

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

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

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

Тема: Обоснование параметров трактора для посевных работ с разработкой
встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя.

Шифр ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ

Студент

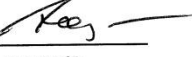
С 251-07 группы


подпись

Садартинов А.А.
Ф.И.О.

Руководитель

д.т.н., профессор
ученое звание

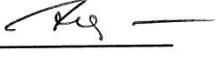

подпись

Хафизов К.А.
Ф.И.О.

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

Зав. кафедрой

д.т.н., профессор
ученое звание


подпись

Хафизов К.А.
Ф.И.О.

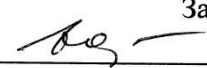
Казань – 2020 г.

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

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

 /Хафизов К.А./
 « 12 » марта 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту: Садартинову Альберту Аликовичу

Тема ВКР: Обоснование параметров трактора для посевных работ с разработкой встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя.

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

Срок сдачи студентом законченной ВКР 15 июня 2020 г.

Техническое задание на ВКР: Тяговый класс трактора 40 кН; колесная формула 4x4; вид применяемого топлива – дизельное топливо.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

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

Перечень графических материалов:

1. Техническое задание на проектирование трактора (1 лист).
2. Зависимость основных параметров трактора (3 листа).
3. Тяговая характеристика проектируемого трактора (1 лист).
4. Эскизная компоновка проектируемого трактора (1 лист).
5. Расположение датчиков на двигателе проектируемого трактора (1 лист).
6. Сборочный чертеж и деталировка (6 листов).

Консультанты по ВКР с указанием соответствующих разделов проекта

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

Дата выдачи задания 13.03.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

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

Студент _____ (Садартинов А.А.)

Руководитель ВКР _____ (Хафизов К.А.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Садартинова А.А. на тему: «Обоснование параметров трактора для посевных работ с разработкой встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 79 листах машинописного текста и графической части на 12 листах формата А1, А3 и А4.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, заключения, списка использованной литературы, приложения и включает 23 рисунка, 3 таблицы. Список использованной литературы содержит 24 наименования.

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

Во втором разделе рассчитывается и строится теоретическая тяговая характеристика трактора.

В третьем разделе приводится эскизная компоновка трактора.

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

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

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

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

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

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы.

ANNOTATION

To graduation qualification work A. A. Sadartinova on the topic: “Justification of the parameters of the tractor for sowing work with the development of integrated diagnostics of the crank mechanism of the engine”.

Graduation paper contains an explanatory note on 79 sheets of typewritten text and a graphic part on 12 sheets of A1, A3 and A4 format.

The explanatory note consists of introduction, 8 sections, conclusion, list of used literature, appendix and includes 23 figures, 3 tables. The list of used literature contains 24 titles.

In the first section of the explanatory note of the final qualification work, a study was carried out and the optimal weight parameters of the tractor and its engine power were determined, the influence of environmental factors on the optimal value of the main parameters of the tractor was revealed, and schedules were constructed.

In the second section, the theoretical traction characteristic of the tractor is calculated and built.

The third section provides an outline sketch of the tractor.

In the fourth section, a literature and patent search of existing structures is carried out. Also in this chapter, the development of the technology for diagnosing faults in the crank mechanism of the engine, the design of the diagnostic system and bracket are presented.

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

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

The seventh section analyzes and develops measures for environmental protection of the environment.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАКТОРА.....	10
1 ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА, РАБОТАЮЩЕГО В СОСТАВЕ ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА	11
1.1 Теоретические зависимости суммарных энергетических затрат с параметрами трактора и факторами рабочей среды.....	12
1.2 Вычислительные эксперименты с использованием математической модели машинно-тракторных агрегатов.....	18
2 РАСЧЕТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА	25
2.1 Расчет теоретической тяговой характеристики трактора	25
2.2 Расчеты с использованием ЭВМ и построение теоретической тяговой характеристики трактора.....	32
3 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА	36
4 РАЗРАБОТКА ВСТРОЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ.....	39
4.1 Неисправности кривошипно-шатунного механизма двигателя.....	39
4.2 Литературный анализ существующих конструкций диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя	43
4.3 Проектирование встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя разрабатываемого трактора	52
4.4 Подбор датчиков	55
5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРОНШТЕЙНА...	58
5.1 Конструктивная схема кронштейна	58
5.2 Расчеты крепежных соединений кронштейна	59
6 РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРА.....	64
6.1 Общие правила по предотвращению несчастных случаев	64
6.2 Эксплуатация	65
6.3 Безопасность при работе с аккумулятором	66
6.4 Безопасность при работе с гидравлическим оборудованием	67
6.5 Безопасность при запуске и остановке трактора	68
6.6 Меры предупреждения пожара или взрыва	69
7 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	70

8 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКЦИИ	72
8.1 Расчет экономии суммарных энергетических затрат от оптимизации веса трактора и мощности его двигателя.....	72
8.2 Экономическое обоснование модернизированного производственного процесса.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	80
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	84
СПЕЦИФИКАЦИЯ	96

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство одна из основных сфер экономики каждой страны. Оно предоставляет человеку самые необходимые продукты питания, а также сырьевые материалы для формирования предметов потребления. Чтобы получить конечный продукт готовый для потребления, необходимо сделать огромное количество энергозатратных работ. Внутренняя часть таких работ ложится на сельскохозяйственную технику, в том числе и на трактора. В сельском хозяйстве трактора являются незаменимой техникой.

Тракторы — сложные мобильные энергетические и транспортные средства, которые применяются для комплексной механизации, автоматизации сельскохозяйственного производства и для перевозки сельскохозяйственных грузов и пассажиров.

Из-за возрастания доли энергозатратных работ, количество энергонасыщенных тракторов также увеличивается. Совершая правильный выбор трактора и эффективно применяя тракторную технику можно обеспечить минимальные экономические расходы, а также уменьшить энергетические затраты на проведение сельскохозяйственных работ. Настоящая выпускная квалификационная работа частью посвящена решению данной проблемы.

В республике Татарстан количество тракторов выполняемых операции средней энергоемкости выросло. По этой причине возросло и требования к качественной диагностике различных систем и механизмов этих тракторов. Одними из самых серьезных причин неисправностей трактора, считаются неисправности кривошипно-шатунного механизма двигателя, так как их устранение очень сложный и трудоемкий процесс. Система встроенной диагностики позволит быстро выявить ошибки, предотвратив простои трактора. Разработка устройств диагностики является актуальной для любого трактора.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАКТОРА

- Разработать трактор для выполнения посевных работ.
- Назначение: сельскохозяйственное, общего назначения.
- Тип ходовой части – 4к4.
- Выполняемые работы: в составе агрегатов с удельным сопротивлением почвы от 3,2 до 5,2 кН/м.
- Подобрать основные оптимальные параметры трактора: G – вес трактора, кН; N_e – мощность двигателя, кВт.
- Произвести тягово-динамический расчет трактора.
- Разработать встроенную диагностику кривошипно-шатунного механизма двигателя.
- Разработать технологию изготовления кронштейна для встроенной диагностической системы.
- Разработать мероприятия охраны окружающей среды при эксплуатации трактора.
- Произвести экономическое обоснование спроектированного трактора.

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

Создание новых образцов тракторов и различных модификаций, серийно выпускаемых моделей является сложным процессом. Разработку, которых выполняют в несколько этапов. Чтобы получить качественно новую конструкцию разработка деталей, узлов, механизмов должна быть тесно связана с анализом литературных данных, расчетами и лабораторно-полевыми исследованиями. При эскизном проекте вспомогательные работы концентрируются вокруг анализа литературно-статистических данных и расчетов, при техническом проекте все внимание перемещается на экспериментальные работы, а рабочее проектирование ведется в тесной увязке с разработкой технологических процессов. Во всех вышеперечисленных стадиях разработки нужно строго придерживаться ГОСТов и нормалей.

Расчеты принято разделять на предварительные и проверочные. С помощью предварительных расчетов по заданным показателям определяют основные размеры машин, а при помощи проверочных расчетов, уже проверяют показатели машин с определенными параметрами и размерами. Первый расчет целесообразно выполнять конструктору, а второй расчет поручать расчетному бюро.

Новый трактор формируется исходя из исходных данных, общих требований, а также опираясь на опыт эксплуатации аналогичных машин. К тракторам предъявляются следующие требования: заводом-изготовителем снижение металлоемкости; сокращение трудоемкости обслуживания, приспособленность к механизации и автоматизации обслуживания и ухода; повышение топливной экономичности и уменьшение расхода смазки; уменьшение номенклатуры горюче-смазочных материалов; пригодность к климатическим условиям; сохранение базовых поверхностей и базовых

осевых линий уменьшение трудоемкости ремонта снижение номенклатуры запасных частей внешнеторговыми организациями; приспособленность к особым климатическим условиям; повышение конкурентоспособности, возможность отправки компактными агрегатами, легко собираемыми на месте; хорошая сохраняемость.

1.1 Теоретические зависимости суммарных энергетических затрат с параметрами трактора и факторами рабочей среды

Необходимо сделать анализ составляющих элементов суммарных энергетических затрат для выявления массы трактора и мощности его двигателя на их величину [15, 17].

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{i.tr} + \mathcal{E}_{i.cxm} + \mathcal{E}_{i.np} + \mathcal{E}_{p.to} + \mathcal{E}_{c.p.} + \mathcal{E}_{unp} + \mathcal{E}_{tcm} + \mathcal{E}_{nom} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_{КР} = \frac{a_{КР}}{a_p} \mathcal{E}_И, \quad (1.4)$$

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

$a_{КР}$ - коэффициент отчислений на капитальный ремонт трактора;

a_p - коэффициент отчислений на реновацию трактора.

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

Следовательно, между массой трактора и составляющими суммарных энергозатрат на изготовление, текущий и капитальный ремонты и техническое обслуживание есть прямая пропорциональная зависимость.

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

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

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

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

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

ξ_B - коэффициент использования ширины захвата:

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

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

V_P - рабочая скорость, м/с;

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

P_f - сила сопротивления перекачиванию трактора, Н;

φ - коэффициент сцепления колес с почвой;

f - коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора.

Из формулы определения сменной производительности видно, что мощность на крюке связана с мощностью двигателя:

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

где N_i - текущее значение мощности двигателя, кВт;

- тяговый коэффициент полезного действия трактора;

- коэффициент использования времени смены.

Таким образом, исходя, из вышеприведенных формул можем сделать вывод, что чем больше масса трактора и мощность его двигателя, тем больше производительность агрегата, а значит составляющие суммарных энергозатрат - на изготовление, капитальный и текущий ремонты и техническое обслуживание трактора уменьшаются.

В то же время будут снижаться и энергозатраты на управление агрегатом, через топливо и через урожай, потерянный из-за нарушения агросрока выполнения операции, что видно из формул:

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

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

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

$$\mathcal{E}_{ТСМ} = q \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_o T_o}{W}, \quad (1.9)$$

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

T_p, T_x, T_o - время смены соответственно на рабочий ход, холостые переезды и холостую работу двигателя на остановках, ч;

q - энергоемкость и содержание энергии в 1 кг топлива, МДж/кг.;

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

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

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

где Y - планируемая урожайность, кг/га,

Δy - потери урожая в % на 1 день нарушения агросрока работы;

N_i - число целых дней в N^1 ;

S_0 - объем работы на данной операции, га.

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

где N^1 - число дней необходимых для выполнения объема работы S_0 ;

n_{CM} - число смен в одном рабочем дне;

T_{CM} - продолжительность смены в часах.

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

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

где A - коэффициент пропорциональности, %·м/кН;

U_T - показатель, характеризующий уплотняющее воздействие движителей трактора на почву, кН/м;

$[U]$ - допустимый уровень уплотняющего воздействия движителей трактора, ниже которого не происходит снижение урожайности культур $[U] = 75$ кН/м.

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

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

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

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

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

U_j - уплотняющее воздействие движителей в j -м следе;

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

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

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

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

b - ширина движителя, м;

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

Итак, из теоретических исследований выявлено, что масса трактора и мощность его двигателя разносторонне влияют на величину составляющих суммарных энергетических затрат. При росте массы трактора одни составляющие суммарных энергетических затрат увеличиваются ($\mathcal{E}_{u.tr.}, \mathcal{E}_{пто}, \mathcal{E}_y$), а другие снижаются ($\mathcal{E}_{упр}, \mathcal{E}_{тсм}, \mathcal{E}_A$).

При увеличении мощности двигателя уплотняющее воздействие ходовой части трактора может, как возрасти, так и снизиться. Если с увеличением мощности двигателя растёт и масса трактора, то в этом случае возрастет и ширина захвата агрегата и уплотняющее воздействие агрегата на почву снизится, но одновременно увеличится максимальное давление на почву движителей.

Мощность двигателя трактора, так же как и масса трактора, на величину составляющих суммарных энергетических затрат влияет неоднозначно. При увеличении мощности двигателя одни составляющие

суммарных энергетических затрат могут как возрасти, так и уменьшиться ($\mathcal{E}_{u.tr}, \mathcal{E}_{pto}, \mathcal{E}_{tcm}, \mathcal{E}_y$), а другие снижаются ($\mathcal{E}_{upr}, \mathcal{E}_A$).

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

1.2 Вычислительные эксперименты с использованием математической модели машинно-тракторных агрегатов.

С использованием разработанной энергетической математической модели посевных агрегатов были проведены вычислительные эксперименты для выявления оптимальных основных параметров трактора, работающего в составе с сеялками от различных производителей и имеющих различные рабочие органы (однодисковые, двухдисковые, культиваторные, долотообразные, анкерные). Результаты оптимизации основных параметров трактора в составе посевного комплекса типа Agromaster (с культиваторными сошниками) для наиболее распространенных условий работы этих агрегатов – площадь поля 100 га, удельное сопротивление почвы рабочим органам сеялки 4 кН/м, объем работы 1000 га, приведены на рисунке 1.

Исходные данные для расчета - посевной комплекс Агромастер:

Площадь поля, га. =100

Длина гона, км. =1

Расстояние переезда, км. =3

Плотность семян, кг/м³ = 800

Коэффициент прочности несущей поверхности = 1

Объем работы, га = 1000

Количество тракторов выполняющих операцию = 1

Число часов работы в сутки = 14

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

Давление в шинах (от 0,08 до 0,2), МПа = 0.16

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

Коэффициент сцепления колес с почвой = 0.6

Коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора = 0.16

Коэффициент распределения сцепного веса на ведущие колеса = 1

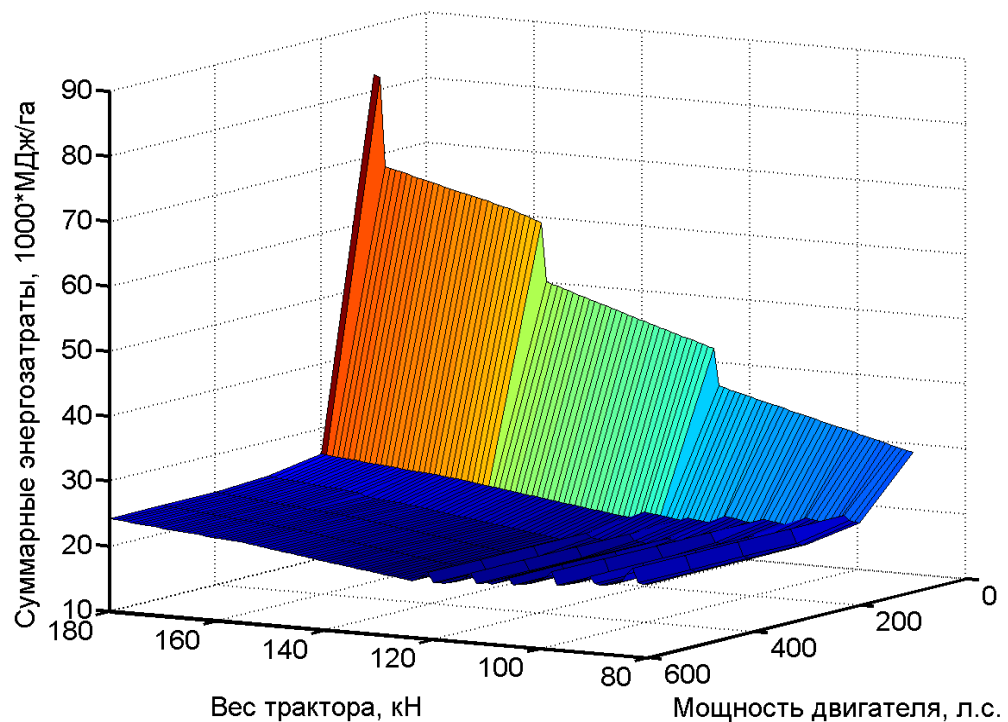


Рисунок 1 – Изменение суммарных энергетических затрат
от соотношения веса и мощности двигателя трактора

Результаты расчетов:

Ширина захвата $V_{opt} = 16$ м;

Рабочая скорость $V_{opt} = 12$ км/ч;

Вес трактора $G_{\text{тиopt}} = 129 \text{ кН}$;

Мощность двигателя $N_{\text{еopt}} = 336 \text{ кВт (457 л.с.)}$;

Суммарные энергозатраты $E_{\text{min}} = 10017 \text{ МДж/га}$

Из рисунка видно, что имеется оптимальное сочетание веса трактора и мощности его двигателя (при соответствующих оптимальных значениях скорости и ширины захвата агрегатов).

Проверим их устойчивость в разных условиях работы. Результаты расчетов приведены на рисунках 2-5.

На рисунке 2 приведены расчетные данные по выявлению влияния давления в шинах колес на оптимальные параметры трактора, работающего в составе с сеялкой типа Agromaster.

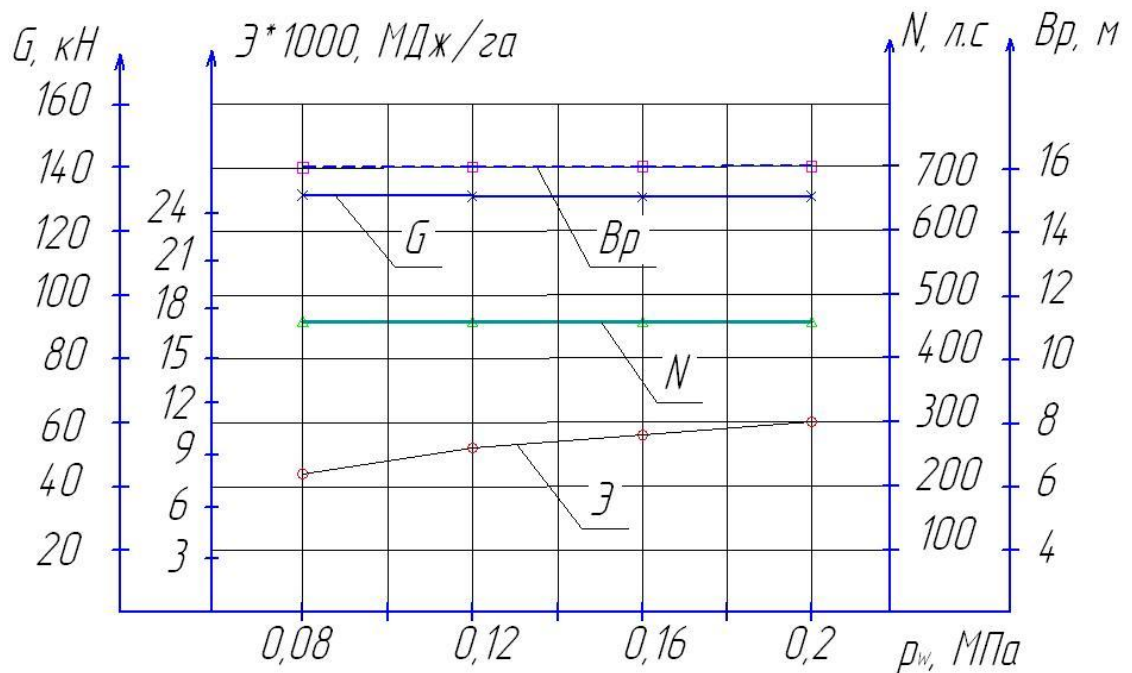


Рисунок 2 – Влияние изменения давления в шинах трактора на оптимальные значения основных параметров посевного агрегата с посевным комплексом Agromaster и его суммарные энергозатраты

Оптимальные значения основных параметров трактора находятся в пределах: вес – 129 кН, а потребная мощность двигателя трактора – в пределах 336 кВт (457 л.с.).

Оптимальная ширина захвата сеялки 16 м, оптимальная скорость 12 км/ч, а суммарные энергозатраты с увеличением давления в шинах колес растут от значения 8675 до 10688 МДж/га.

Как видно из рисунка 3 наблюдается влияние на оптимальное значение веса трактора сезонной нагрузки на агрегат. При ее росте с 500 до 750 га. оптимальный вес трактора вырос от 126 до 129 кН, при этом оптимальная потребная мощность двигателя возросла с 350 до 450 л.с. Причина такого явления в росте оптимальной скорости агрегата с 10 км/ч до 12 км/ч. Оптимальное значение ширины захвата сохраняется равной 16 м. Суммарные энергетические затраты с ростом сезонной нагрузки стабильно растут.

