - T_{гв} + T_{отд}}{t_{хх} + t_{мх} + t_{н} + t_{с}} \cdot Q, \text{ м}^3 \quad (7.1)$$

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

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

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

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

$t_{н}$  – время набора пачки для базовой техники и для новой техники  $t_{н}=7,05$  мин/рейс;

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

$Q$  – нагрузка на рейс,  $\text{м}^3$

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

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

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

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

$$\Pi_{см1} = \frac{480 - (30 + 20)}{5,83 + 7,05 + 5,4} \cdot 2,5 = 58,8 \text{ м}^3,$$

$$\Pi_{см2} = \frac{480 - (30 + 20)}{5,83 + 7,05 + 5,4} \cdot 2,8 = 65,9 \text{ м}^3.$$

Годовая производительность техники определяется по формуле:

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

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

$K_{см}$  – коэффициент сменности,

$$\Pi_{год1} = 58,8 \cdot 210 \cdot 1 = 12348 \text{ м}^3,$$

$$\Pi_{\text{год}2} = 65,9 \cdot 210 \cdot 1 = 13839 \text{ м}^3.$$

Рост производительности труда определяется по формуле:

$$P_{\text{ПТ}} = \frac{\Pi_{\text{год}2} - \Pi_{\text{год}1}}{\Pi_{\text{год}1}} \cdot 100\%, \quad (7.3)$$

$$P_{\text{ПТ}} = \frac{13839 - 12348}{12348} \cdot 100\% = 12\%.$$

### **Расчёт инвестиций (капитальных вложений) в технику**

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

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

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

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

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

где  $G_1, G_2$  – масса базового и проектируемого;

$KB_1, KB_2$  – балансовая стоимость базового и проектируемого;

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

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

Дополнительные капиталовложения составят:

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

### **Расчёт эксплуатационных затрат**

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

Расчет делаем на машино-смену.

Эксплуатационные затраты на машино-смену включают следующие статьи затрат:

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

следующие статьи:

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

3. Затраты на восстановление износа и ремонт шин.

Заработная плата производственных рабочих рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

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

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

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

#### **Себестоимость содержания машино – смены**

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

$H_{ТЗ}=0,32$  чел·час/м·см.,

$$ЗП_{всп1} = ЗП_{всп2} = 5,0 \cdot 8 \cdot 0,32 \cdot 1,3 = 16,64 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

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

где БС - балансовая стоимость техники,

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

$D_p$  - число рабочих дней в году;

$K_{\text{см}}$  - коэффициент сменности.

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

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

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

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

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

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

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

$$З_{np1} = 107,6 \text{ руб.,}$$

$$З_{np2} = 113,2 \text{ руб.}$$

## 7.2 Расчет показателей экономического эффекта и эффективности

Условно-годовая экономия от снижения себестоимости трелевки

$$\mathcal{E}_c = (C_1 - C_2) \cdot \Pi_{год2} = (23,0 - 21,4) \cdot 13839 = 22142 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости новых капитальных вложений

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

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле:

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

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

$$\mathcal{E}_{год} = 22142 - 13760 \cdot 0,2 = 19390 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход определяется по формуле:

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

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

t - текущий год;

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

$$\mathcal{ЧДД} = 22142 \cdot \left(1 + \frac{1}{1,18} + \frac{1}{1,18^2} + \frac{1}{1,18^3}\right) - 13760 = 56522 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сводим в таблице 6.3.