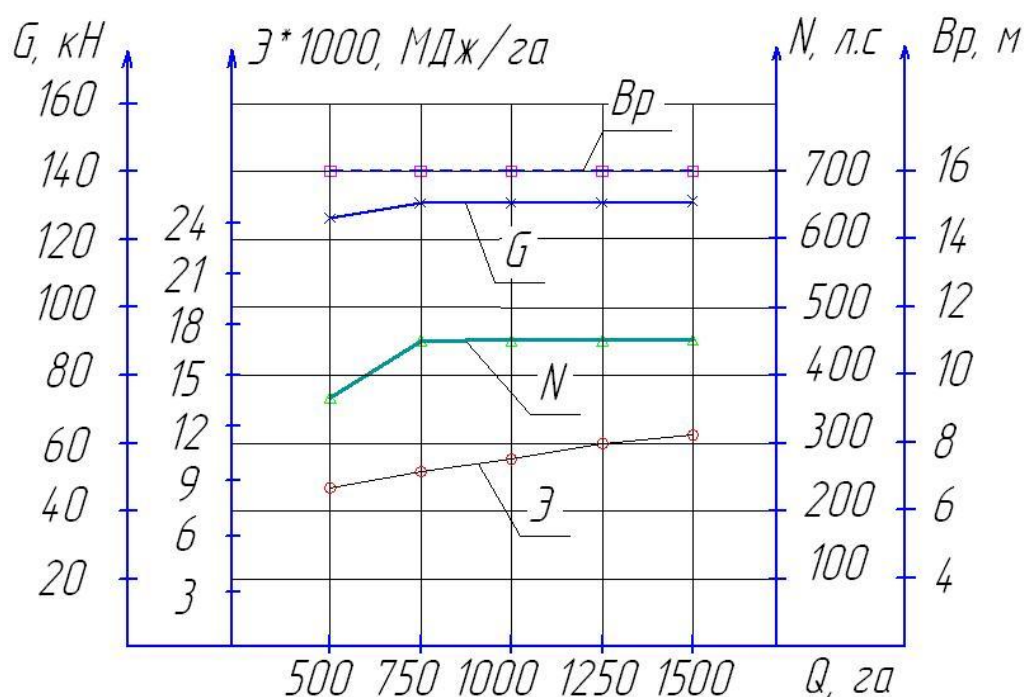


Рисунок 3 – Влияние изменения сезонной нагрузки на оптимальные значения основных параметров посевного агрегата с посевным комплексом Agromaster и его суммарные энергозатраты

При изменении допустимой рабочей скорости посевного агрегата с 8 до 14 км/ч (рисунок 4) оптимальный вес трактора изменяется от 124 до 130 кН, потребная мощность растет от 290 л.с. до 500 л.с. Это связано с повышением

сопротивления почвы рабочим органам посевного агрегата, увеличением затрат трактора на самоперекачивание. Оптимальная ширина захвата агрегата 16 м, а суммарные энергозатраты с ростом скорости снижаются от 10638 МДж/га до 9935 МДж/га.

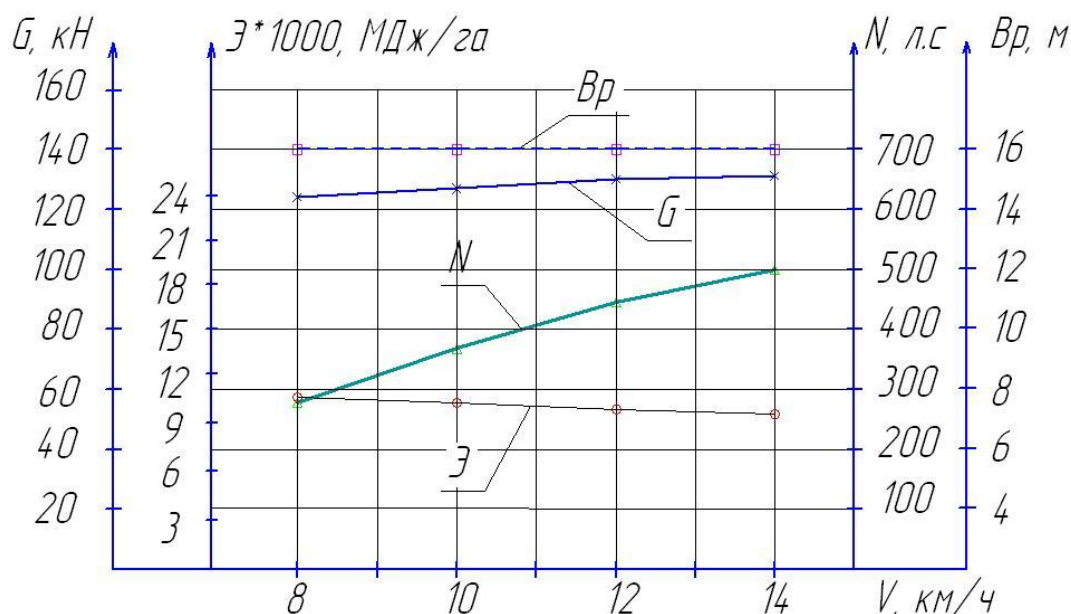


Рисунок 4 – Влияние изменения допустимой скорости перемещения на оптимальные значения основных параметров посевного агрегата с посевным комплексом Agromaster и его суммарные энергозатраты

Как видно из рисунка 1 с ростом значения удельного сопротивления почвы от 3,2 до 5,2 кН/м потребная оптимальная величина веса трактора увеличивается со 103 до 167 кН, а потребная оптимальная мощность его двигателя возрастает от 366 до 580 л.с.. Оптимальное значение ширины захвата агрегата остается неизменной, равной 16 м (это максимальная ширина захвата для данного типа сеялок). Скорость агрегата максимальная по агротехническим требованиям на качество выполнения операции – 12 км/ч.

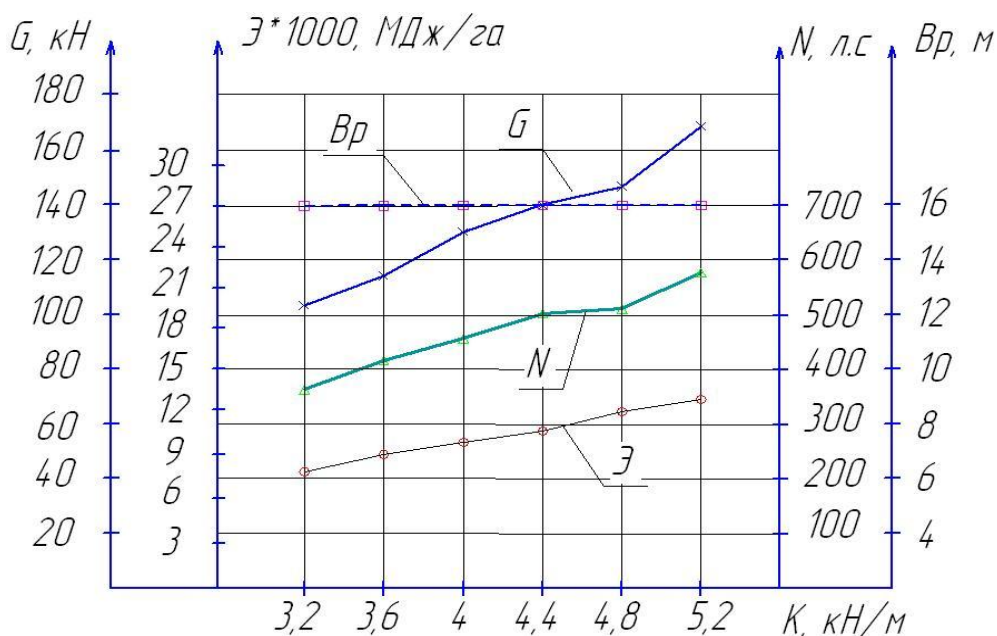


Рисунок 5 – Влияние изменения удельного сопротивления почвы на оптимальные значения основных параметров посевного агрегата с посевным комплексом Agromaster и его суммарные энергозатраты

Проведенный анализ позволил установить, что при выполнении посева зерновых культур существуют оптимальные сочетания веса трактора и мощности его двигателя. Вычислительные исследования показали, что оптимальные значения основных параметров трактора сохраняют стабильность при изменении давления в шинах трактора, сезонной нагрузки на агрегат, которые считаются важнейшими факторами влияющих на потери урожая зерновых культур. При увеличении рабочей скорости посевного агрегата суммарные энергетические затраты снижаются, однако требуют увеличения мощности двигателя трактора при относительном постоянстве веса трактора. Удельное сопротивление почвы рабочим органам посевного агрегата оказывает наибольшее влияние на вес трактора и мощность его двигателя. С ростом удельного сопротивления почвы стабильно повышаются потребный оптимальный вес трактора и мощность его двигателя. Суммарные энергетические затраты при этом увеличиваются.

Таким образом, в диапазоне удельного сопротивления почвы рабочим органам сеялки от 3,2 до 5,2 кН/м, оптимальное значение веса трактора для

посевных работ с комплексом типа Agromaster (с культиваторными сошниками) находится в пределах от 110 до 170 кН. Требуемая оптимальная мощность колеблется в пределах от 360 до 560 л.с. Оптимальная ширина захвата агрегата 16 м., оптимальная скорость агрегата 12 км/час.

Среди множества рассмотренных технических средств имеются трактора с параметрами, близкими к оптимальным. Например, трактор «Кировец» К-424 имеет вес 110 кН, двигатель мощностью 176,5 кВт (240 л. с.).

2 ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

Задание для расчета теоретической тяговой характеристики

- Тип ходовой части трактора – 4к4;
- Класс трактора: $P_{кр.ном}$ – 40-50 кН;
- Средняя рабочая скорость: $V_{ср}$ – 12 м/с;
- Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя: $n_{е ном}$ – 2300 об/мин;
- Удельный расход топлива: $g_{е ном}$ – 197 г/кВт·ч;
- Коэффициент C_1 для расчета характеристики двигателя: 0,8.

2.1 Расчет теоретической тяговой характеристики 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.

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 – $v_0, N_{кр}, \delta, \eta_{тяги} = f(P_{кр})$. Расчеты ведутся по данным [2].

Определение массы трактора.

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

Определим конструктивную массу:

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

где m_k – конструктивная масса, кг;

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

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

Принимая во внимание, что $P_{кр.ном} = 40000$ Н. Коэффициент использования массы при номинальном тяговом усилии для тракторов с колесной формулой 4к4 можно брать значения 0,40...0,50; $\varphi_{кр.ном} = 0,40$ находим

$$m_k = \frac{P_{кр.ном}}{\varphi_{кр.ном} \cdot 9,81} = \frac{40000}{0,40 \cdot 9,81} = 10194 \text{ кг}$$

Эксплуатационная (полная) масса:

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

где $m_э$ – эксплуатационная масса, кг;

m_k – конструктивная масса, кг;

Принимая во внимание, что $m_k = 10194$ кг находим

$$m_{\text{э}} = 10194 \cdot 1,12 = 11417 \text{ кг}$$

Определение параметров ходовой части:

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

$$G_{k1} = \frac{m_{\text{э}} \lambda_k 9,81}{2}, \text{ Н} \quad (2.3)$$

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

$m_{\text{э}}$ – эксплуатационная масса, кг;

λ_k – коэффициент распределения веса на ведущее колесо.

Принимая во внимание, что $m_{\text{э}} = 11417$ кг, $\lambda_k = 1$ находим

$$G_{k1} = \frac{11417 \cdot 1 \cdot 9,81}{2} = 56000 \text{ Н}$$

Зная, нагрузку на одно колесо из справочника по автотракторным шинам определяем шину. Для трактора подойдет шина 23,1'–26', где первая цифра ширина или высота профиля, а вторая – посадочный диаметр в дюймах.

Далее определим радиус ведущего колеса:

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

где 0,0254 – коэффициент перевода дюймов в метры;

d – посадочный диаметр в дюймах,

H – высота профиля в дюймах;

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

Принимая во внимание, что $d = 26$, $H = 23,1$ находим

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot 26 + 23,1 \cdot (1 - 0,12)] = 0,85 \text{ м}$$

Определим номинальную мощность двигателя.

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

С учетом сказанного:

$$N_{e ном} = \frac{v_{ср} (P_{кр.ном} + m_{э} f \cdot 9,81)}{1000 \cdot \eta_{тр}}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

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

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

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

$m_{э}$ – эксплуатационная масса, кг;

f – коэффициент сопротивления движению при работах в нормальных условиях;

$\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии трактора.

Принимая во внимание, что $v_{ср} = 3,3 \text{ м/с}$, $P_{кр.ном} = 40000 \text{ Н}$, $m_{э} = 11417 \text{ кг}$, $f = 0,15$; $\eta_{тр} = 0,89$ находим

$$N_{e ном} = \frac{3,3 \cdot (40000 + 11417 \cdot 0,15 \cdot 9,81)}{1000 \cdot 0,89} = 210,6 \text{ кВт}$$

Рассчитанная номинальная мощность двигателя не подходит рассчитанной мощности в программе MATLAB и его будет не хватать. Поэтому возьмём мощность, рассчитанную в программе, и она будет равняться 265 кВт.

Основные параметры двигателя.

К основным параметрам двигателя относятся: номинальные мощность – $N_{e\text{ ном}}$, крутящий момент – $M_{e\text{ ном}}$, часовой расход топлива – $G_{t\text{ ном}}$, удельный расход топлива – $g_{e\text{ ном}}$ и частота вращения коленчатого вала – $n_{e\text{ ном}}$.

Определим крутящий момент двигателя:

$$M_{e\text{ ном}} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_{e\text{ ном}}}{\pi \cdot n_{e\text{ ном}}}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.6)$$

где $M_{e\text{ ном}}$ – крутящий момент двигателя, Н·м;

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

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

Принимая во внимание, что $N_{e\text{ ном}} = 265 \text{ кВт}$, $n_{e\text{ ном}} = 2300 \text{ об/мин}$ находим

$$M_{e\text{ ном}} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_{e\text{ ном}}}{\pi \cdot n_{e\text{ ном}}} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 265}{3,14 \cdot 2300} = 1100,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим номинальный часовой расход топлива:

$$G_{t\text{ ном}} = \frac{g_{e\text{ ном}} N_{e\text{ ном}}}{1000}, \text{ кг/ч} \quad (2.7)$$

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

$g_{e\text{ ном}}$ – удельный расход топлива, г/кВт·ч;

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

$$G_{t\text{ ном}} = \frac{g_{e\text{ ном}} N_{e\text{ ном}}}{1000} = \frac{197 \cdot 265}{1000} = 52,2 \text{ кг/ч}$$

Таким образом, все номинальные параметры определены. На трактора «Кировец» К-424 устанавливается двигатель ЯМЗ-53625. Приведем его основные технические данные:

- Тип - 4-х тактный, рядный с турбонаддувом;
- Число цилиндров, шт – 6;
- Способ смесеобразования - Непосредственный впрыск топлива;
- Диаметр цилиндра, мм – 105;
- Ход поршня, мм – 128;
- Рабочий объем, л - 6,65;
- Порядок работы - 1-5-3-6-2-4;
- Система охлаждения – жидкостная;
- Номинальная частота вращения, об/мин – 2300;
- Мощность номинальная, кВт – 176,5;
- Максимальный крутящий момент, Нм - 900;
- Удельный расход топлива, г/кВт·ч – 197.

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

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

$$n_{ex/x} = n_{e\text{ ном}} \cdot (1 + \delta_p), \text{ об/мин} \quad (2.8)$$

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

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

δ_p – степень неравномерности регулятора, $\delta_p = 0,07...0,09$.

Принимая во внимание, что $n_{e\text{ ном}} = 2300$ об/мин, $\delta_p = 0,08$ находим

$$n_{ex/x} = 2300 \cdot (1 + 0,08) = 2484 \text{ об/мин}$$

Определим величину расхода топлива:

$$G_{mх/х} = G_{mном} (0,25...0,30), \text{ кг/ч} \quad (2.9)$$

где $G_{mх/х}$ – величину расхода топлива, кг/ч;

$G_{mном}$ – номинальный часовой расход топлива, кг/ч;

Принимая во внимание, что $G_{mном} = 52,2$ кг/ч находим

$$G_{mх/х} = 52,2 \cdot 0,25 = 13,05 \text{ кг/ч}$$

Далее рассчитываем значения передаточных чисел трансмиссии трактора для каждой передачи:

$$i_{mp} = 0,105 \cdot \frac{n_{eном} \cdot 3,6 \cdot r_k}{v}, \quad (2.10)$$

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

r_k – радиус ведущего колеса;

v – скорость проектируемого трактора, км/ч.

Принимая во внимание, что $n_{eном} = 2300$ об/мин, $r_k = 0,85$

$$i_{mp1} = 0,105 \cdot \frac{2300 \cdot 3,6 \cdot 0,85}{6,06} = 121,9;$$

$$i_{mp2} = 0,105 \cdot \frac{2300 \cdot 3,6 \cdot 0,85}{8,35} = 88,5;$$

$$i_{mp3} = 0,105 \cdot \frac{2300 \cdot 3,6 \cdot 0,85}{11,7} = 63,1;$$

$$i_{mp4} = 0,105 \cdot \frac{2300 \cdot 3,6 \cdot 0,85}{14} = 52,8.$$

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

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

Для расчета теоретической тяговой характеристики с помощью ЭВМ необходимы следующие данные в таблице 2.2.1 для ввода их в ЭВМ. Эти данные уже рассчитаны. Некоторые значения возьмём от технической характеристики трактора «Кировец» К-424.

Таблица 2.1 – Данные, которые необходимо ввести в ЭВМ.

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение		Величина
		Обычное	в программе	
1.	Масса трактора, кг	m_{Σ}	М	11417
2.	Радиус ведущих колес, м.	r_k	R	0,85
3.	К.п.д. трансмиссии	η_{mp}	H4	0,89
4.	Малые обороты холостого хода	$n_{e \min}$	H1	700
5.	Номинальный обороты вала	$n_{e \text{ ном}}$	H2	2300
6.	Мах. Обороты холостого хода	$n_{ex/x}$	H3	2484
7.	Номинальный момент двигателя,	$M_{e \text{ ном}}$	M2	1100,8
8.	Мах. Момент двигателя, Н·м.	$M_{e \text{ max}}$	M3	1321
9.	Номинальный часовой расход	$G_{m \text{ ном}}$	G2	52,2
10.	Часов. расход на холост. ходу, кг/ч.	$G_{mx/x}$	G3	13,05
11.	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	$g_{e \text{ ном}}$	G4	197
12.	Коэффициент сопротивления	f	F	0,09
13.	Коэффициент сцепления на	φ	F1	0,7
14.	Коэффициент распределения веса	λ_k	L	1
15.	Коэффициенты для расчета буксования	a	A5	0,13
16.		b	B5	0,013
17.		c	C5	8
18.	Обороты двигателя при $M_{e \text{ max}}$.	n_o	H6	1400
19.	Номинальное усилие на крюке, Н.	$P_{кр. \text{ ном}}$	P	40000

Продолжение таблицы 2.1

20.	Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора	i_{mp1}	I1	121,9
21.		i_{mp2}	I2	88,5
22.		i_{mp3}	I3	63,1
23.		i_{mp4}	I4	50,5
		i_{mp4}	I4	52,8
		i_{mp5}	I5	52,8
		i_{mp6}	I6	52,8
		i_{mp7}	I7	52,8
		i_{mp8}	I8	52,8
		i_{mp9}	I9	52,8
24.	Начальное значение усилия на	$P_{кр.нач}$	P1	10
25.	Номинальная мощность; кВт	$N_{e ном}$	N2	265
26.	Коэффициент C_1	C_1	C1	0,8
27.	Коэффициент $C_2 = 2 - C_1$	C_2	C2	1,2

После ввода данных в ЭВМ программа начинает рассчитывать.

Тяговая характеристика трактора по передачам

Введите марку прототипа	K-424	Коэф. а	0,13	Колесный 4*4
Масса трактора, кг	11417	Коэф. b	0,013	Колесный 4*4
Радиус ведущих колёс, м	0,85	Коэф. с	8	Колесный 4*4
КПД трансмиссии	0,89	Введите число передач	9	
Мин. част. вр. х/х кол.вала дв., об/мин	700	Част. вращ. к. в. двиг. при Me.макс., об/мин	1400	
Номин. част. вр. кол.вала дв., об/мин	2300	Номин. усилие на крюке, Н	40000	
Макс. част.вр. х/х кол.вала дв., об/мин	2484	Передаточное число 1-й передачи	121,9	
Номин. момент двигателя, Н*м	1100,8	Передаточное число 2-й передачи	88,5	
Макс. момент двигателя, Н*м	1321	Передаточное число 3-й передачи	63,1	
Номин. часовой расход топлива, кг/ч	52,2	Передаточное число 4-й передачи	52,8	
Часовой расход на х/х, кг/ч	13,05	Передаточное число 5-й передачи	52,8	
Удельный расход топлива, г/(кВт*ч)	197	Передаточное число 6-й передачи	52,8	
Коэф. сопр-я дви-ю	0,09	Передаточное число 7-й передачи	52,8	
Коэф. сц-я х/ч с почвой	0,7	Передаточное число 8-й передачи	52,8	
Коэф. распр. веса на ведущие колёса	1	Передаточное число 9-й передачи	52,8	
Введите ФИО...	Садартинов Альберт Аликов	Начальное значение усилия на крюке, Н	10	
		Номинальная мощность, кВт	265	
		Коэф. C1	0,8	
		Коэф. C2 = 2 - C1	1,2	
		Введите номер группы.....	C251-0	

Методические рекомендации Справочный материал Рассчитать и напечатать

Рисунок 2.1 – Окно ввода данных для расчета тяговой характеристики, проектируемого трактора

По результатам расчетов машина выдает распечатку, где правые 5 колонок – это данные по двигателю:

- Н – n_e , об/мин;
- N – N_e , кВт;
- M1 – M_e , Н·м;
- G – G_m , кг/ч;
- G1 – g_e , г/кВт·ч.

Следующие 6 – это параметры трактора:

- P – $P_{кр}$, Н;
- B – δ ;
- V1 – v_δ , м/с;
- N1 – $N_{кр}$, кВт;
- G5 – $g_{кр}$, г/кр·кВт·ч;
- H5 – $\eta_{тяг}$.

Все эти значения для 9 передач приведены в приложении Б.

По этим данным построим теоретическую тяговую характеристику проектируемого трактора, которой представлен на рисунке 2.2.

ТЯГОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТИРУЕМОГО КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

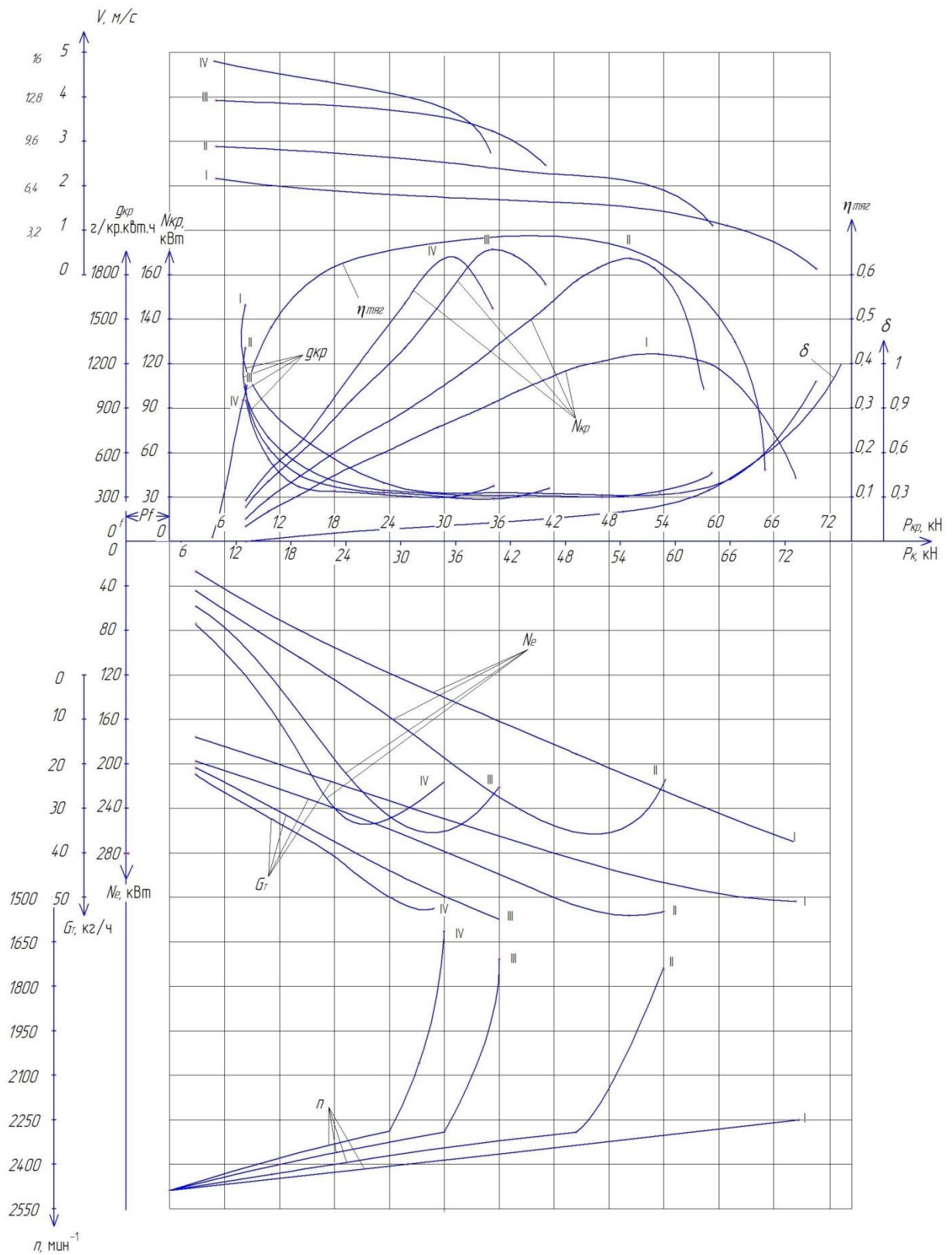


Рисунок 2.2 – Теоретическая тяговая характеристика проектируемого трактора

3 ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАКТОРА

За основу проектируемого трактора был взят уже существующий трактор «Кировец» К-424, который представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – «Кировец» К - 424

«Кировец» К-424 сельскохозяйственный трактор общего назначения 4-го тягового класса, полноприводный, с шарнирно-сочлененной рамой. К-424 занимает многообещающую нишу на рынке агротехники, и призвана повторить успех знаменитого трактора Т-150, который выпускался во времена СССР [18]. Несмотря на свои малогабаритные размеры, трактор может использоваться в крупных сельскохозяйственных и лесных хозяйствах. Техника пользуется высоким спросом у крупных землевладельцев и агрохолдингов. Это довольно-таки доступный и универсальный трактор с хорошей ремонтопригодностью, доступными

запасными частями и комфортным сервисным обслуживанием. В сельском хозяйстве «Кировец» эффективно справляется с окучиванием и культивацией почвы, боронованием вспашкой, а также принимает активное участие в посеве зерновых и овощных культур.

Под капотом трактора «Кировец» К-424 находится современный экономичный и тихий дизельный двигатель «ЯМЗ-53625». Это шестицилиндровый мотор с рядным расположением цилиндров, жидкостного охлаждения с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха, с электронным впрыском (экологический стандарт STAGE III a).

Конструкторы трактора «Кировец» К-424 позаботились и о комфорте и безопасности водителя. Кабина полностью сделана из металла со встроенным защитным каркасом, имеет два места. Для комфортной работы водителя в кабине имеется вентиляция и кондиционер, а также тонированные стекла с теплопоглощением. Кабина имеет одну входную дверь с левой стороны.

Эскизная компоновка проектируемого трактора приведена на рисунках 3.2, 3.3.

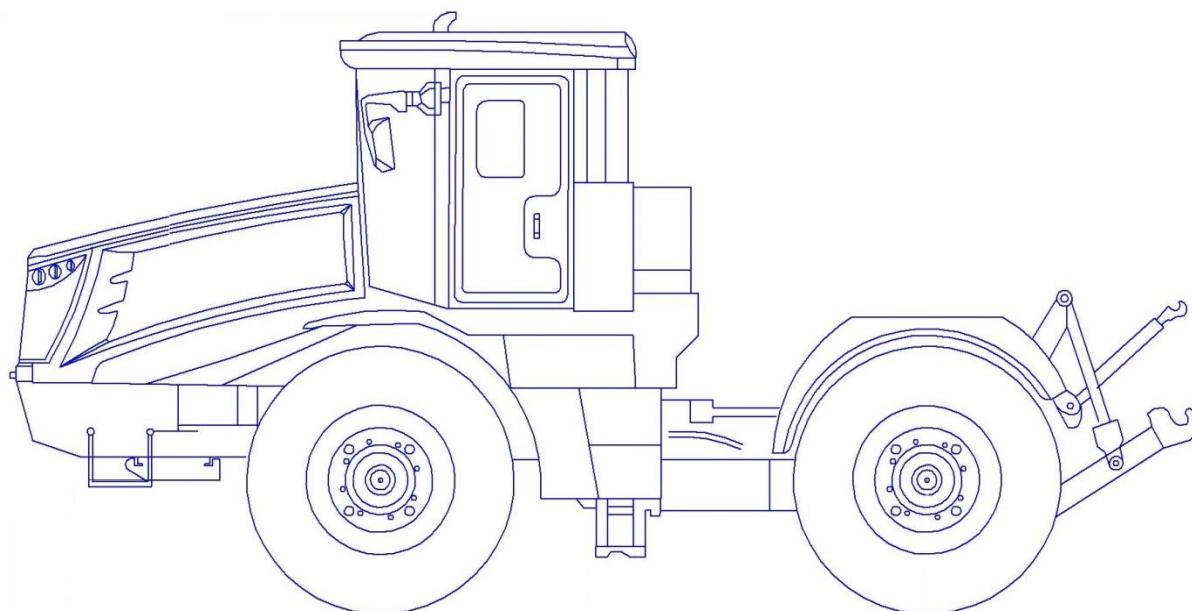


Рисунок 3.2 - Эскизная компоновка проектируемого трактора, вид слева

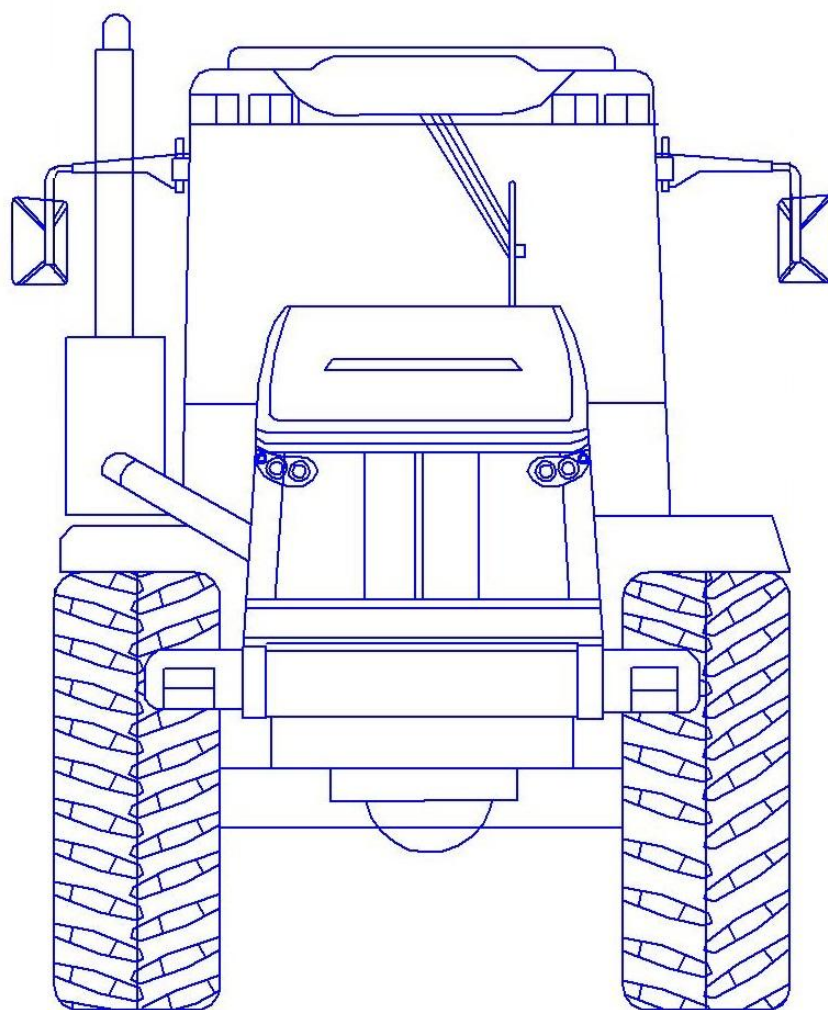


Рисунок 3.3 – Эскизная компоновка проектируемого трактора, вид спереди

**4 РАЗРАБОТКА ВСТРОЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ
КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ**

4.1 Неисправности кривошипно-шатунного механизма двигателя

В период эксплуатации тракторов изменяются главные показатели их работ: качество выполнения технологических процессов и операций, надежность, производительность и экономичность. Происходит это главным образом из-за нарастания износов трущихся поверхностей деталей, нарушения правил эксплуатации и технического сервиса. Износы и нарушения регулировок приводят к снижению мощности двигателей, эффективности машин и агрегатов, увеличению удельного расхода топлива, что приведет в свою очередь к повышению стоимости работ, увеличению сроков их выполнения и, в конечном счете, недобор продукции [11, 19].

Неисправности кривошипно-шатунного механизма – одни из самых серьезных неисправностей двигателя. Так как их устранение очень трудоемкий и дорогостоящий процесс. К признакам неисправностей относятся: появление посторонних стуков и шумов, падение мощности двигателя, повышенный расход масла, перерасход топлива, появление дыма в отработанных газах, а так же уменьшение компрессии в цилиндрах.

Поступление грязи в двигатель является одной из наиболее частых причин преждевременного износа кривошипно-шатунного механизма двигателя. Из-за поступления грязи в цилиндры двигателя в первую очередь страдают поршневые кольца. Существует две основные причины повреждения от грязи:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата										
					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ									
					Лист	№ докум.		Подп.	Дата					
					Разраб.	Садартинов				Разработка встроенной диагностики кривошипно- шатунного механизма двигателя				
					Пров.	Хафизов К.А.								
					Реценз.									
					Н.контр.									
					Утв.	Хафизов К.А.								
					Лит.	Лист		Листов						
					Д	1		19		КГАУ гр. С251-07				

Первая причина это проникновение грязи в цилиндры двигателя с впускным воздухом. Это всегда происходит, когда обслуживание воздушного фильтра выполняется неправильно. Если трактор движется без воздушного фильтра или если во впускной системе есть утечка, то грязь попадает в камеру сгорания. Грязь в камере сгорания попадает в канавки поршневых колец, где она соединяется с маслом с образованием абразивной пасты. Высота поршневых колец в этом случае снижается, а канавки поршневых колец расширяются. Износ, вызванный загрязнением, в основном действует на боковые стороны поршневых колец в осевом направлении. В радиальном направлении (на поверхности скольжения) кольцо также изнашивается из-за возникающего смешанного трения. Грязь, которая состоит в основном из мелкого песка, в сочетании с вращением колец и качающимся движением поршня царапает характерные узоры в сторону кольца.

Грязь все еще находится в масляном контуре в результате предыдущего повреждения, плохо выполненного ремонта или восстановления. Затем грязь начинает изнашиваться на стенках цилиндров и поршнях. Частицы грязи также попадают во все позиции подшипников в двигателе через загрязненные масляные контуры. Хотя масло фильтруется через масляный фильтр, масляный контур часто очищается неправильно. Грязь, которая уже находится на чистой стороне масляного контура, достигает положений подшипника и приводит к преждевременному износу или повреждению.

После повреждения из-за грязи, повреждение и износ, вызванные затоплением топливом, являются второй наиболее распространенной причиной повреждения поршневых колец. В случае затопления топлива масляная пленка на стенке цилиндра стирается настолько сильно, что поршневые кольца трутся о металл по металлу, о стенку цилиндра и быстро теряют радиальную толщину стенки. Металлический контакт между поршневыми кольцами и стенкой цилиндра может происходить только на короткое время и в исключительных случаях (например, при холодном

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						2
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дата		

пуске). Срок службы поршней, поршневых колец и гильзы цилиндров значительно снижается. В нормальном состоянии взаимодействующие скользящие части всегда отделены от металлического контакта масляной пленкой. Следовательно, здесь масляная пленка должна быть толще неровностей на поверхностях взаимодействующих скользящих частей.

Во время работы двигателя неисправности сгорания часто приводят к накоплению и конденсации топлива на стенке цилиндра. В этом случае масляная пленка истончается или смывается. В результате сухого трения поршневые кольца полностью изнашиваются в течение нескольких тысяч километров. Производительность падает, а потребление масла возрастает.

Следующей часто встречающейся неисправностью кривошипно-шатунного механизма является износ коренных и шатунных подшипников.

Основная функция подшипников двигателя заключается в поглощении и передаче силы между деталями, которые движутся по отношению друг к другу. Силы трения в них должны сводиться к минимуму, так как это позволит осуществлять вращательное движение практически без износа. Во время движения в каждом подшипнике создаются силы трения, которые препятствуют вращательному движению и тем самым генерируют тепло. Чтобы уменьшить эти силы трения и рассеять тепло, необходимо иметь смазочную пленку между подшипником и цапфой вала. Без этой смазки возникнет сухое трение, что в свою очередь вызовет износ и разрушение подшипников.

Мусор, в виде грязи или пыли, также может привести к значительным повреждениям поверхности подшипника. Поэтому всегда нужно тщательно промывать систему смазки перед сборкой двигателя. Еще один способ, которым грязь может нанести ущерб, это если компоненты двигателя не совсем чисты. Инородные частицы, попавшие между задней частью подшипника и корпусом, вызовут увеличение площади в подшипнике. И этот небольшой горб может привести к контакту между подшипником и шейкой

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						3
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		

кривошипа. Поэтому всегда необходимо убедиться в том, что подшипники установлены на чистых поверхностях.

Полное отсутствие смазки в картере двигателя обычно приводит к заклиниванию подшипника и полному отказу работы двигателя. Однако частой проблемой является просто недостаточная смазка. Отсутствие надлежащей масляной пленки приведет к контакту металла с металлом. Очень блестящая поверхность на подшипнике будет свидетельствовать о вытирании материала покрытия подшипника, которая возникла из-за масляного голодания. Заблокированные масляные каналы, неисправный масляный насос, неправильный выбор или установка подшипника, отказы сальника являются самыми часто встречающимися причинами возникновения масляного голодания.

Практически все неисправности кривошипно-шатунного механизма могут быть диагностированы по внешним признакам, а также при помощи простейших приборов: стетоскопа и компрессометра, которые приведены на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1- Приборы для диагностики КШМ (слева направо: стетоскоп, компрессометр).

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		4

При помощи стетоскопа прослушиваются стуки в двигателе. Стуки и шумы в двигателе возникают в результате износа основных деталей кривошипно-шатунного механизма двигателя и появления увеличенных зазоров между сопряженными деталями. Компрессометром измеряют давление (компрессию) в цилиндре двигателя. По величине этого давления, можно судить об износе деталей цилиндропоршневой группы, и об оставшемся ресурсе двигателя.

4.2 Литературный анализ существующих конструкций диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя.

Для диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя разрабатываются как встроенные диагностические системы, так и стенды. Например, рассмотрим изобретение по патенту РФ 77962 U1 [7]. Устройство относится к области машиностроения, а именно моторостроения и может быть использовано для диагностирования цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания.

Целью создания предлагаемой полезной модели является обеспечение возможности одновременного диагностирования при неработающем двигателе цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма с воспроизведением близкого к реальному циклу нагружения деталей без разборки двигателя.

Для достижения поставленной цели решается задача - разработать устройство, простое по конструкции и позволяющее обеспечить одновременное диагностирование при неработающем двигателе цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма с воспроизведением близкого к реальному циклу нагружения деталей.

Указанная задача решается тем, что в устройстве, включающем одноцилиндровый компрессор, трубопровод, соединяющий полость компрессора с полостью диагностируемого цилиндра, впускной наконечник с

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						5
Изм.	Лис	№ доквм.	Подпи	Дат		

датчиком давления, датчик ускорения вибрации и измерительный прибор с блоком питания, компрессор выполнен без клапанов. Трубопровод снабжен краном для сообщения с атмосферным давлением, в качестве измерительного прибора использован аналого-цифровой преобразователь, соединенный с персональным компьютером с программным обеспечением для обработки поступающих сигналов. Объем цилиндра компрессора принимают равным или большим объема диагностируемого цилиндра, а компрессор снабжен приводом от регулируемого по частоте вращения двигателя.

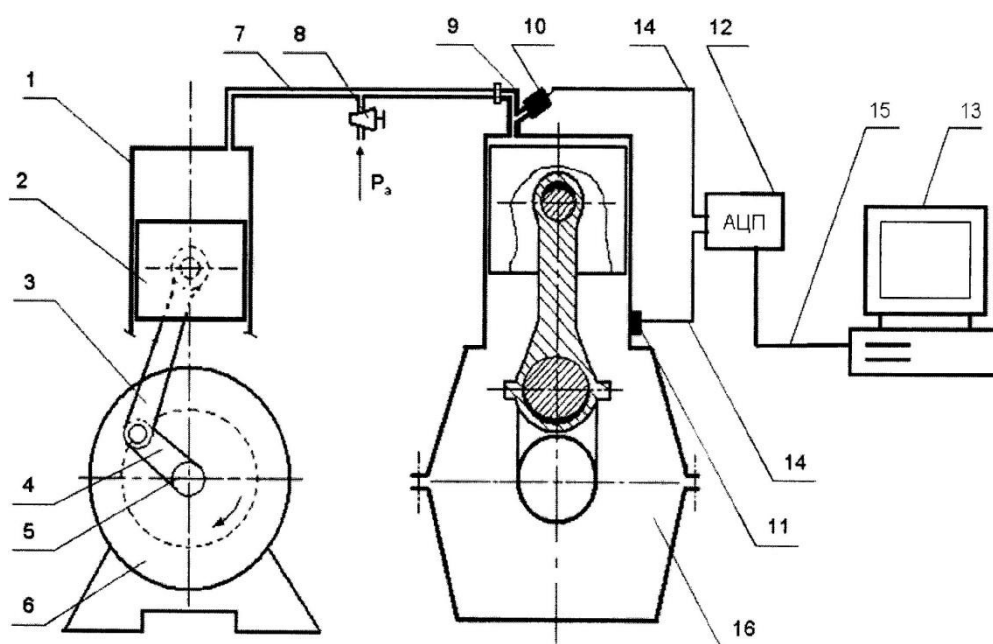


Рисунок 4.2 – Принципиальная схема устройство для диагностирования цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания

Устройство состоит из бесклапанного одноцилиндрового компрессора, включающего цилиндр 1, поршень 2 с компрессионными кольцами, изготовленными из маслостойкой резины (на чертеже не показаны), шатун 3 и кривошип 4, закрепленный на валу 5 регулируемого двигателя 6, трубопровод 7 с краном 8, впускной наконечник 9 с датчиком 10 давления, датчик 11 ускорения вибрации (акселерометр), аналого-цифровой преобразователь 12, персональный компьютер 13 с программным обеспечением, каналы 14 передачи сигнала с датчика 10 давления и датчика

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		
						6

11 ускорения вибрации на аналого-цифровой преобразователь 12 и канал 15 для передачи информации на персональный компьютер 13. Впускной наконечник 9 крепится в отверстие под свечу зажигания (в бензиновом двигателе) или топливную форсунку (в дизеле) диагностируемого двигателя 16. Датчик 11 ускорения вибрации размещается на блоке цилиндров диагностируемого двигателя 16. В качестве регулируемого двигателя 6 могут использоваться электродвигатель с изменяющейся частотой вращения вала, регулируемый гидронасос с гидромотором, двигатель внутреннего сгорания и т.п.

Устройство работает следующим образом.