Таблица 7.1 - Основные технико-экономические показатели проекта

| №<br>п/п | Показатели                             | Ед. изм.            | БТ    | ПТ    |
|----------|----------------------------------------|---------------------|-------|-------|
| 1.       | Производительность                     |                     |       |       |
|          | Сменная                                | м <sup>3</sup>      | 58,8  | 59,6  |
|          | Годовая                                | м <sup>3</sup>      | 12348 | 13839 |
| 2.       | Капитальные вложения                   | Тыс. руб.           | 429,0 | 442,8 |
| 3.       | Эксплуатационные затраты на м-         | Руб.                | 1352  | 1413  |
| 4.       | Себестоимость трелевки 1м <sup>3</sup> | Руб./м <sup>3</sup> | 23,0  | 21,4  |
| 5.       | Условно-годовая экономия               | Руб.                | -     | 22142 |
| 6.       | Годовой экономический эффект           | Руб.                | -     | 19390 |
| 7.       | Чистый дисконтированный доход          | Руб.                | -     | 56522 |
| 8.       | Срок окупаемости капитальных           | Мес.                |       | 7     |
| 9.       | Рост производительности труда          |                     | -     | 12    |

Вывод: Предлагаемая в выпускной квалификационной работе модернизация смазочной системы двигателя Д-260.2, устанавливаемого на тракторе МТЗ 1221.2, экономически эффективна, т.к. использование ее потребителем позволяет получить годовую экономию 22 тыс.руб., чистый дисконтированный доход за весь срок службы составит почти 57 тыс.руб.

Капитальные вложения окупятся за 7 месяцев.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была спроектирована трактор тягового класса 20 кН.

Включение теплообменника в систему смазки рядного двигателя повышенной мощности модификации Д-260.2 осуществляется на полный поток.

Включение водяной полости теплообменника в систему охлаждения двигателя осуществляется частично поточно: на двигателях с рядным расположением цилиндров – параллельно водораспределительному каналу блок-картера. Перепуск необходимого количества воды в теплообменник достигается установкой специальных дроссельных шайб.

Преимущества водомасляных теплообменников двигателя Д-260.2:

1. Использование в качестве холодного теплоносителя воду и применение противотока даёт большой эффект; перегрев дизеля практически исключается;

2. Быстрый прогрев двигателя при пуске особенно при минусовой температуре окружающей среды и поддержание стабильного теплового состояния по маслу при работе в различных климатических условиях и всех режимах способствует уменьшению расхода топлива за счёт снижения потерь на трение в подшипниках дизеля;

3. Агрегат имеет относительно малые габариты и массу, т.к. располагается непосредственно на двигателе;

4. Сердцевина теплообменника имеет хорошие теплогидравлические характеристики, проста в изготовлении, ремонтпригодна;

5. В процессе эксплуатации позволяют с малыми затратами проводить периодическую очистку масляной и водяной полостей;

6. Снижается расход цветных металлов на 7-9 кг на каждый водомасляный теплообменник по сравнению с воздушно-масляным.

Расчеты экономической эффективности показывают, что срок

окупаемости конструкции составят 7 месяцев.

Из вышесказанного следует, что использование данного теплообменника в системе смазки проектируемого трактора целесообразно и выгодно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

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

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

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

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

# СПЕЦИФИКАЦИИ



| Перв. примен. |  | Формат | Зона | Поз. | Обозначение                          | Наименование                 | Кол. | Примечание |
|---------------|--|--------|------|------|--------------------------------------|------------------------------|------|------------|
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      | Документация                 |      |            |
|               |  | A4     |      |      | ВКР.23.05.01.115.20.КТСМ 00.00.00 СБ | Сборочный чертёж             | 1    |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Сборочные единицы            |      |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Сердцевина теплообменника    | 1    |            |
|               |  |        |      |      |                                      | Детали                       |      |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Доска задняя                 | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Доска передняя               | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Перегородка                  | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Прокладка                    | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Трубка                       | 109  |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Корпус теплообменника        | 1    |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Крышка теплообменника        | 1    |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Крышка ротора                | 1    |            |
|               |  | A3     |      |      |                                      | Остов ротора                 | 1    |            |
|               |  | A2     |      |      |                                      | Ось ротора                   | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Ступица                      | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Втулка                       | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Шайба упорная                | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Диск верхний                 | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Диск нижний                  | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Кран сливной                 | 1    |            |
|               |  | A4     |      |      |                                      | Крышка теплообменника задняя | 1    |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |
|               |  |        |      |      |                                      |                              |      |            |

Копировал

Формат А4