В отверстие под свечу зажигания или топливную форсунку диагностируемого двигателя 16, поршень которого выставляется в верхнюю мертвую точку, закрепляется наконечник 9 с датчиком 10 давления, например, МИДА-ДИВ-13П, соединенный посредством трубопровода 7 с полостью над поршнем 2 компрессора. Поршень компрессора выставляют в среднее положение, равноудаленное от верхней и нижней мертвых точек, предварительно открыв кран 8 на трубопроводе 7, который закрывают после выравнивания давления в надпоршневых полостях компрессора и диагностируемого двигателя с атмосферным давлением. Датчик 11 ускорения вибрации, например, ВД 03 крепят на блоке диагностируемого двигателя с помощью магнита или с использованием резьбовых соединений картера. Датчик 10 давления и датчик 11 ускорения вибрации посредством каналов 14 соединяют с аналого-цифровым преобразователем 12, который соединяют каналом 15 с персональным компьютером 13. При включении двигателя 6 одноцилиндрового компрессора в пространстве над поршнем 2 диагностируемого двигателя 16 попеременно создается давление и разрежение по зависимости, близкой к синусоидальной, что характерно для работы поршневых двигателей. Давление и разрежение, зависящие от герметичности пространства над поршнем 2, и ускорение вибрации, характеризующее энергию соударений в изношенных сопряжениях

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ доквм.	Подпи	Дат		7

кривошипно-шатунного механизма, регистрируются, соответственно, датчиками 10 и 11, в виде электрических сигналов передаются по каналам 14 на аналого-цифровой преобразователь 12 и в виде цифровой информации по каналу 15 поступают на компьютер 13, где с помощью специальных программ преобразуются в соответствующие графические зависимости в координатах: давление (разрежение) - время; ускорение вибрации - время. На основе полученных зависимостей выполняется оценка изношенности цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма диагностируемого двигателя.

Рассмотрим следующее изобретение по патенту SU 1245901 A1 [8]. Изобретение относится к диагностике двигателей внутреннего сгорания и может быть использовано с двигателями различных размерностей. Цель изобретения - повышение эффективности.

Указанная цель достигается тем, что в устройстве для контроля двигателя внутреннего сгорания, содержащем по меньшей мере два электропневматических датчика давления, контрольный манометр с вентилем и штуцером и регистраторы, причем каждый датчик выполнен с электрическим контактом, полостью измеряемого давления и полостью сравниваемого давления и содержит перекидной элемент, размещенный между полостями, при этом полость сравниваемого давления связана с манометром, а электрические контакты датчиков - с регистратором, перекидной элемент выполнен в виде подпружиненного клапана, а полости сравниваемого давления датчиков объединены общей магистралью.

Кроме того, регистраторы могут быть выполнены в виде неоновых ламп, дросселей, источника напряжения и кнопки, причем электрический контакт каждого датчика подключен к соответствующей лампе, соединенной через свой дроссель и общую кнопку с источником напряжения.

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						8
Изм.	Лис	№ доквм.	Подпи	Дат		

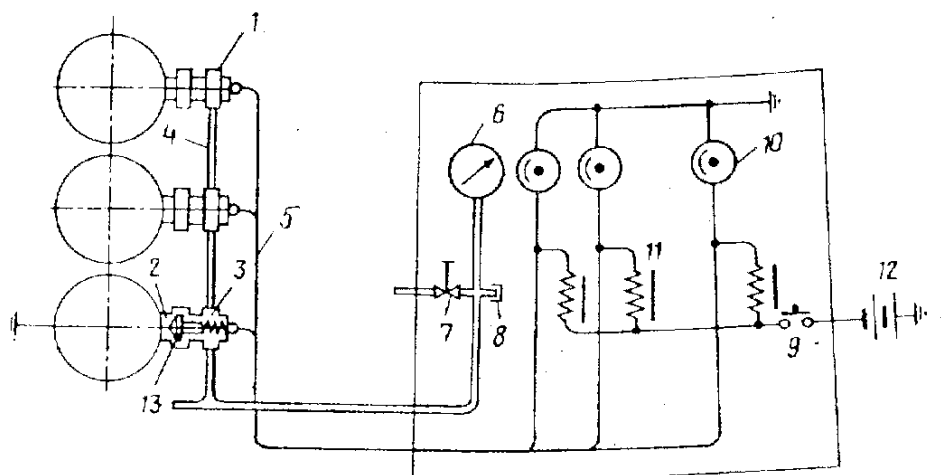


Рисунок 4.3 - Схема устройства для контроля двигателя автомобиля

Устройство содержит электропневматические датчики 1 давления, установленные в каждый цилиндр двигателя. Датчики содержат полость 2 измеряемого давления и полость 3 сравниваемого давления. Полости 3 соединены магистралью 4. К датчикам 1 подсоединена постоянно электропроводка 5. На панели щитка водителя установлены контрольный манометр 6 с вентилем 7 и штуцером 8, а также кнопка 9 и неоновые лампы 10. На обратной стороне панели установлены дроссели 11 и источник 12 напряжения между полостями 2 и 3 размещен перекидной элемент 13, выполненный в виде подпружиненного клапана.

Устройство работает следующим образом.

Одновременно с запуском Двигателя вступают в работу клапаны 13 датчиков 1 давления. Они подпружинены и при работе пропускают часть газа из цилиндра в магистраль 4, в которой быстро устанавливается средне-максиметрическое давление объединенных магистралью цилиндров.

Если при этом нажать кнопку 9 и подать электропитание на дроссели 11, то в момент переброски клапана 13 и разрыва электрической цепи будет вспыхивать неоновая лампа 10 соответствующего цилиндра.

На заводе-изготовителе, при сдаточных испытаниях с помощью прибора одновременной регистрации давления и системы противодействия на эксплуатационном режиме снимается диаграмма давления, и

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						9
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		

прикладывается с формуляром двигателя. В процессе эксплуатации моторист или водитель периодически включает дроссели и по загоранию неоновых ламп и показанию манометра наблюдает состояние работы цилиндров.

Лампы ведущих цилиндров с высоким давлением будут вспыхивать за каждый такт, лампы цилиндров со средним давлением будут давать пропуски вспышек, а лампы цилиндров с низким давлением вспышек не дадут. Эти цилиндры и представляют особый, интерес в эксплуатации - в них зарождается дефект.

Чтобы определить величину занижения давления, достаточно при включенных дросселях поднять нагрузку двигателя лампы 10, в первый момент заработают все, потом лампы цилиндров с низким давлением погаснут. В это время надо взглянуть на манометр 6 и зафиксировать давление в этих цилиндрах, а потом, когда давление по манометру установится, - определить разницу.

Если по условиям работы агрегата нет возможности такого варьирования нагрузкой (например, дизель-генератор в режиме постоянной длительной нагрузки) или требуется определить величину давления сжатия, то замер давления осуществляют путем плавного открытия вентиля 7 при включенных дросселях 11. Как только давление в магистрали 4 сравняется с максимальным давлением проверяемых цилиндров, их лампы начнут вспыхивать. Опыт постоянного контроля максимального давления двигателей показал высокую эффективность выявления дефектов топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы на ранней стадии их развития. Снижение давления в цилиндре на 5-8 кгс/см от средней величины дает безошибочное наличие зарождающегося дефекта. Величина максимального давления показывает также и общее состояние двигателя, степень его изношенности.

Предлагаемое устройство универсально. Для тех двигателей, у которых предусмотрена регулировка равномерности распределения нагрузки по цилиндрам, устройством можно пользоваться и при регулировке. Если же

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						10
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

имеется воздух высокого давления, то регистрацию давления можно вести прибором типа ЭРМ.

Рассмотрим еще одно изобретение по патенту РФ 73730 U1 [9]. Предназначен для безразборной диагностики состояния кривошипно-шатунного механизма (КШМ) в двигателях внутреннего сгорания. Содержит лазерный датчик перемещения, определяющий положение поршня диагностируемого цилиндра в верхней мертвой точке в статике и динамике. По результатам трех различных измерений определяют величину суммарного зазора и толщину масляной пленки между сопрягаемыми поверхностями деталей КШМ.

Перед заявленным устройством была поставлена задача, создать индикатор для безразборной диагностики состояния кривошипно-шатунного механизма, обладающий повышенной точностью и достоверностью, по удобству пользования подобный известному индикатору.

Поставленная задача решается тем, что предложен индикатор износа кривошипно-шатунного механизма ДВС, в канале легкоъемно монтируемого на двигателе корпуса которого установлен регистрирующий прибор, взаимодействующий с поршнем двигателя через камеру сгорания, и средство для принудительного сообщения последней с атмосферой.

Новым в предложенном индикаторе является то, что прибором служит лазерный датчик перемещения, а средство установлено на другом канале корпуса.

Технический результат заявленного устройства заключается в создании индикатора, позволяющего оперативно с высокой точностью и достоверностью определить степень износа в кинематической цепи сопрягаемых деталей кривошипно-шатунного механизма. В частности, испытания показывают, что точность измерений заявленным индикатором увеличилась на порядок.

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						11
Изм.	Лис	№ доквм.	Подпи	Дат		

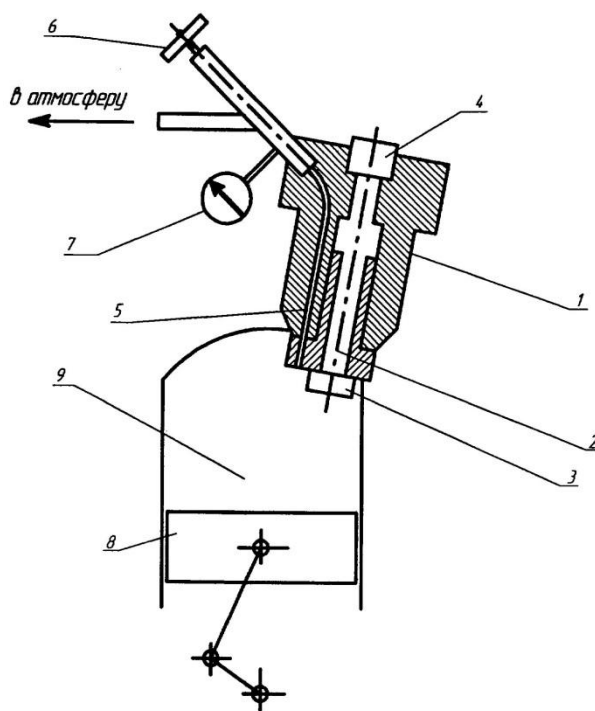


Рисунок 4.4- Схематичная конструкция бесконтактного индикатора, вид сбоку.

1- корпус, 2- лазерный датчик, 3- считывающее устройство, 4- электронный дисплей, 5- канал, выходящий в атмосферу, 6- запорный клапан, 7- манометр, 8- поршень, 9-камера сгорания.

Рассмотрим последнее изобретение по патенту SU 1046643 [10]. Целью изобретения является повышение точности диагностики состояния шатунных подшипников поршневых машин за счет вибрации от газовых сил.

Способ осуществляют следующим образом. На диагностируемую поршневую машину устанавливают измерительный преобразователь (1) давления в цилиндре и измерительный преобразователь (2) вибрации. Измерительные преобразователи (1) и (2) подключают через согласующие усилители (3) и (4) к синхронным анализаторам (5-6) спектра, выходы которых соединены с блоком выделения информативной части спектра. Состоящем из логических элементов (7), входы которых соединены с одноименными выходами анализаторов спектра (фильтрами одной частоты), и аналоговых ключей (8), входы которых соединены с выходами анализатора (6) спектра вибрации. Управляющие входы с выходами логических элементов, а выходы аналоговых ключей (выходы блока выделения

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						12
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

информативной части спектра) соединены с блоком (9) обработки, запускают поршневую машину и прогревают до достижения заданной температуры охлаждающей жидкости и масла в картере. Устанавливают частоту вращения коленчатого вала равной номинальной. Снимают значения спектральных составляющих в блоке обработки и по калибровочному графику определяют техническое состояние шатунных подшипников.

На рисунке 4.5 показана блок схема выделения информативной части спектра диагностического сигнала.

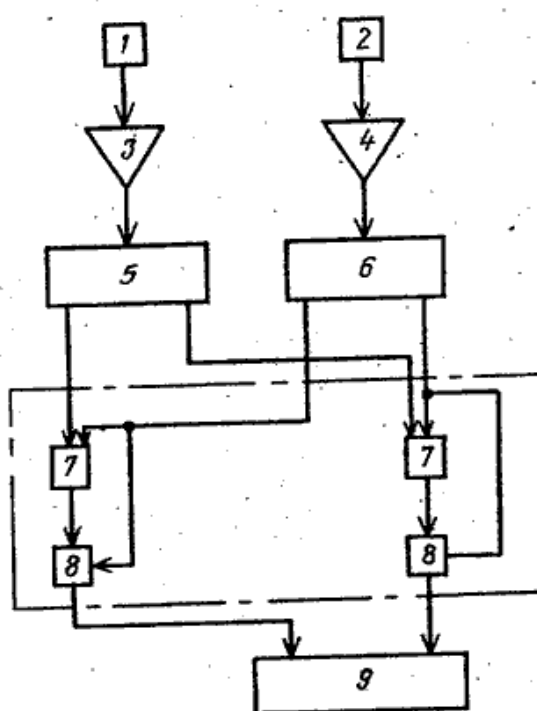


Рисунок 4.5 – Блок схема

1- Измерительный преобразователь давления, 2- измерительный преобразователь вибрации, 3, 4 - усилители, 5,6 – синхронные анализаторы спектра, 7- логические элементы, 8- аналоговые ключи, 9-блок обработки.

Применение способа позволяет существенно повысить точность диагностики.

На основании проведенных исследований литературных данных можно сделать вывод, что на сегодняшний день существует много разработок по диагностике кривошипно-шатунного механизма двигателя. Однако все они

предполагают проведение диагностики в условиях передвижной или стационарной мастерской. Такие диагностики невозможно провести на ходу и в полевых условиях. Следовательно, тема для выпускной квалификационной работы является актуальной.

4.3 Проектирование встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя разрабатываемого трактора

Структурная схема встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя приведена на рисунке 4.6



Рисунок 4.6 – Структурная схема встроенной диагностики

Кривошипно-шатунный механизм является одним из важнейших механизмов двигателя (КШМ). КШМ служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршня, во вращательное движение коленчатого вала двигателя. Механизм состоит из поршней с поршневыми кольцами, поршневого пальца, шатуна, коленчатого вала, маховика и блока цилиндров. Упомянутые элементы образуют трибологическую пару – подшипники скольжения. Во всех трибологических парах, за исключением коренных подшипников, происходит возвратно-поступательное или колебательное

движение. Большая нагрузка парных элементов, которая является результатом очень большого максимального рабочего давления, и относительной скорости с временными нулевыми значениями, делают трибологические условия в таких парах крайне сложными. Износ этих пар может привести к поломке трактора в самый разгар сезона работ.

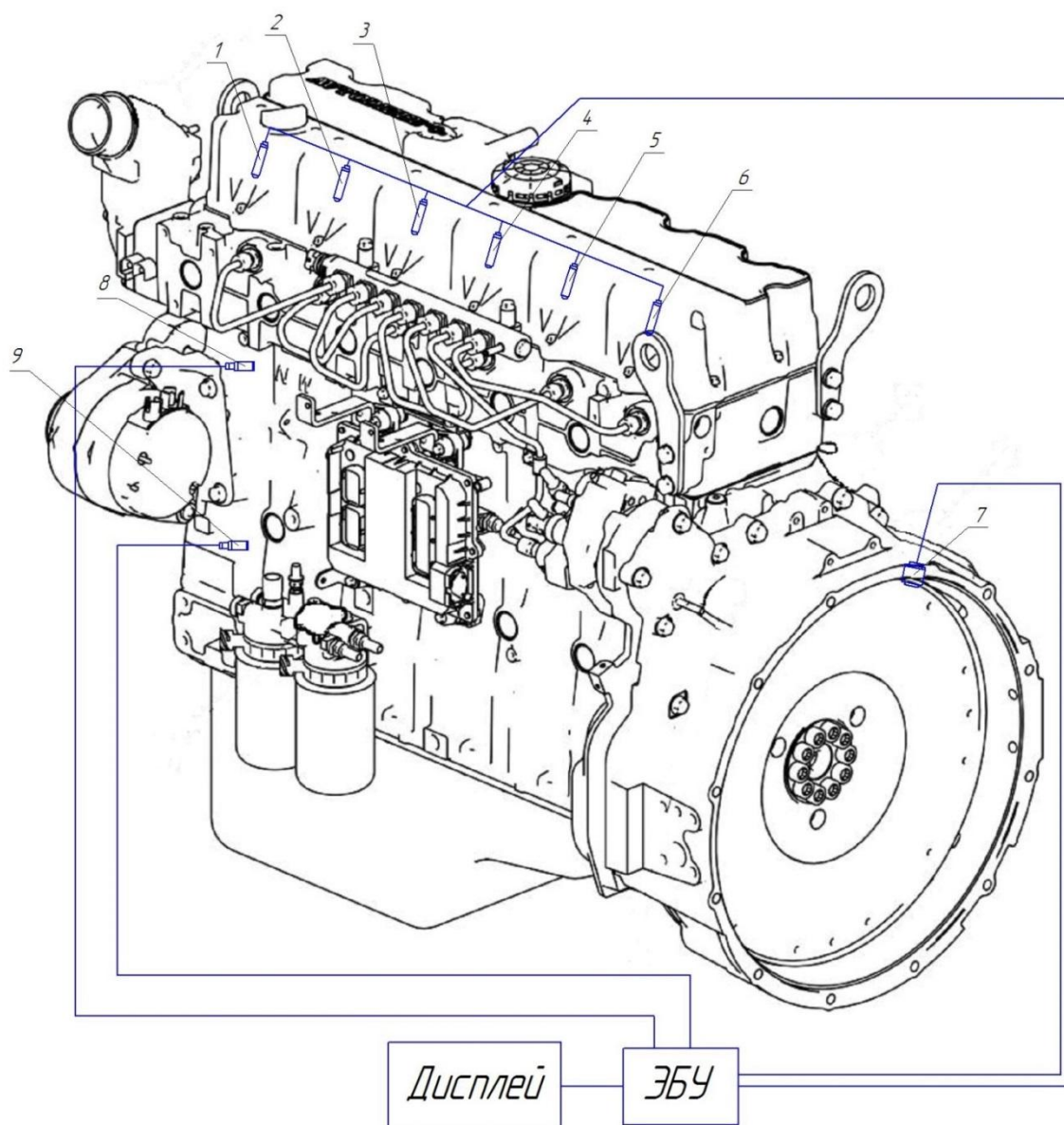


Рисунок 4.7 – Места расположения датчиков на двигателе

1,2,3,4,5,6 – датчики динамического давления EL-SCADA RAV 25; 7 - Датчик положения коленчатого вала двигателя Bosch DG-6; 8,9 – датчики вибраций КД612.

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		15

Установленные датчики вибрации (датчики 8,9) будут улавливать колебания (вибрации) в местах сопряжения поршня с шатуном, и шатуна с коленчатым валом. Вибрации, которые измерены около поршней, будут содержать информацию о состоянии соединения поршня с шатуном. По этим данным можно будет судить об износе поршневых подшипников. А второй датчик будет содержать информацию об износе кривошипных подшипников. Проанализировав данные с этих двух датчиков, можно будет судить об оставшемся ресурсе кривошипно-шатунного механизма двигателя.

Одним из самых действенных способов определения неисправностей кривошипно-шатунного механизма является способ, связанный с измерением величины давления, развиваемого поршнем в цилиндре в конце такта сжатия. Величина этого давления (компрессия) в цилиндрах исправного и отрегулированного двигателя, должна быть в пределах определенного диапазона значений, в зависимости от степени сжатия. Для дизельных двигателей оно колеблется в пределах 30-40 кгс/см². При помощи данных этих датчиков, мы сможем судить об общем износе деталей цилиндро-поршневой группы, а в первую очередь, об износе поршневых колец. Чем меньше компрессия, тем больше износ.

Для анализа процессов, происходящих в цилиндре двигателя внутреннего сгорания, требуются датчики давления с высокими техническими характеристиками в отношении линейности, частоты реакции и устойчивости к тепловым воздействиям. Исследования, сравнивающие датчики показали, что те которые имеют пьезоэлектрические кристаллы в качестве измерительных элементов, проявляли лучшую устойчивость к термическим воздействиям, чем на основе тензометра. По этой причине пьезоэлектрические датчики получили широкое распространение на измерения давления в цилиндре, в то время как датчики на основе тензометра, предпочтительнее используются в измерениях давления во впускных и выпускных коллекторах. Такие преобразователи способны

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		16

поддерживать высокие характеристики по частотному воздействию в широком диапазоне давлений. К недостаткам этих датчиков относится нестабильность базовой линии и низкая интенсивность выходного сигнала.

Выбор места, где будет установлен датчик давления, нужно отдавать предпочтение хорошо охлаждаемым областям головки цилиндров, и избегать тех мест, где тепловые напряжения могут вызывать деформации в корпусе датчика. Диафрагма датчика должна располагаться в соответствии с рекомендациями изготовителя (обычно с зазором 1,5-3 мм от внутренней поверхности головки). Важно отметить, что при выборе точки крепления следует избегать попадания струи топлива в диафрагму датчика.

Так же нам потребуется установить датчик положения коленчатого вала двигателя. Этот датчик будет определять момент такта сжатия, и передавать сигнал в электронный блок управления (ЭБУ).

4.4 Подбор датчиков

Будем использовать пьезоэлектрический датчик давления EL-SCADA RAV 25. Чувствительный элемент, которого выполнен на основе монокристалла фосфата галлия. Благодаря низкому уровню утечки сигнала, достигается линейность характеристики. Преобразователь обладает низкой зависимостью от температуры на всем частотном диапазоне [20].

Датчик обладает следующими техническими характеристиками:

Диапазон измерения динамического давления: 0...200 бар;

Рабочая температура: от -40°C до $+400^{\circ}\text{C}$;

Номинальная чувствительность: 5,3 пКл/бар;

Материал корпуса: нержавеющая сталь, герметично запаиваемая

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						17
Изм.	Лис	№ докум.	Подпи	Дат		

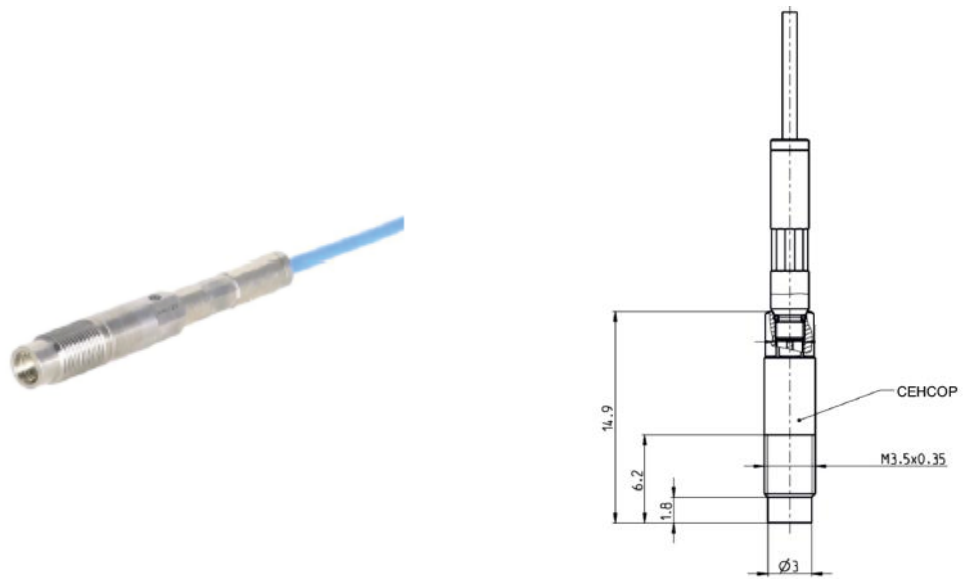


Рисунок 4.8 - Датчик динамического давления EL-SCADA RAV 25

В качестве датчика положения коленчатого вала двигателя (ДПКВ) был выбран продукт фирмы Bosch DG-6 0 261 210 006 индуктивного типа [23]. Состоит из цилиндрического корпуса с чувствительным элементом, вилки соединителя с тремя контактами, кабеля связи в экранированной оболочке, основание датчика с фланцем и отверстием крепления. Внешний вид датчика приведен на рисунке 4.9



Рисунок 4.9 – Датчик положения коленчатого вала двигателя Bosch DG-6 0 261 210 006

В качестве датчиков вибрации идеально подойдут пьезоэлектрические преобразователи. Выберем изделие фирмы ООО «Комдиагностика» КД612 [24]. Принцип действия, которого основан на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта, состоящего в появлении электрического

заряда на пластине, пропорционально ускорению, влияющий на вибропреобразователь.

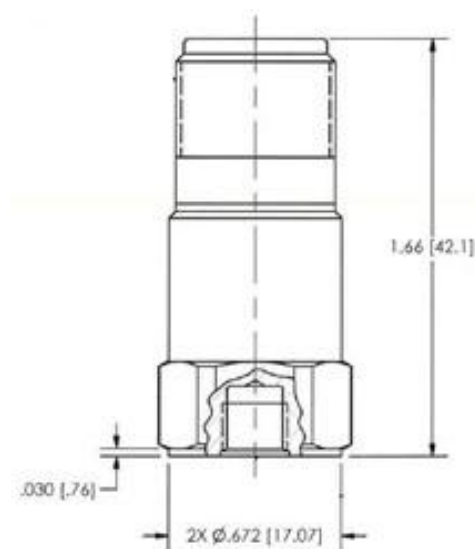


Рисунок 4.10 – Вибродатчик КД612

Технические характеристики датчика:

Диапазон рабочих частот: $0,7 \div 10 \text{ кГц}$

Диапазон измерений виброускорения: $0,1 \div 490 \text{ м/с}^2$

Максимальная рабочая температура: $+135^\circ \text{C}$

Габаритные размеры (диаметр $\times$ высота): $17 \times 42,1 \text{ мм}$.

					ВКР.23.05.01.117.20.00.00.ПЗ	Лис
						19
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРОНШТЕЙНА

Технология производства обеспечивает инструментами, которые позволяют производить все промышленные товары. Эти основные инструменты промышленности повышают усилия отдельных работников и дают нам возможность превращать сырье в доступные, качественные товары, необходимые для современного общества.

Производственные инструменты включают в себя станки и другое сопутствующее оборудование, а также их принадлежности и инструменты. Станки - это непереносимые механические производственные машины и системы, используемые для выполнения специальных операций над искусственными материалами для производства товаров длительного пользования или компонентов. Связанные технологии включают в себя систему автоматизированного проектирования и автоматизированное производство, а также системы сборки и тестирования для создания конечного продукта или под сборки.

5.1 Конструктивная схема кронштейна

Кронштейн служит для крепления к нему экрана диагностической системы и устанавливается в кабине трактора. Конструктивная схема кронштейна приведена на рисунке 5.1.

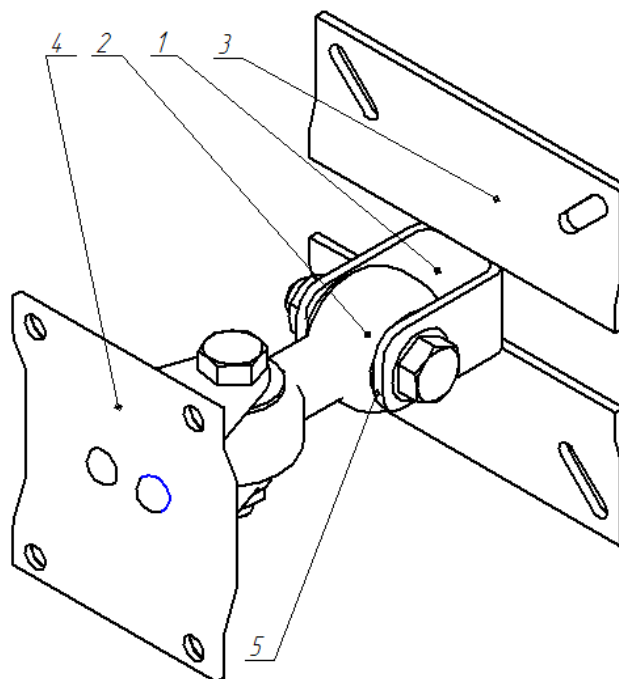


Рисунок 5.1 – Кронштейн для установки прибора диагностики

1 – вилка, 2 – вал осей шарниров, 3 – монтажный кронштейн, 4 – кронштейн прибора, 5 – шарниры.

При помощи шарниров 5 можно будет вращать установленное в кронштейн диагностическое устройство относительно двух плоскостей. Установочные отверстия монтажного кронштейна 3 позволяют установить кронштейн в сборе на различные поверхности в кабине трактора, например, на опорную стойку крыши кабины, что оставляет трактористу хороший обзор из кабины и одновременно позволяет видеть показания прибора. Габаритные размеры кронштейна составляют $45 \times 45 \times 57$ мм.

5.2 Расчеты крепежных соединений кронштейна

Рассмотрим кронштейн в разрезе и определяем характеристики основных крепежных соединений. Упрощённая схема кронштейна в разрезе представлена на рисунке 5.2

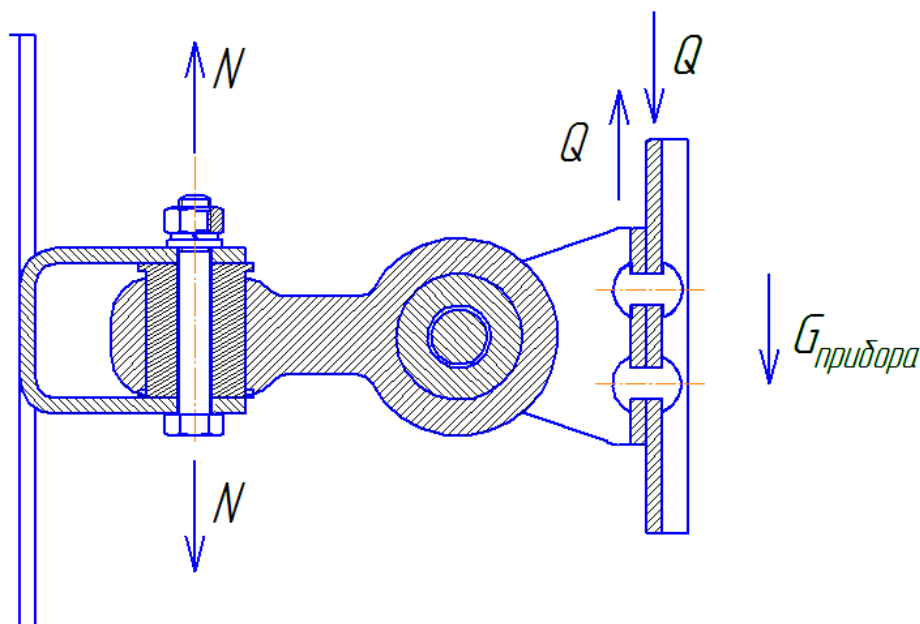


Рисунок 5.2 – Схема к расчету характеристик крепежных соединений

Под тяжестью веса прибора G , H , заклепки кронштейна подвержены влиянию усилий Q , работающих на срез. При этом болтовое соединение испытывает также осевую нагрузку N .

Расчет болтов, нагруженных осевой силой затяжки и моментом трения в резьбе ведут по эквивалентным напряжениям [21]:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \leq [\sigma], \quad (5.1)$$

где σ_p - напряжение растяжения от осевой силы затяжки болта,

$$\sigma_p = \frac{F_0}{A_p} = \frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot d_1^2}, \quad (5.2)$$

где A - площадь соединения, м^2 ;

F - сила, действующая на соединение, Н;

d - диаметр болта, м.

Напряжение кручения от момента трения в резьбе болта, м:

$$\tau_k = \frac{T_p}{W_p} = \frac{16 \cdot T_p}{\pi \cdot d_1^3}, \quad (5.3)$$

где T - крутящий момент, Н·м.

Расчет по формуле (5.1) для стандартной метрической резьбы показывает, что эквивалентное напряжение на 30% больше напряжения растяжения, т.е.

$$\sigma_{\text{экв}} = 1,3 \cdot \sigma_p \quad (5.4)$$

Это позволяет определять диаметр болта по эквивалентной силе, которая на 30% больше осевой силы затяжки:

$$F_{\text{экв}} = 1,3 \cdot F_0. \quad (5.5)$$

С учетом того, что в нашем случае соединения также нагружены силами Q в плоскости стыками, условие прочности запишется в виде [22]:

$$\tau = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_c^2 \cdot i \cdot Z} \leq [\tau], \quad Q \leq \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot i \cdot Z \cdot [\tau_{cp}], \quad (5.6)$$

d_c - диаметр стержня болта в опасном сечении;

Q - расчетная сдвигающая сила;

i - число стыков, сдвигаемых болтом;

$f = 0,15 \dots 0,2$ - коэффициент трения, для сухих чугуновых и стальных деталей.

Z - количество болтов;

$K_c = 1,5 \dots 2$ - запас сцепления (с целью предотвращения сдвига в пределах зазора между болтом и отверстием).

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

Исходные данные для расчета болтов:

Осевая нагрузка на болт $Q = 17,5 \text{ Н}$

Поперечная нагрузка на болт(-ы) $Q = 15 \text{ Н}$

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

Количество болтов: 1 шт.

Материал болта предварительно принимаем Сталь 20

Допускаемые напряжения для принятого материала будут [22]:

- на растяжение: 108 МПа

- на срез: 54 МПа

Диаметр резьбы болта принимаем равным 6 мм (ряд 1), т.е. М6.

Шаг резьбы болта принимаем равным 1 мм (крупный)

Марку стали гайки назначим Сталь 20

Допускаемое напряжение:

- на срез: 54 МПа

Высота гайки 6 мм

В соответствии с приведёнными в [22] данными имеем:

Диаметр резьбы по впадинам: $d_3 = 4,77$ мм.

Коэффициент полноты резьбы: болта: $K_1 = 0,75$; гайки: $K_1 = 0,875$.

Коэффициент деформации витков: $K_m = 0,6$.

Затяжку резьбового соединения будем производить без смазки, поэтому коэффициенты наличия смазки: $\zeta = 0,18$; $\zeta_1 = 0,37$.

Площадь сечения болта A определяется:

$$A_w = \frac{1}{4} \cdot \pi (d_3^2 - d^2) = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (4,77^2 - 0) = 17,9 \text{ мм}^2 \quad (5.7)$$

Площадь сечения тела болта A определяется:

$$A_D = \frac{1}{4} \cdot \pi (D^2 - d^2) = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (6^2 - 0) = 28,3 \text{ мм}^2 \quad (5.8)$$

Момент сопротивления сечения кручению:

$$W_w = \frac{1}{16} \pi D^3 \left(1 - \frac{d^3}{D^3} \right) = \frac{1}{16} \cdot 3,14 \cdot 4,44^3 \cdot \left(1 - \frac{0^3}{4,77^3} \right) = 21,3 \text{ мм}^3 \quad (5.9)$$

Крутящий момент при затяжке:

$$M_K = \frac{\zeta F_W D}{z} = \frac{0,18 \cdot 17,5 \cdot 6}{1} = 18,9 \text{ Нмм} \quad (6.0)$$

Момент на ключе для обеспечения силы F_W :

$$M_K = \frac{\zeta F_W D}{z} = \frac{0,37 \cdot 17,5 \cdot 6}{1} = 38,8 \text{ Нмм} \quad (6.1)$$

Напряжения среза по резьбовой части:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{A_w z} = \frac{15}{17,9 \cdot 1} = 0,8 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.2)$$

Напряжения среза тела болта:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{A_w z} = \frac{15}{28,3 \cdot 1} = 0,5 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.3)$$

Напряжения растяжения в болте:

$$\sigma_w = \frac{F_w}{A_D z} = \frac{17,5}{17,9 \cdot 1} = 1 < 108 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.4)$$

Напряжения среза резьбы в болте:

$$\tau_w = \frac{F_w}{\pi d_3 h z K_1 K_m} = \frac{17,5}{3,14 \cdot 4,77 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,6} = 0,4 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.5)$$

Напряжения кручения в болте:

$$t_w = \frac{M_k}{M} = \frac{18,9}{21,3} = 0,9 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.6)$$

Напряжения среза резьбы в гайке:

$$\tau_w = \frac{F_w}{\pi D h z K_1 K_m} = \frac{17,5}{3,14 \cdot 4,77 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 0,875 \cdot 0,6} = 0,4 < 54 \text{ МПа} - \text{выполнено} \quad (6.7)$$

6 РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРА

6.1 Общие правила по предотвращению несчастных случаев

На сегодняшний день трактора являются главными помощниками человека в сельском хозяйстве. Современные сельскохозяйственные трактора используются для пахоты, обработки почвы, обслуживания ландшафта, для транспортировки оборудования и материалов и других целей [14].

К сожалению, каждый год аварии на тракторах приводят к серьезным травмам, а в некоторых случаях и к гибели людей. Основные причины несчастных случаев при работе на тракторе: опрокидывание, неправильный запуск трактора, запутывание в ВОМ, падения и защемления во время сцепления. В авариях, связанных со смертельным исходом на тракторе, присутствуют многочисленные человеческие факторы, такие как плохое суждение, плохое отношение, недостаточные знания и тренировка, усталость, спешка, стресс, работа в состоянии алкогольного опьянения, могут привести к несчастному случаю.

Каждый водитель должен быть физически и психически здоров при работе на тракторе. Водитель, который испытывает сонливость, усталость или плохо себя чувствует, может быть не в состоянии вовремя отреагировать, чтобы избежать несчастного случая.

Водитель должен быть знаком с руководством по эксплуатации. Зная особенности работы трактора, водитель будет увереннее себя чувствовать при работе в неблагоприятных условиях. Знать местонахождение и назначение всех средств контроля и управления, а также других показателей. Зная, где находятся элементы управления по памяти, оператор сможет быстрее реагировать в чрезвычайной ситуации. Были аварийные ситуации, когда люди запутывались в механизмах или в коробке отбора мощности, а спасатели или члены семьи не знали, как отключить оборудование.

Копия всех руководств по эксплуатации и других соответствующих материалов по безопасности должна храниться в файле для быстрого ознакомления.

Также следует хорошо изучить различные наклейки на оборудовании. Они могут указывать на опасность, предупреждение и внимание для различных точек на тракторе. Наклейки следует постоянно держать в чистоте и не допускать попадания посторонних предметов. При повреждении или отсутствии заменить на новый. Если компонент с прикрепленным знаком безопасности заменяется новой деталью, то нужно убедиться, что новый знак безопасности прикреплен в том же месте, что и заменяемый.

6.2 Эксплуатация

Предварительная проверка трактора поможет убедиться, что он находится в безопасном рабочем состоянии. Проверять нужно шины на предмет накачки и дефектов, окон на видимость, положения сидений, ремней безопасности, тормозов для регулировки, реакции рулевого управления, зеркал заднего вида, отражателей и ходовых огней для работы в дневное или ночное время.

Использовать трактор только для тех работ, для которых он предназначен. Проектируемый трактор не предназначен для использования в качестве транспортного средства для отдыха. Следовать инструкциям по эксплуатации и балластировке, приведенным в руководстве. Держать руки, ноги и одежду подальше от механических частей.

Проверить безопасность: Обойти трактор и все навесные орудия, проверяя зону на наличие препятствий, которые могут находиться под трактором или рядом с ним. Этими препятствиями могут быть камни, доски, детские игрушки и т.д. Перед началом движения нужно убедиться, что нет посторонних лиц в рабочей зоне. Проверить, нет ли каких-либо незакрепленных частей или предметов на тракторе, таких как инструменты на платформах или вокруг тормозов или других органов управления.

Сервисный обход: Обойти трактор во второй раз, чтобы проверить сам трактор. На этот раз посмотреть шины на предмет износа и накачки, вал отбора мощности для ограждения, сцепное устройство для проверки сцепного пальца и предохранительного зажима. Особое внимание нужно обращать на землю под трактором на наличие любых признаков утечек жидкости, таких как масло, охлаждающая жидкость или топливо.

Проверить уровень масла. Если требуется масло, нужно очистить крышку заливной горловины, прежде чем снять ее, чтобы избежать попадания грязи в двигатель. Использовать только чистую воронку и очистить верхнюю часть масляного бака, во избежание попадания ржавчины или других посторонних предметов вместе с маслом.

Проверить воздухоочиститель и воздушный фильтр. При наличии грязи удалить или встряхнуть.

Проверить уровень топлива.

Проверить огнетушитель. Любой трактор должен иметь огнетушитель на случай пожара во время работы или заправки. Убедиться, что он заряжен и легкодоступен.

Соблюдать осторожность на склонах и неровной местности.

Склоны являются основным фактором, связанным с потерей контроля и авариями, которые могут привести к серьезным травмам. Работа на всех склонах требует особой осторожности. Стараться избегать неровностей, ям и препятствий, которые могут привести к опрокидыванию трактора. Никогда не приближаться к краю оврага, спада, канавы и водоема. Двигаться нужно на склонах медленно и постепенно, так как резкие изменения скорости или направления, могут привести к опрокидыванию трактора.

6.3 Безопасность при работе с аккумулятором

Изредка может возникнуть необходимость обращаться, отрегулировать или заменить аккумулятор на тракторе. Аккумуляторные батареи содержат серную кислоту, которая может нанести значительный вред при попадании

на кожу. При попадании на кожу, немедленно промыть водой. Необходимо помнить:

1) Выполнять работу или настройку в зоне, свободной от искр и источников тепла. Не курить, работая рядом с аккумулятором. Убедиться, что помещение хорошо проветривается.

2) Всегда надевать средства индивидуальной защиты, закрывая глаза и руки.

3) Никогда не работать, наклонившись над аккумулятором.

4) Всегда сначала отсоединять заземляющий кабель и распознать кабели как положительные и отрицательные, чтобы не перепутать их.

5) Прочистить клеммы и кабельные соединения, прежде чем снова их подключать. Убедиться, что новый аккумулятор закреплен с помощью прилагаемого прижимного узла.

6) При установке аккумулятора следить за тем, чтобы клеммы не соприкасались с металлическими частями корпуса двигателя или трактора.

7) Подключать кабель заземления в последнюю очередь, чтобы предотвратить появление искр и затянуть соединения.

8) Хранить аккумулятор нужно в недоступном для детей месте.

6.4 Безопасность при работе с гидравлическим оборудованием

Работа с гидравлическим оборудованием или на нем может быть опасной. Гидравлические системы находятся под огромным давлением, и именно здесь кроется невидимая опасность.

Перед обслуживанием гидравлических систем необходимо помнить:

1) Заглушить двигатель, включающий гидравлический насос.

2) Опустить орудие на землю.

3) Сбросить давление, перемещая рычаг гидравлического управления вперед и назад.

4) При работе вокруг или под поднятым орудием убедиться, что оно заблокировано или поддерживается чем-то, кроме самого цилиндра.

5) Использовать кусок картона или бумаги, чтобы проверить герметичность шлангов и фитингов. Даже небольшое количество гидравлической жидкости под давлением может попасть на кожу и вызвать серьезные проблемы со здоровьем. При попадании гидравлической жидкости на кожу немедленно обратиться к врачу.

6) Соблюдать осторожность при снятии блоков или транспортных замков на оборудовании. Если в цилиндре произошла утечка и потеря давления, агрегат может упасть на землю при снятии замков.

6.5 Безопасность при запуске и остановке трактора

1) Если трактор находится в помещении, нужно обеспечить достаточную вентиляцию, открывая двери или окна, и используя вытяжные вентиляторы, если таковые имеются. Угарный газ является ядовитым газом и может быстро накапливаться в ограниченном или относительно замкнутом пространстве. Угарный газ всегда присутствует в выхлопе всех двигателей.

2) Запускать трактор только с места водителя.

3) Проверить органы управления коробкой отбора мощности, чтобы убедиться, что они отключены и коробка передач находится в нейтральном положении, а сцепление выключено.

4) Запускать двигатель, следуя рекомендациям по запуску, описанным в руководстве оператора.

5) Дать двигателю прогреться перед началом работы с ним.

6) Проверить все инструменты. Убедиться, что давление масла соответствует норме, аккумулятор заряжается.

7) Дать двигателю остыть на высоких оборотах холостого хода, прежде чем выключать его. Это позволяет клапанам и поршням равномерно остывать. Отпускать все гидравлическое подъемное оборудование на землю.

8) Все наклейки, прикрепленные к трактору, должны быть видны и легко читаемы. Заменить поврежденные или отсутствующие таблички безопасности, если они имеются.

9) Только оператор должен ездить на тракторе во время его использования.

10) Дети и посторонние лица должны находиться подальше от тракторов во время их работы.

6.6 Меры предупреждения пожара или взрыва

Чтобы снизить риск возникновения пожара, трактор необходимо регулярно осматривать и чистить. Следовать всем инструкциям по эксплуатации и технике безопасности, указанным на машине и в руководстве по эксплуатации. Быть осторожным с горячими деталями двигателями во время осмотра и чистки. Перед проведением любого осмотра или чистки всегда выключать двигатель, ставить на стояночный тормоз и вынимать ключи. Снятие ключа не позволит другим запустить трактор во время осмотра и чистки. А также необходимо помнить:

1) Обращаться с топливом осторожно: оно легко воспламеняется. Не курить во время заправки топливом, а также не заправлять трактор вблизи открытого огня и искр. Всегда выключать двигатель перед заправкой машины. Заполнять топливный бак на открытом воздухе.

2) Использовать только специальный топливный контейнер для перевозки легковоспламеняющихся жидкостей.

3) Немедленно прекратить работу трактора при первых признаках пожара. На огонь может указывать запах дыма или вид дыма, пламени.

4) Во время нормальной работы трактора может произойти скопление травы, растительности или мусора. Это особенно актуально при работе в очень сухих условиях. Любое такое накопление должно быть убрано, чтобы обеспечить дальнейшую нормальную работу трактора и снизить риск возникновения пожара.

5) Регулярно проверять топливопроводы, бак, крышку и фитинги на наличие повреждений, трещин или утечек. При необходимости нужно заменить.

7 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Увеличение сельскохозяйственной техники и высокая производительность тракторного парка влияют на загрязнение окружающей среды выхлопными газами. Ядовитые выхлопные вещества, нефтепродукты и их пары выбрасываются в окружающую среду через сапун двигателя и различными продуктами сгорания. Чем больше концентрация используемого оборудования, тем выше уровень шума. Экологически неблагоприятные факторы воздействия нарушают экологическое равновесие, снижают продуктивность почвы и оказывают негативное влияние на здоровье человека [1, 5].

Если топливо в двигателе будет полностью сгорать, выхлопные газы будут состоять из оксидов азота NO_x диоксида углерода CO_2 , паров H_2O и азота N_2 . Но на самом деле топливо не сгорает полностью, поэтому выхлопные газы могут содержать окись углерода CO , чистый углерод (сажа) C , углеводороды H_nC_m , альдегиды $\text{R} \cdot \text{CHO}$, оксиды азота NO_x . При сжигании сернистого топлива образуются диоксид серы SO_2 и SO_3 , сероводород H_2S в выхлопных газах.

Качественное сгорание дизельного топлива и количества выбросов диоксида углерода (CO_2), имеет тесную связь друг с другом. Результаты исследований показывают, что выброс (CO_2) имеет прямую зависимость от расхода топлива. Увеличение расхода топлива в равной степени увеличивает выбросы (CO_2). С экологической точки зрения (CO_2) является опасным газом, потому что он создает своего рода пленку. Из-за теплового воздействия температура Земли в течение последнего столетия увеличилась в среднем на $0,3-0,7^\circ \text{C}$.

Оборудование в сельскохозяйственных технологических процессах оказывает меньшее негативное влияние на окружающую среду, когда оно

используется в разумных и оптимальных условиях. Воздействие на уплотнение почвы меньше, когда тракторы агрегируются с соответствующим сельскохозяйственным оборудованием, это означает, когда достигается оптимальный крутящий момент. Низкая нагрузка на трактор требует больше проходов на одном поле. Это приводит к большему расходу топлива на том же участке обрабатываемой площади. Высокий расход топлива приводит к более высокому загрязнению окружающей среды. Слишком большая нагрузка трактора может привести к проскальзыванию колес, что повредит структуру почвы и увеличит расход топлива на той же площади участка. Кроме того, расход топлива и вредность зависят от условий работы двигателя.

Таким образом, рассмотрев причины возникновения загрязнений, можно сделать вывод о том, что внедрение встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя не окажет никакого негативного воздействия на окружающую среду. К тому же своевременная диагностика кривошипно-шатунного механизма поможет предостеречь от таких неисправностей, как закоксование поршневых колец и износ деталей ЦПГ, которые влияют на экологические показатели двигателя.

8 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА И КОНСТРУКЦИИ

8.1 Расчет экономии суммарных энергетических затрат от оптимизации веса трактора и мощности его двигателя

С помощью программы MATLAB рассчитаем изменение суммарных энергетических затрат от площади поля для различных марок тракторов. На всех тракторах будем использовать сеялку Agromaster (с культиваторными сошниками) [3].

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

Площадь поля, га. = 100;

Длину гона, км. = 1;

Расстояние переезда, км. = 3;

Плотность семян, кг/м³ = 800;

Коэффициент прочности несущей поверхности = 0,9;

Объем работы, га = 1000;

Количество тракторов выполняющих операцию = 1;

Число часов работы в сутки = 16;

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

Давление в шинах, МПа = 0,16;

Число колес на одном борту трактора = 1.

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

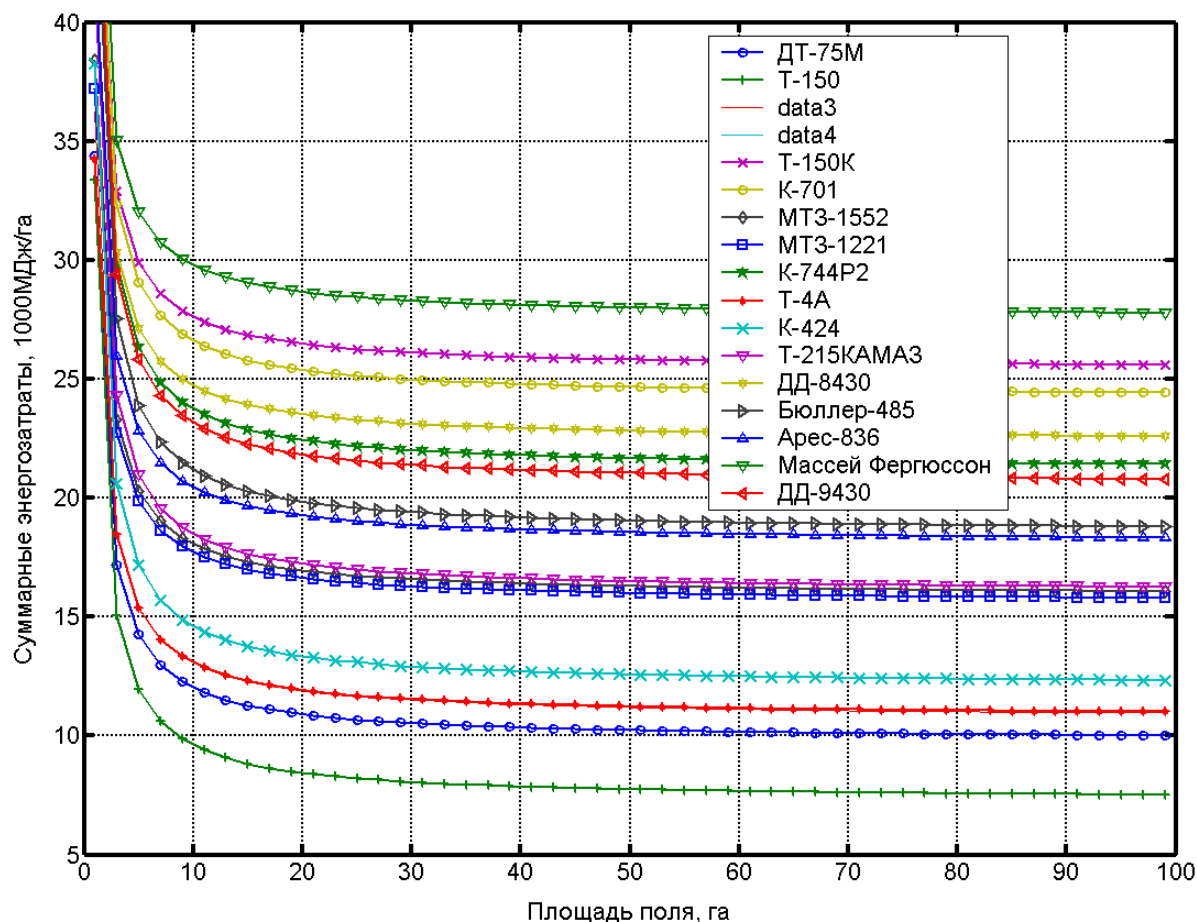


Рисунок 8.1 – Изменение суммарных энергетических затрат посевных агрегатов с сеялкой Agromaster, составленных на базе реальных тракторов

Из графика видно, что из колесных тракторов для выбранных условий работы оптимальные суммарные энергетические затраты обеспечивает трактора K-424 Суммарные энергетические затраты которого, составляют 12550 МДж/га.

Основные параметры трактора «Кировец» K-424: эксплуатационная масса 110 кН; мощность двигателя 176,5 кВт. Его параметры соответствуют рассчитанным оптимальным значениям. Это доказывает, что расчеты проведены правильно. Кроме того, использование наиболее эффективного трактора приведет к экономии суммарных энергетических затрат по сравнению с другими тракторами. Например, на графике самый блажащий трактор к K-424 по суммарным энергетическим затратам является трактор

МТЗ-1221. У этого трактора суммарные энергетические затраты составляют 15890 МДж/га.

Разница суммарных энергетических затрат между тракторами К-424 и МТЗ1221 составляет:

$$E_{\min} = 15890 - 12550 = 3340 \text{ МДж/га}.$$

Из графика видно, что у трактора Массей Фергюссон самые большие суммарные энергетические затраты, которые составляют 27780 МДж/га.

Разница суммарных энергетических затрат между тракторами К-424 и Массей Фергюссон составляет:

$$E_{\min} = 27780 - 12550 = 15230 \text{ МДж/га}.$$

Если вместо трактора Массей Фергюссон будем использовать К-424, то экономия составит 15230 МДж/га. Здесь экономия достигается за счет снижения потери урожайности. Поэтому разницу суммарных энергетических затрат можно перевести в зерно. В качестве зерновых культур будем использовать овес. В 1 килограмме овса содержится 10,5 МДж энергии.

Теперь чтобы определить сэкономленные энергетические затраты в килограммах разницу суммарных энергетических затрат тракторов К-424 и Массей Фергюссон, то есть получившую экономию разделим на энергию овса в одном килограмме

$$\frac{15230}{10,5} = 1451 \text{ кг}.$$

При использовании трактора К-424 в место Массей Фергюссон потери можно снизить до 1451 кг.

На сегодняшний день на рынках один килограмм овса стоит 10 рублей. Поэтому для определения сэкономленных средств (в рублях) стоимость овса умножается на сэкономленные энергетические затраты в килограммах.

$$1451 \cdot 10 = 14510 \text{ рублей.}$$

При использовании трактора К-424 вместо Массей Фергюссон сэкономленные средства равняются 1451 рублей на гектар. Если в хозяйстве 1000 га земли, то экономия составляло бы 14510000 рублей

8.2 Экономическое обоснование модернизированного производственного процесса

Произведем расчет дополнительных капитальных вложений в машинно-тракторный парк.

Дополнительные капитальные вложения определяют по формуле:

$$\Delta K = C_{\delta 1} - C_{\delta 0} + C_k m_k \quad (8.1)$$

где $C_{\delta 1}, C_{\delta 0}$ – балансовая стоимость тракторов по проекту и фактически, тыс. руб.;

C_k – стоимость сконструированной системы диагностики;

m_k – требуемое количество сконструированных устройств.

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

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

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

$$C_k = 63000 \text{ рублей.}$$

Отсюда дополнительные капитальные затраты составят:

$$\Delta K = 63000 \cdot 10 = 630000 \text{ рублей}$$

Произведем расчет уровня эксплуатационных затрат по формуле:

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

где $C_{\text{зн}}$ – годовые затраты на оплату труда;

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

$C_{\text{РТО}}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание;

A – затраты на амортизацию;

$C_{\text{проч}}$ – прочие затраты.

Затраты на оплату труда определяют по формуле:

$$C_{\text{зн}} = \sum Z_{ghi} \cdot m_{\text{нсм}} \cdot K_{\text{дон}} \quad (8.4)$$

где $C_{\text{зн}}$ – затраты на оплату труда, руб;

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

$m_{\text{нсм}}$ – количество нормо-смен по данной марке тракторов;

$K_{\text{дон}}$ – коэффициент, учитывающий все виды доплат и надбавок;

Принимая во внимание, что $Z_{ghi} = 510$ руб.; $K_{\text{дон}} = 2,1$ находим

$$C_{\text{зн}} = 510 \cdot 24100 \cdot 2,1 = 25811100 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на топливо и смазочные материалы определяем по формуле:

$$C_{\text{тсм}} = \sum \Pi_{\text{комн}} \cdot g_i \cdot \Omega_{\text{год}i} \quad (8.5)$$

где $C_{к о м}$ – комплексная цена одного килограмма основного топлива, руб/кг;

g_i – средняя норма расхода топлива, по проекту, кг/ч; фактические вследствие износа двигателя $g_{i факт} = 57,4$ кг/ч;

$\Omega_{год i}$ – годовой объем работ.

Принимая во внимание, что $C_{комп} = 45$ руб/кг; $g_{i проект} = 52,2$ кг/ч;

$g_{i факт} = 57,4$ кг/ч находим

$$C_{тсм}^{проект} = 2130 \cdot 10 \cdot 52,2 \cdot 45 = 50033700 \text{ руб};$$

$$C_{тсм}^{фактический} = 2130 \cdot 10 \cdot 57,4 \cdot 45 = 55017900 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание до внедрения встроенной системы диагностики составляли около 6% от изначальной стоимости тракторов, после внедрения системы диагностики, затраты на ремонт понизились и стали составлять 5% от стоимости тракторов. Допустим, что стоимость трактора будет в районе 5500000 рублей. А количество тракторов в предприятии возьмём 10 штук.

$$C_{РТО}^{факт} = 5500000 \cdot 10 \cdot 0,06 = 3300000 \text{ руб}$$

$$C_{РТО}^{проект} = 5500000 \cdot 10 \cdot 0,05 = 2750000 \text{ руб}$$

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

$$C_{проч} = 25811100 \cdot 0,13 = 3355443 \text{ руб.}$$

Отсюда уровень эксплуатационные затраты составят:

По проекту:

$$\begin{aligned} C_{экс}^{проект} &= C_{зн} + C_{тсм} + C_{РТО} + A + C_{проч} = \\ &= 25811100 + 50033700 + 2750000 + 3355443 = 81950243 \text{ руб}; \end{aligned}$$

По факту:

$$\begin{aligned} C_{экс}^{факт} &= C_{зн} + C_{тсм} + C_{РТО} + A + C_{проч} = \\ &= 25811100 + 55017900 + 3300000 + 3355443 = 87484443 \text{ руб} \end{aligned}$$

Годовая экономия составит:

$$\mathcal{E}_{год} = 87484443 - 81950243 = 5534200 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект равен:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - \Delta K = 5534200 - 630000 = 4904200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_{год}} = \frac{630000}{5534200} = 0,11 \text{ года.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{\Delta K} = \frac{5534200}{630000} = 8,78.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Сравнительные показатели эффективности

Наименование показателя	В среднем	По проекту	Проект в % к среднему
Эксплуатационные затраты, руб.	87484443	81950243	93%
Годовая экономия на 10 тракторов, руб.	5534200		
Годовая экономия на 1 трактор, руб.	553420		
Годовой экономический эффект, руб.	4904200		
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,11		
Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений	8,78		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы было выявлено, что трактор общего назначения с четырьмя ведущими колесами для проведения посевных работ экономически энергетически целесообразен при мощности двигателя в 265 кВт (360 л.с.) и массе 110 кН. Экономия энергетических затрат при его использовании по сравнению с трактором MF-680 составит 15230 МДж/га.

В процессе выполнения работы был проведен обзор литературных данных о существующих конструкциях систем диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя, на основании анализа сделан вывод об актуальности данной разработки

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

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

Применение встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма, проектируемого трактора, позволит существенно снизить эксплуатационные затраты тракторов и соответственно получить экономический эффект в размере 4904200 руб.

Срок окупаемости проекта составляет менее года, что говорит о том, что внедрение сконструированной системы встроенной диагностики кривошипно-шатунного механизма двигателя является экономически выгодным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.И. Бобровник, А.А. Мащенко, А.В. Липницкий, Н.А. Поздняков, Т.А. Варфоломеева. “Тракторы и автомобили” Минск – 2008. – 191с.
2. Г.Г. Галеев, С.А. Синицкий Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине “ Тракторы и автомобили”. Казань – 2007г. – 50 с.
3. Булгариев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014. 64 с.
4. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение Пер с нем. - М.: Мир, 1989. – 196 с
5. Епифанов Л.И., Епифанова Е.А. Техническое обслуживание и ремонта автомобилей. – М.: Форум-Инфра-М, 2009. – 352 с
6. Долгошей Г.А., Макеенко М.М. Экономика сельского хозяйства. Словарь-справочник. - М.: Колос, 1981. – 400 с.
7. Патент РФ 77962: Устройство для диагностирования цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания. Авторы: Березнёв Сергей Викторович (RU), Ведяшкин Анатолий Сергеевич (RU), Даниленко Сергей Александрович (RU), Хандрыга Виктор Григорьевич (RU). Патентообладатели: Калининградский пограничный институт ФСБ России (RU). Публикация: 2008. 03.17. Веб-сайт: https://yandex.ru/patents/doc/RU77962U1_20081110 (дата обращения: 22.03.2020).
8. Патент SU 1245901: Устройство для контроля двигателя внутреннего сгорания. Авторы: Исаев Афанасий Александрович. Документы, цитированные в отчёте о поиске: Стефановский В.С. и др. Испытания двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1972, с.89-90.

2. Проспект фирмы ASBA, Швеция, СчWfci-Ж, № 03962,1970,
3. Стефановский Б.С. и др. Испытание двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1972, с. 96-98. Публикация: 1986.07.23. Веб-сайт: https://yandex.ru/patents/doc/SU1245901A1_19860723 (дата обращения: 25.03.2020).
9. Патент: РФ 73730: Бесконтактный индикатор износа кривошипно-шатунного механизма ДВС. Авторы: Данилов Юрий Игоревич (RU), Данилов Игорь Кеворкович (RU). Патентообладатели: Данилов Юрий Игоревич (RU). Публикация: 2008.05.27. Веб-сайт: https://yandex.ru/patents/doc/RU73730U1_20080527 (дата обращения: 04.04.2020).
10. Патент: SU 1046643: Способ вибрационной диагностики состояния шатунных подшипников поршневых машин. Авторы: Оксень Геннадий Дмитриевич. Документы, цитированные в отчете о поиске: Авторское свидетельство СССР № 360579, кл. G 01 M 13/04, 1972 (прототип). Публикация: 1983.10.07. Веб-сайт: https://yandex.ru/patents/doc/SU1046643A1_19831007 (дата обращения: 07.04.2020).
11. Епифанов Л.И., Епифанова Е.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. - М.: ФОРУМ: Инфра. - М., 2006, с.87.
12. Жевлаков П.К., Иофинов С.А., Лурье А.Б., Турбин Б.Г. Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М.: СельХозгиз., 1990. - 552 с.
13. Зангиев А.А. и др. Производственная эксплуатация машинно – тракторного парка. – М.: Колос, 1996. – 320 с.
14. Сергеев, И.Ф., Сычуглов, Н.П. Сельскохозяйственные машины. Учебники и учебные пособия для подготовки кадров массовых профессий - М.: Агропромиздат, 1986. – 223 с.
15. Хафизов К.А., Хафизов Р.Н. Выпускная квалификационная работа: учебная методическая пособие; ФГБОУ ВО «Казанский

- государственный аграрный университет». – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2014. – 280 с.
16. Чернавский С.А., Боков К.Н., Чернин И.М. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие. Москва: Машиностроение, 1988. 416 с.
 17. Хафизов К.А. Пути снижения энергетических затрат. Изд-во Казанского Университета, 2007. – 272 с.
 18. «Кировец» К-424: технические характеристики. Веб-сайт: <https://tractorreview.ru/traktory/kolesnye-traktory/ptz/kirovets-k-424-tehnicheskie-harakteristiki.html> (дата обращения: 08.04.2020).
 19. Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Кочкин Е. А. Техническая эксплуатация МТП: Учебное пособие для студентов агроинженерных вузов. Кубанский государственный аграрный университет, 2008. – с.142.
 20. Пьезоэлектрические датчики динамического давления EL-SCADA RAV. Веб-сайт: <https://el-scada.ru/davlenie/dinamicheskoe-davlenie/pezoelektricheskie-datchiki-dinamicheskogo-davleniya/> (дата обращения 12.04.2020).
 21. Осипов Ю.Р. Расчеты деталей и узлов машин на прочность: учебное пособие. Москва: ВИПЭ, 2010. 198 с.
 22. Чернавский С.А., Боков К.Н., Чернин И.М. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие. Москва: Машиностроение, 1988. 416 с.
 23. Датчики системы управления двигателем. Веб-сайт: <https://auto.kombat.com.ua/datchiki-polozheniya-kolenchatogoval-4063847113-bosch-dg60261210006-i0261210113-ustroys/> (дата обращения 12.04.2020).

24. Вибропреобразователь icp КД612. Веб-сайт:
<https://komdiagnostika.ru/oborudovanie/vibration-transducer-kd612/> (дата
обращения 12.04.2020).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример расчета оптимальных параметров и режимов работы МТА

Исходные данные для расчета:

Введите площадь поля, га. =100
 Введите длину гона, км. =1
 Введите расстояние переезда, км. =3
 Введите плотность семян, кг/м³ =800
 Введите коэффициент прочности несущей поверхности =0.95
 Введите объем работы, га =1000
 Введите количество тракторов выполняющих операцию =1
 Введите число часов работы в сутки =14
 Введите планируемую урожайность основной и побочной продукции, ц/га. =40
 Введите давление в шинах (от 0,08 до 0,2), МПа =0.16
 Введите число колес на одном борту трактора (1 или 2 или 3 и т.д.) =1
 Введите коэффициент сцепления колес с почвой =0.6
 Введите коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора =0.17
 Введите коэффициент распределения сцепного веса колес =0.95
 TRACTOR = Проектируемый

Результаты расчетов:

Mtr	Bp,	Vp,	tau_sm, K,	KPD,	N,	Букс.,	W,	Gh,	Еам.кр.тр.то,	Eper,	E_upr,	Etsm,	Eup/1000,	Eua/1000,	ES/1000,	Nenom		
100	4	5	0.67825	4	0.44286	66.576	3.8519	16	1.3565	21.06	296.9	0.026667	2.713	1053	51.342	17.727	70.422	100
100	4	6	0.66642	4.0347	0.44468	80.255	3.8853	16.139	1.5994	18.375	251.8	0.026667	3.1988	918.76	51.342	14.982	67.498	100
100	4	7	0.655	4.0711	0.44657	94.077	3.9204	16.285	1.834	16.467	219.6	0.026667	3.668	823.36	51.342	13.023	65.412	100
100	4	8	0.64397	4.1092	0.44852	108.05	3.9571	16.437	0.1	310.03	4027.4	0.026667	0.2	15501	51.342	244.8	65.412	100
100	4	9	0.6333	4.1487	0.45052	122.18	3.9952	16.595	0.1	317.96	4027.4	0.026667	0.2	15898	51.342	244.8	65.412	100
100	4	10	0.62298	4.1896	0.45257	136.47	4.0345	16.758	0.1	325.83	4027.4	0.026667	0.2	16292	51.342	244.8	65.412	100
100	4	11	0.61299	4.2317	0.45466	150.93	4.0751	16.927	0.1	333.64	4027.4	0.026667	0.2	16682	51.342	244.8	65.412	100
100	4	12	0.60331	4.275	0.45678	165.56	4.1168	17.1	0.1	341.39	4027.4	0.026667	0.2	17070	51.342	244.8	65.412	100
100	5	5	0.66781	4	0.48879	75.401	4.8153	20	1.6695	17.383	274.67	0.033333	3.339	869.16	41.074	14.339	56.56	100
100	5	6	0.65514	4.0347	0.49051	90.945	4.857	20.173	1.9654	15.236	233.32	0.033333	3.9309	761.79	41.074	12.127	54.2	100
100	5	7	0.64295	4.0711	0.4923	106.67	4.901	20.356	0.1	308.55	4585.7	0.033333	0.2	15428	41.074	244.8	54.2	100
100	5	8	0.63119	4.1092	0.49414	122.59	4.9468	20.546	0.1	317.55	4585.7	0.033333	0.2	15878	41.074	244.8	54.2	100
100	5	9	0.61987	4.1487	0.49604	138.71	4.9945	20.744	0.1	326.46	4585.7	0.033333	0.2	16323	41.074	244.8	54.2	100
100	5	10	0.60894	4.1896	0.49797	155.04	5.0437	20.948	0.1	335.3	4585.7	0.033333	0.2	16765	41.074	244.8	54.2	100

100	5	11	0.59839	4.2317	0.49993	171.58	5.0944	21.158	0.1	344.07	4585.7	0.033333	0.2	17204	41.074	244.8	54.2	100
100	5	12	0.58819	4.275	0.50192	188.34	5.1466	21.375	0.1	352.8	4585.7	0.033333	0.2	17640	41.074	244.8	54.2	100
100	6	5	0.65766	4	0.52396	84.408	5.7798	24	1.973	14.942	259.21	0.04	3.946	747.12	34.228	12.08	47.319	100
100	6	6	0.64422	4.0347	0.52555	101.86	5.83	24.208	0.1	305.04	5114.1	0.04	0.2	15252	34.228	244.8	47.319	100
100	6	7	0.63131	4.0711	0.5272	119.53	5.8828	24.427	0.1	315.13	5114.1	0.04	0.2	15757	34.228	244.8	47.319	100
100	6	8	0.61891	4.1092	0.5289	137.44	5.938	24.655	0.1	325.11	5114.1	0.04	0.2	16255	34.228	244.8	47.319	100
100	6	9	0.60699	4.1487	0.53065	155.6	5.9953	24.892	0.1	334.98	5114.1	0.04	0.2	16749	34.228	244.8	47.319	100
100	6	10	0.59552	4.1896	0.53242	174.01	6.0545	25.138	0.1	344.78	5114.1	0.04	0.2	17239	34.228	244.8	47.319	100
100	6	11	0.58447	4.2317	0.53422	192.68	6.1156	25.39	0.1	354.52	5114.1	0.04	0.2	17726	34.228	244.8	47.319	100
100	6	12	0.57383	4.275	0.53604	211.63	6.1783	25.65	0.1	364.21	5114.1	0.04	0.2	18210	34.228	244.8	47.319	100
100	7	5	0.64779	4	0.55123	93.604	6.7475	28	2.2673	13.207	247.55	0.046667	4.5345	660.37	29.338	10.466	40.717	100
100	7	6	0.63363	4.0347	0.55267	113	6.8065	28.243	0.1	310.68	5612.6	0.046667	0.2	15534	29.338	244.8	40.717	100
100	7	7	0.62008	4.0711	0.55417	132.67	6.8684	28.498	0.1	321.76	5612.6	0.046667	0.2	16088	29.338	244.8	40.717	100
100	7	8	0.60709	4.1092	0.55571	152.61	6.9332	28.764	0.1	332.7	5612.6	0.046667	0.2	16635	29.338	244.8	40.717	100
100	7	9	0.59463	4.1487	0.55728	172.85	7.0005	29.041	0.1	343.54	5612.6	0.046667	0.2	17177	29.338	244.8	40.717	100
100	7	10	0.58268	4.1896	0.55887	193.4	7.0701	29.327	0.1	354.29	5612.6	0.046667	0.2	17715	29.338	244.8	40.717	100
100	7	11	0.5712	4.2317	0.56049	214.26	7.1419	29.622	0.1	364.99	5612.6	0.046667	0.2	18249	29.338	244.8	40.717	100
100	7	12	0.56016	4.275	0.56212	235.44	7.2157	29.925	0.1	375.64	5612.6	0.046667	0.2	18782	29.338	244.8	40.717	100
100	8	5	0.63819	4	0.57249	103	7.7235	32	0.1	304.14	6081.2	0.053333	0.2	15207	25.671	244.8	40.717	100
100	8	6	0.62337	4.0347	0.57378	124.39	7.7917	32.277	0.1	316.37	6081.2	0.053333	0.2	15819	25.671	244.8	40.717	100
100	8	7	0.60922	4.0711	0.57511	146.1	7.8635	32.569	0.1	328.43	6081.2	0.053333	0.2	16422	25.671	244.8	40.717	100
100	8	8	0.5957	4.1092	0.57647	168.13	7.9385	32.874	0.1	340.35	6081.2	0.053333	0.2	17017	25.671	244.8	40.717	100
100	8	9	0.58277	4.1487	0.57786	190.51	8.0166	33.19	0.1	352.15	6081.2	0.053333	0.2	17608	25.671	244.8	40.717	100
100	8	10	0.57039	4.1896	0.57927	213.25	8.0975	33.517	0.1	363.87	6081.2	0.053333	0.2	18193	25.671	244.8	40.717	100
100	8	11	0.55852	4.2317	0.58068	236.35	8.181	33.854	0.1	375.53	6081.2	0.053333	0.2	18776	25.671	244.8	40.717	100
100	8	12	0.54714	4.275	0.58211	259.83	8.2669	34.2	0.1	387.15	6081.2	0.053333	0.2	19358	25.671	244.8	40.717	100
100	9	5	0.63565	4	0.58903	112.62	8.7174	36	0.1	310.91	6519.8	0.06	0.2	15546	22.819	244.8	40.717	100
100	9	6	0.6212	4.0347	0.59015	136.06	8.7962	36.312	0.1	324.68	6519.8	0.06	0.2	16234	22.819	244.8	40.717	100
100	9	7	0.6074	4.0711	0.5913	159.86	8.8792	36.64	0.1	338.29	6519.8	0.06	0.2	16914	22.819	244.8	40.717	100
100	9	8	0.59419	4.1092	0.59248	184.04	8.9662	36.983	0.1	351.76	6519.8	0.06	0.2	17588	22.819	244.8	40.717	100
100	9	9	0.58155	4.1487	0.59367	208.62	9.0568	37.339	0.1	365.14	6519.8	0.06	0.2	18257	22.819	244.8	40.717	100
100	9	10	0.56943	4.1896	0.59487	233.61	9.1509	37.706	0.1	378.46	6519.8	0.06	0.2	18923	22.819	244.8	40.717	100
100	9	11	0.55781	4.2317	0.59607	259.03	9.2483	38.085	0.1	391.75	6519.8	0.06	0.2	19588	22.819	244.8	40.717	100
100	9	12	0.54666	4.275	0.59728	284.89	9.3488	38.475	0.1	405.04	6519.8	0.06	0.2	20252	22.819	244.8	40.717	100
100	10	5	0.61878	4	0.60168	122.51	9.7475	40	0.1	313.43	6928.6	0.066667	0.2	15671	20.537	244.8	40.717	100
100	10	6	0.60267	4.0347	0.60262	148.05	9.8394	40.347	0.1	327.62	6928.6	0.066667	0.2	16381	20.537	244.8	40.717	100
100	10	7	0.58737	4.0711	0.60357	174.01	9.9366	40.711	0.1	341.6	6928.6	0.066667	0.2	17080	20.537	244.8	40.717	100
100	10	8	0.57283	4.1092	0.60453	200.41	10.039	41.092	0.1	355.41	6928.6	0.066667	0.2	17770	20.537	244.8	40.717	100
100	10	9	0.55899	4.1487	0.6055	227.27	10.145	41.487	0.1	369.1	6928.6	0.066667	0.2	18455	20.537	244.8	40.717	100
100	10	10	0.5458	4.1896	0.60647	254.6	10.257	41.896	0.1	382.7	6928.6	0.066667	0.2	19135	20.537	244.8	40.717	100
100	10	11	0.53323	4.2317	0.60744	282.42	10.372	42.317	0.1	396.27	6928.6	0.066667	0.2	19813	20.537	244.8	40.717	100

100	10	12	0.52122	4.275	0.60839	310.76	10.492	42.75	0.1	409.83	6928.6	0.066667	0.2	20491	20.537	244.8	40.717	100
100	11	5	0.60994	4	0.61093	132.72	10.845	44	0.1	318.4	7307.4	0.073333	0.2	15920	18.67	244.8	40.717	100
100	11	6	0.59332	4.0347	0.61164	160.45	10.955	44.381	0.1	333.64	7307.4	0.073333	0.2	16682	18.67	244.8	40.717	100
100	11	7	0.57758	4.0711	0.61236	188.67	11.072	44.783	0.1	348.66	7307.4	0.073333	0.2	17433	18.67	244.8	40.717	100
100	11	8	0.56265	4.1092	0.61307	217.38	11.195	45.201	0.1	363.51	7307.4	0.073333	0.2	18175	18.67	244.8	40.717	100
100	11	9	0.54848	4.1487	0.61378	246.62	11.325	45.636	0.1	378.24	7307.4	0.073333	0.2	18912	18.67	244.8	40.717	100
100	11	10	0.535	4.1896	0.61446	276.42	11.461	46.085	0.1	392.9	7307.4	0.073333	0.2	19645	18.67	244.8	40.717	100
100	11	11	0.52217	4.2317	0.61513	306.78	11.602	46.549	0.1	407.54	7307.4	0.073333	0.2	20377	18.67	244.8	40.717	100
100	11	12	0.50994	4.275	0.61576	337.75	11.751	47.025	0.1	422.21	7307.4	0.073333	0.2	21111	18.67	244.8	40.717	100
100	12	5	0.60132	4	0.61692	143.38	12.062	48	0.1	323.59	7656.3	0.08	0.2	16180	17.114	244.8	40.717	100
100	12	6	0.58424	4.0347	0.61735	173.42	12.199	48.416	0.1	339.94	7656.3	0.08	0.2	16997	17.114	244.8	40.717	100
100	12	7	0.5681	4.0711	0.61776	204.02	12.344	48.854	0.1	356.06	7656.3	0.08	0.2	17803	17.114	244.8	40.717	100
100	12	8	0.55283	4.1092	0.61815	235.2	12.5	49.31	0.1	372.02	7656.3	0.08	0.2	18601	17.114	244.8	40.717	100
100	12	9	0.53835	4.1487	0.6185	266.99	12.664	49.785	0.1	387.88	7656.3	0.08	0.2	19394	17.114	244.8	40.717	100
100	12	10	0.52462	4.1896	0.6188	299.43	12.837	50.275	0.1	403.7	7656.3	0.08	0.2	20185	17.114	244.8	40.717	100
100	12	11	0.51157	4.2317	0.61906	332.54	13.02	50.78	0.1	419.54	7656.3	0.08	0.2	20977	17.114	244.8	40.717	100
100	12	12	0.49915	4.275	0.61927	366.37	13.212	51.3	0.1	435.45	7656.3	0.08	0.2	21773	17.114	244.8	40.717	100
100	13	5	0.59292	4	0.61943	154.69	13.48	52	0.1	329.16	7975.4	0.086667	0.2	16458	15.798	244.8	40.717	100
100	13	6	0.57541	4.0347	0.61948	187.23	13.657	52.451	0.1	346.72	7975.4	0.086667	0.2	17336	15.798	244.8	40.717	100
100	13	7	0.55891	4.0711	0.61947	220.41	13.848	52.925	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	13	8	0.54333	4.1092	0.61939	254.29	14.053	53.42	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	13	9	0.52859	4.1487	0.61924	288.89	14.271	53.933	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	13	10	0.51464	4.1896	0.619	324.28	14.504	54.465	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	13	11	0.5014	4.2317	0.61867	360.48	14.752	55.012	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	13	12	0.48882	4.275	0.61824	397.56	15.015	55.575	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	5	0.58472	4	0.61785	167.02	15.22	56	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	6	0.56683	4.0347	0.61732	202.34	15.462	56.485	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	7	0.55001	4.0711	0.61669	238.44	15.724	56.996	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	8	0.53415	4.1092	0.61593	275.39	16.007	57.529	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	9	0.51918	4.1487	0.61503	313.25	16.312	58.082	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	10	0.50503	4.1896	0.61398	352.08	16.639	58.654	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	11	0.49163	4.2317	0.61276	391.96	16.991	59.244	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	14	12	0.47892	4.275	0.61135	432.96	17.368	59.85	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	5	0.57673	4	0.61098	180.96	17.464	60	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	6	0.55849	4.0347	0.60961	219.53	17.806	60.52	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	7	0.54137	4.0711	0.60804	259.1	18.179	61.067	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	8	0.52527	4.1092	0.60624	299.77	18.585	61.638	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	9	0.5101	4.1487	0.6042	341.64	19.026	62.231	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	10	0.49578	4.1896	0.6019	384.8	19.503	62.844	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	15	11	0.48224	4.2317	0.59931	429.38	20.02	63.475	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100

100	15	12	0.46942	4.275	0.5964	475.52	20.578	64.125	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	5	0.56893	4	0.59698	197.55	20.468	64	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	6	0.55037	4.0347	0.59433	240.19	20.964	64.555	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	7	0.53299	4.0711	0.59134	284.18	21.509	65.138	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	8	0.51667	4.1092	0.58797	329.69	22.106	65.747	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	9	0.50132	4.1487	0.58419	376.9	22.758	66.38	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	10	0.48686	4.1896	0.57997	425.97	23.468	67.033	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	11	0.47321	4.2317	0.57527	477.15	24.241	67.707	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100
100	16	12	0.4603	4.275	0.57005	530.66	25.081	68.4	0.1	364.05	7975.4	0.086667	0.2	18203	15.798	244.8	40.717	100

130	4	5	0.67825	4	0.38713	76.161	2.963	16	1.3565	21.644	338.23	0.026667	2.713	1082.2	64.335	17.727	83.486	400
130	4	6	0.66642	4.0347	0.38897	91.75	2.9887	16.139	1.5994	18.963	286.86	0.026667	3.1988	948.14	64.335	14.982	80.556	400
130	4	7	0.655	4.0711	0.39088	107.48	3.0157	16.285	1.834	17.058	250.17	0.026667	3.668	852.89	64.335	13.023	78.465	400
130	4	8	0.64397	4.1092	0.39286	123.36	3.0439	16.437	2.0607	15.639	222.65	0.026667	4.1214	781.93	64.335	11.551	76.895	400
130	4	9	0.6333	4.1487	0.3949	139.39	3.0731	16.595	2.2799	14.544	201.24	0.026667	4.5598	727.18	64.335	10.407	75.675	400
130	4	10	0.62298	4.1896	0.39699	155.58	3.1034	16.758	2.4919	13.676	184.12	0.026667	4.9838	683.79	64.335	9.4917	74.7	400
130	4	11	0.61299	4.2317	0.39912	171.93	3.1346	16.927	2.6971	12.974	170.11	0.026667	5.3943	648.68	64.335	8.7425	73.902	400
130	4	12	0.60331	4.275	0.40129	188.46	3.1667	17.1	2.8959	12.396	158.43	0.026667	5.7918	619.79	64.335	8.1189	73.238	400
130	5	5	0.66781	4	0.43459	84.804	3.7038	20	1.6695	17.844	308.26	0.033333	3.339	892.18	51.468	14.339	67.011	400
130	5	6	0.65514	4.0347	0.43642	102.22	3.7359	20.173	1.9654	15.699	261.85	0.033333	3.9309	784.93	51.468	12.127	64.646	400
130	5	7	0.64295	4.0711	0.43831	119.81	3.7696	20.356	2.2503	14.177	228.7	0.033333	4.5006	708.85	51.468	10.548	62.959	400
130	5	8	0.63119	4.1092	0.44028	137.59	3.8049	20.546	2.5248	13.046	203.84	0.033333	5.0496	652.28	51.468	9.3638	61.693	400
130	5	9	0.61987	4.1487	0.44229	155.57	3.8415	20.744	2.7894	12.175	184.5	0.033333	5.5788	608.73	51.468	8.442	60.709	400
130	5	10	0.60894	4.1896	0.44435	173.74	3.8793	20.948	3.0447	11.486	169.03	0.033333	6.0894	574.31	51.468	7.7047	59.922	400
130	5	11	0.59839	4.2317	0.44645	192.13	3.9183	21.158	3.2911	10.931	156.37	0.033333	6.5822	546.55	51.468	7.1021	59.28	400
130	5	12	0.58819	4.275	0.44859	210.73	3.9584	21.375	3.5292	10.476	145.83	0.033333	7.0583	523.8	51.468	6.5999	58.745	400

130	6	5	0.65766	4	0.47259	93.581	4.4447	24	1.973	15.318	287.63	0.04	3.946	765.9	42.89	12.08	56.028	400
130	6	6	0.64422	4.0347	0.47436	112.85	4.4832	24.208	2.3192	13.531	244.69	0.04	4.6384	676.54	42.89	10.225	54.041	400
130	6	7	0.63131	4.0711	0.47619	132.34	4.5238	24.427	2.6515	12.265	214.02	0.04	5.303	613.26	42.89	8.9015	52.624	400
130	6	8	0.61891	4.1092	0.47809	152.05	4.5661	24.655	2.9708	11.326	191.02	0.04	5.9415	566.29	42.89	7.908	51.562	400
130	6	9	0.60699	4.1487	0.48003	172	4.61	24.892	3.2777	10.605	173.13	0.04	6.5555	530.23	42.89	7.1332	50.733	400
130	6	10	0.59552	4.1896	0.48201	192.2	4.6555	25.138	3.5731	10.036	158.82	0.04	7.1462	501.81	42.89	6.5174	50.075	400
130	6	11	0.58447	4.2317	0.48403	212.66	4.7023	25.39	3.8575	9.5797	147.11	0.04	7.715	478.98	42.89	6.0071	49.531	400
130	6	12	0.57383	4.275	0.48607	233.38	4.7504	25.65	4.1316	9.2072	137.35	0.04	8.2631	460.36	42.89	5.5861	49.082	400
130	7	5	0.64779	4	0.5034	102.5	5.186	28	2.2673	13.521	272.28	0.046667	4.5345	676.03	36.763	10.466	48.182	400
130	7	6	0.63363	4.0347	0.50508	123.65	5.231	28.243	2.6612	11.989	231.97	0.046667	5.3225	599.47	36.763	8.8667	46.467	400
130	7	7	0.62008	4.0711	0.50682	145.06	5.2784	28.498	3.0384	10.907	203.18	0.046667	6.0767	545.34	36.763	7.7214	45.239	400
130	7	8	0.60709	4.1092	0.50861	166.75	5.3278	28.764	3.3997	10.105	181.58	0.046667	6.7994	505.25	36.763	6.8674	44.324	400
130	7	9	0.59463	4.1487	0.51045	188.71	5.3791	29.041	3.7462	9.4912	164.79	0.046667	7.4924	474.56	36.763	6.1995	43.609	400

130	7	10	0.58268	4.1896	0.51232	210.97	5.4322	29.327	4.0788	9.0092	151.35	0.046667	8.1575	450.46	36.763	5.6621	43.035	400
130	7	11	0.5712	4.2317	0.51423	233.53	5.4868	29.622	4.3982	8.6235	140.36	0.046667	8.7964	431.18	36.763	5.2266	42.57	400
130	7	12	0.56016	4.275	0.51615	256.41	5.5431	29.925	4.7053	8.3105	131.2	0.046667	9.4107	415.53	36.763	4.8634	42.183	400
130	8	5	0.63819	4	0.52861	111.55	5.9283	32	2.5528	12.179	260.18	0.053333	5.1055	608.93	32.168	9.2596	42.302	400
130	8	6	0.62337	4.0347	0.53018	134.62	5.9799	32.277	2.9922	10.839	221.98	0.053333	5.9843	541.97	32.168	7.848	40.786	400
130	8	7	0.60922	4.0711	0.53181	157.99	6.0341	32.569	3.4116	9.8944	194.68	0.053333	6.8233	494.72	32.168	6.8413	39.705	400
130	8	8	0.5957	4.1092	0.53349	181.68	6.0907	32.874	3.8125	9.1963	174.21	0.053333	7.625	459.81	32.168	6.0832	38.893	400
130	8	9	0.58277	4.1487	0.5352	205.7	6.1495	33.19	4.1959	8.6634	158.29	0.053333	8.3919	433.17	32.168	5.4987	38.266	400
130	8	10	0.57039	4.1896	0.53695	230.05	6.2103	33.517	4.5631	8.2466	145.56	0.053333	9.1262	412.33	32.168	5.0241	37.759	400
130	8	11	0.55852	4.2317	0.53872	254.76	6.273	33.854	4.915	7.9146	135.14	0.053333	9.8299	395.73	32.168	4.6386	37.347	400
130	8	12	0.54714	4.275	0.54051	279.83	6.3374	34.2	5.2525	7.6468	126.45	0.053333	10.505	382.34	32.168	4.3179	37.005	400
130	9	5	0.63565	4	0.54936	120.76	6.6729	36	2.8604	11.094	247.54	0.06	5.7208	554.7	28.593	8.2266	37.628	400
130	9	6	0.6212	4.0347	0.55082	145.78	6.7311	36.312	3.3545	9.9047	211.08	0.06	6.709	495.24	28.593	6.9614	36.268	400
130	9	7	0.6074	4.0711	0.55233	171.14	6.7924	36.64	3.8266	9.0672	185.03	0.06	7.6532	453.36	28.593	6.059	35.299	400
130	9	8	0.59419	4.1092	0.55388	196.87	6.8564	36.983	4.2782	8.4502	165.5	0.06	8.5564	422.51	28.593	5.3825	34.573	400
130	9	9	0.58155	4.1487	0.55546	222.97	6.9229	37.339	4.7106	7.9808	150.31	0.06	9.4211	399.04	28.593	4.8578	34.01	400
130	9	10	0.56943	4.1896	0.55707	249.46	6.9917	37.706	5.1249	7.6152	138.16	0.06	10.25	380.76	28.593	4.4387	33.561	400
130	9	11	0.55781	4.2317	0.5587	276.35	7.0626	38.085	5.5223	7.3256	128.22	0.06	11.045	366.28	28.593	4.0943	33.193	400
130	9	12	0.54666	4.275	0.56035	303.67	7.1355	38.475	5.9039	7.0935	119.93	0.06	11.808	354.67	28.593	3.8065	32.886	400
130	10	5	0.61878	4	0.5665	130.11	7.4219	40	3.0939	10.32	242.07	0.066667	6.1878	516.01	25.734	7.579	34.078	400
130	10	6	0.60267	4.0347	0.56784	157.12	7.4871	40.347	3.616	9.2507	207.12	0.066667	7.232	462.53	25.734	6.433	32.844	400
130	10	7	0.58737	4.0711	0.56922	184.51	7.5558	40.711	4.1116	8.4993	182.15	0.066667	8.2231	424.96	25.734	5.6144	31.964	400
130	10	8	0.57283	4.1092	0.57064	212.32	7.6276	41.092	4.5826	7.9473	163.43	0.066667	9.1652	397.36	25.734	5.0009	31.305	400
130	10	9	0.55899	4.1487	0.57208	240.54	7.7022	41.487	5.0309	7.5289	148.87	0.066667	10.062	376.45	25.734	4.5257	30.795	400
130	10	10	0.5458	4.1896	0.57355	269.21	7.7794	41.896	5.458	7.2047	137.22	0.066667	10.916	360.23	25.734	4.1461	30.389	400
130	10	11	0.53323	4.2317	0.57503	298.34	7.8591	42.317	5.8655	6.9494	127.68	0.066667	11.731	347.47	25.734	3.8321	30.053	400
130	10	12	0.52122	4.275	0.57652	327.94	7.9412	42.75	6.2546	6.7465	119.74	0.066667	12.509	337.32	25.734	3.5689	29.773	400
130	11	5	0.60994	4	0.58065	139.64	8.1791	44	3.3547	9.6487	234.54	0.073333	6.7093	482.43	23.395	6.961	31.079	400
130	11	6	0.59332	4.0347	0.58186	168.67	8.252	44.381	3.9159	8.6777	200.93	0.073333	7.8318	433.89	23.395	5.9136	29.951	400
130	11	7	0.57758	4.0711	0.58311	198.13	8.3287	44.783	4.4473	7.9972	176.92	0.073333	8.8947	399.86	23.395	5.1677	29.148	400
130	11	8	0.56265	4.1092	0.58439	228.05	8.409	45.201	4.9513	7.4989	158.91	0.073333	9.9027	374.94	23.395	4.602	28.541	400
130	11	9	0.54848	4.1487	0.58569	258.45	8.4926	45.636	5.4299	7.1228	144.9	0.073333	10.86	356.14	23.395	4.168	28.075	400
130	11	10	0.535	4.1896	0.587	289.35	8.5792	46.085	5.885	6.8329	133.7	0.073333	11.77	341.65	23.395	3.819	27.701	400
130	11	11	0.52217	4.2317	0.58833	320.76	8.6687	46.549	6.3183	6.6064	124.53	0.073333	12.637	330.32	23.395	3.5303	27.393	400
130	11	12	0.50994	4.275	0.58965	352.7	8.761	47.025	6.7312	6.4279	116.89	0.073333	13.462	321.4	23.395	3.291	27.137	400
130	12	5	0.60132	4	0.59227	149.34	8.951	48	3.6079	9.0939	227.75	0.08	7.2158	454.69	21.445	6.4486	28.583	400
130	12	6	0.58424	4.0347	0.59335	180.44	9.0325	48.416	4.2065	8.2053	195.34	0.08	8.413	410.27	21.445	5.4841	27.543	400
130	12	7	0.5681	4.0711	0.59446	212.02	9.1185	48.854	4.772	7.5842	172.19	0.08	9.544	379.21	21.445	4.7932	26.799	400
130	12	8	0.55283	4.1092	0.59559	244.11	9.2086	49.31	5.3071	7.1311	154.83	0.08	10.614	356.56	21.445	4.2696	26.237	400
130	12	9	0.53835	4.1487	0.59673	276.73	9.3026	49.785	5.8142	6.7908	141.33	0.08	11.628	339.54	21.445	3.8674	25.805	400

130	12	10	0.52462	4.1896	0.59788	309.91	9.4002	50.275	6.2954	6.5301	130.52	0.08	12.591	326.5	21.445	3.5439	25.459	400
130	12	11	0.51157	4.2317	0.59903	343.66	9.5012	50.78	6.7527	6.328	121.68	0.08	13.505	316.4	21.445	3.2792	25.176	400
130	12	12	0.49915	4.275	0.60019	378.01	9.6057	51.3	7.1878	6.1707	114.32	0.08	14.376	308.53	21.445	3.0653	24.948	400
130	13	5	0.59292	4	0.60168	159.26	9.7475	52	3.854	8.6294	221.49	0.086667	7.7079	431.47	19.795	6.013	26.469	400
130	13	6	0.57541	4.0347	0.60262	192.47	9.8394	52.451	4.4882	7.8109	190.19	0.086667	8.9764	390.55	19.795	5.117	25.502	400
130	13	7	0.55891	4.0711	0.60357	226.22	9.9366	52.925	5.0861	7.2405	167.83	0.086667	10.172	362.03	19.795	4.4756	24.811	400
130	13	8	0.54333	4.1092	0.60453	260.54	10.039	53.42	5.6506	6.8261	151.06	0.086667	11.301	341.31	19.795	3.9889	24.288	400
130	13	9	0.52859	4.1487	0.6055	295.45	10.145	53.933	6.1846	6.5166	138.02	0.086667	12.369	325.83	19.795	3.6132	23.885	400
130	13	10	0.51464	4.1896	0.60647	330.98	10.257	54.465	6.6903	6.2812	127.59	0.086667	13.381	314.06	19.795	3.3139	23.565	400
130	13	11	0.5014	4.2317	0.60744	367.15	10.372	55.012	7.17	6.1006	119.05	0.086667	14.34	305.03	19.795	3.0746	23.309	400
130	13	12	0.48882	4.275	0.60839	403.99	10.492	55.575	0.1	454.63	8536.1	0.086667	0.2	22732	19.795	244.8	23.309	400
130	14	5	0.58472	4	0.60909	169.42	10.584	56	4.0931	8.2368	215.61	0.093333	8.1861	411.84	18.382	5.6411	24.658	400
130	14	6	0.56683	4.0347	0.60985	204.81	10.689	56.485	4.7614	7.4787	185.35	0.093333	9.5228	373.94	18.382	4.8053	23.756	400
130	14	7	0.55001	4.0711	0.61063	240.8	10.8	56.996	5.3901	6.9523	163.73	0.093333	10.78	347.62	18.382	4.2	23.104	400
130	14	8	0.53415	4.1092	0.61141	277.42	10.918	57.529	5.9825	6.5716	147.52	0.093333	11.965	328.58	18.382	3.7528	22.623	400
130	14	9	0.51918	4.1487	0.61218	314.71	11.041	58.082	6.5417	6.2891	134.91	0.093333	13.083	314.45	18.382	3.4019	22.246	400
130	14	10	0.50503	4.1896	0.61293	352.68	11.171	58.654	7.0704	6.0762	124.82	0.093333	14.141	303.81	18.382	3.1208	21.945	400
130	14	11	0.49163	4.2317	0.61367	391.38	11.306	59.244	7.5711	5.9148	116.56	0.093333	15.142	295.74	18.382	2.8858	21.695	400
130	14	12	0.47892	4.275	0.61439	430.82	11.446	59.85	0.1	466.1	8825.2	0.093333	0.2	23305	18.382	244.8	21.695	400
130	15	5	0.57673	4	0.61456	179.91	11.481	60	4.3255	7.9027	210.02	0.1	8.651	395.13	17.156	5.319	23.089	400
130	15	6	0.55849	4.0347	0.61513	217.56	11.604	60.52	5.0264	7.1976	180.73	0.1	10.053	359.88	17.156	4.5299	22.237	400
130	15	7	0.54137	4.0711	0.6157	255.88	11.735	61.067	5.6844	6.7099	159.81	0.1	11.369	335.49	17.156	3.9626	21.626	400
130	15	8	0.52527	4.1092	0.61625	294.9	11.874	61.638	6.3032	6.3592	144.12	0.1	12.606	317.96	17.156	3.5392	21.17	400
130	15	9	0.5101	4.1487	0.61678	334.67	12.02	62.231	6.8863	6.1009	131.92	0.1	13.773	305.04	17.156	3.2089	20.816	400
130	15	10	0.49578	4.1896	0.61727	375.22	12.174	62.844	7.4366	5.9083	122.16	0.1	14.873	295.42	17.156	2.9447	20.533	400
130	15	11	0.48224	4.2317	0.61774	416.57	12.336	63.475	0.1	458.69	9084.3	0.1	0.2	22935	17.156	244.8	20.533	400
130	15	12	0.46942	4.275	0.61816	458.78	12.505	64.125	0.1	478.15	9084.3	0.1	0.2	23908	17.156	244.8	20.533	400
130	16	5	0.56893	4	0.61808	190.81	12.472	64	4.5514	7.6179	204.63	0.10667	9.1029	380.9	16.084	5.0382	21.717	400
130	16	6	0.55037	4.0347	0.61841	230.84	12.619	64.555	5.2836	6.9598	176.27	0.10667	10.567	347.99	16.084	4.2902	20.909	400
130	16	7	0.53299	4.0711	0.6187	271.61	12.777	65.138	5.9695	6.5068	156.02	0.10667	11.939	325.34	16.084	3.7624	20.34	400
130	16	8	0.51667	4.1092	0.61897	313.18	12.945	65.747	6.6134	6.1832	140.83	0.10667	13.227	309.16	16.084	3.3585	19.906	400
130	16	9	0.50132	4.1487	0.61918	355.59	13.123	66.38	7.219	5.9472	129.01	0.10667	14.438	297.36	16.084	3.0493	19.574	400
130	16	10	0.48686	4.1896	0.61934	398.89	13.312	67.033	7.7897	5.7737	119.56	0.10667	15.579	288.69	16.084	2.7985	19.306	400
130	16	11	0.47321	4.2317	0.61945	443.12	13.512	67.707	0.1	470.31	9313.6	0.10667	0.2	23516	16.084	244.8	19.306	400
130	16	12	0.4603	4.275	0.61948	488.32	13.723	68.4	0.1	491.11	9313.6	0.10667	0.2	24555	16.084	244.8	19.306	400
130	4	5	0.67825	4	0.38713	76.161	2.963	16	1.3565	21.644	338.23	0.026667	2.713	1082.2	64.335	17.727	83.486	500
130	4	6	0.66642	4.0347	0.38897	91.75	2.9887	16.139	1.5994	18.963	286.86	0.026667	3.1988	948.14	64.335	14.982	80.556	500
130	4	7	0.655	4.0711	0.39088	107.48	3.0157	16.285	1.834	17.058	250.17	0.026667	3.668	852.89	64.335	13.023	78.465	500
130	4	8	0.64397	4.1092	0.39286	123.36	3.0439	16.437	2.0607	15.639	222.65	0.026667	4.1214	781.93	64.335	11.551	76.895	500
130	4	9	0.6333	4.1487	0.3949	139.39	3.0731	16.595	2.2799	14.544	201.24	0.026667	4.5598	727.18	64.335	10.407	75.675	500
130	4	10	0.62298	4.1896	0.39699	155.58	3.1034	16.758	2.4919	13.676	184.12	0.026667	4.9838	683.79	64.335	9.4917	74.7	500

130	4	11	0.61299	4.2317	0.39912	171.93	3.1346	16.927	2.6971	12.974	170.11	0.026667	5.3943	648.68	64.335	8.7425	73.902	500
130	4	12	0.60331	4.275	0.40129	188.46	3.1667	17.1	2.8959	12.396	158.43	0.026667	5.7918	619.79	64.335	8.1189	73.238	500
130	5	5	0.66781	4	0.43459	84.804	3.7038	20	1.6695	17.844	308.26	0.033333	3.339	892.18	51.468	14.339	67.011	500
130	5	6	0.65514	4.0347	0.43642	102.22	3.7359	20.173	1.9654	15.699	261.85	0.033333	3.9309	784.93	51.468	12.127	64.646	500
130	5	7	0.64295	4.0711	0.43831	119.81	3.7696	20.356	2.2503	14.177	228.7	0.033333	4.5006	708.85	51.468	10.548	62.959	500
130	5	8	0.63119	4.1092	0.44028	137.59	3.8049	20.546	2.5248	13.046	203.84	0.033333	5.0496	652.28	51.468	9.3638	61.693	500
130	5	9	0.61987	4.1487	0.44229	155.57	3.8415	20.744	2.7894	12.175	184.5	0.033333	5.5788	608.73	51.468	8.442	60.709	500
130	5	10	0.60894	4.1896	0.44435	173.74	3.8793	20.948	3.0447	11.486	169.03	0.033333	6.0894	574.31	51.468	7.7047	59.922	500
130	5	11	0.59839	4.2317	0.44645	192.13	3.9183	21.158	3.2911	10.931	156.37	0.033333	6.5822	546.55	51.468	7.1021	59.28	500
130	5	12	0.58819	4.275	0.44859	210.73	3.9584	21.375	3.5292	10.476	145.83	0.033333	7.0583	523.8	51.468	6.5999	58.745	500
130	6	5	0.65766	4	0.47259	93.581	4.4447	24	1.973	15.318	287.63	0.04	3.946	765.9	42.89	12.08	56.028	500
130	6	6	0.64422	4.0347	0.47436	112.85	4.4832	24.208	2.3192	13.531	244.69	0.04	4.6384	676.54	42.89	10.225	54.041	500
130	6	7	0.63131	4.0711	0.47619	132.34	4.5238	24.427	2.6515	12.265	214.02	0.04	5.303	613.26	42.89	8.9015	52.624	500
130	6	8	0.61891	4.1092	0.47809	152.05	4.5661	24.655	2.9708	11.326	191.02	0.04	5.9415	566.29	42.89	7.908	51.562	500
130	6	9	0.60699	4.1487	0.48003	172	4.61	24.892	3.2777	10.605	173.13	0.04	6.5555	530.23	42.89	7.1332	50.733	500
130	6	10	0.59552	4.1896	0.48201	192.2	4.6555	25.138	3.5731	10.036	158.82	0.04	7.1462	501.81	42.89	6.5174	50.075	500
130	6	11	0.58447	4.2317	0.48403	212.66	4.7023	25.39	3.8575	9.5797	147.11	0.04	7.715	478.98	42.89	6.0071	49.531	500
130	6	12	0.57383	4.275	0.48607	233.38	4.7504	25.65	4.1316	9.2072	137.35	0.04	8.2631	460.36	42.89	5.5861	49.082	500
130	7	5	0.64779	4	0.5034	102.5	5.186	28	2.2673	13.521	272.28	0.046667	4.5345	676.03	36.763	10.466	48.182	500
130	7	6	0.63363	4.0347	0.50508	123.65	5.231	28.243	2.6612	11.989	231.97	0.046667	5.3225	599.47	36.763	8.8667	46.467	500
130	7	7	0.62008	4.0711	0.50682	145.06	5.2784	28.498	3.0384	10.907	203.18	0.046667	6.0767	545.34	36.763	7.7214	45.239	500
130	7	8	0.60709	4.1092	0.50861	166.75	5.3278	28.764	3.3997	10.105	181.58	0.046667	6.7994	505.25	36.763	6.8674	44.324	500
130	7	9	0.59463	4.1487	0.51045	188.71	5.3791	29.041	3.7462	9.4912	164.79	0.046667	7.4924	474.56	36.763	6.1995	43.609	500
130	7	10	0.58268	4.1896	0.51232	210.97	5.4322	29.327	4.0788	9.0092	151.35	0.046667	8.1575	450.46	36.763	5.6621	43.035	500
130	7	11	0.5712	4.2317	0.51423	233.53	5.4868	29.622	4.3982	8.6235	140.36	0.046667	8.7964	431.18	36.763	5.2266	42.57	500
130	7	12	0.56016	4.275	0.51615	256.41	5.5431	29.925	4.7053	8.3105	131.2	0.046667	9.4107	415.53	36.763	4.8634	42.183	500
130	8	5	0.63819	4	0.52861	111.55	5.9283	32	2.5528	12.179	260.18	0.053333	5.1055	608.93	32.168	9.2596	42.302	500
130	8	6	0.62337	4.0347	0.53018	134.62	5.9799	32.277	2.9922	10.839	221.98	0.053333	5.9843	541.97	32.168	7.848	40.786	500
130	8	7	0.60922	4.0711	0.53181	157.99	6.0341	32.569	3.4116	9.8944	194.68	0.053333	6.8233	494.72	32.168	6.8413	39.705	500
130	8	8	0.5957	4.1092	0.53349	181.68	6.0907	32.874	3.8125	9.1963	174.21	0.053333	7.625	459.81	32.168	6.0832	38.893	500
130	8	9	0.58277	4.1487	0.5352	205.7	6.1495	33.19	4.1959	8.6634	158.29	0.053333	8.3919	433.17	32.168	5.4987	38.266	500
130	8	10	0.57039	4.1896	0.53695	230.05	6.2103	33.517	4.5631	8.2466	145.56	0.053333	9.1262	412.33	32.168	5.0241	37.759	500
130	8	11	0.55852	4.2317	0.53872	254.76	6.273	33.854	4.915	7.9146	135.14	0.053333	9.8299	395.73	32.168	4.6386	37.347	500
130	8	12	0.54714	4.275	0.54051	279.83	6.3374	34.2	5.2525	7.6468	126.45	0.053333	10.505	382.34	32.168	4.3179	37.005	500
130	9	5	0.63565	4	0.54936	120.76	6.6729	36	2.8604	11.094	247.54	0.06	5.7208	554.7	28.593	8.2266	37.628	500
130	9	6	0.6212	4.0347	0.55082	145.78	6.7311	36.312	3.3545	9.9047	211.08	0.06	6.709	495.24	28.593	6.9614	36.268	500
130	9	7	0.6074	4.0711	0.55233	171.14	6.7924	36.64	3.8266	9.0672	185.03	0.06	7.6532	453.36	28.593	6.059	35.299	500
130	9	8	0.59419	4.1092	0.55388	196.87	6.8564	36.983	4.2782	8.4502	165.5	0.06	8.5564	422.51	28.593	5.3825	34.573	500
130	9	9	0.58155	4.1487	0.55546	222.97	6.9229	37.339	4.7106	7.9808	150.31	0.06	9.4211	399.04	28.593	4.8578	34.01	500
130	9	10	0.56943	4.1896	0.55707	249.46	6.9917	37.706	5.1249	7.6152	138.16	0.06	10.25	380.76	28.593	4.4387	33.561	500

130	9	11	0.55781	4.2317	0.5587	276.35	7.0626	38.085	5.5223	7.3256	128.22	0.06	11.045	366.28	28.593	4.0943	33.193	500
130	9	12	0.54666	4.275	0.56035	303.67	7.1355	38.475	5.9039	7.0935	119.93	0.06	11.808	354.67	28.593	3.8065	32.886	500
130	10	5	0.61878	4	0.5665	130.11	7.4219	40	3.0939	10.32	242.07	0.066667	6.1878	516.01	25.734	7.579	34.078	500
130	10	6	0.60267	4.0347	0.56784	157.12	7.4871	40.347	3.616	9.2507	207.12	0.066667	7.232	462.53	25.734	6.433	32.844	500
130	10	7	0.58737	4.0711	0.56922	184.51	7.5558	40.711	4.1116	8.4993	182.15	0.066667	8.2231	424.96	25.734	5.6144	31.964	500
130	10	8	0.57283	4.1092	0.57064	212.32	7.6276	41.092	4.5826	7.9473	163.43	0.066667	9.1652	397.36	25.734	5.0009	31.305	500
130	10	9	0.55899	4.1487	0.57208	240.54	7.7022	41.487	5.0309	7.5289	148.87	0.066667	10.062	376.45	25.734	4.5257	30.795	500
130	10	10	0.5458	4.1896	0.57355	269.21	7.7794	41.896	5.458	7.2047	137.22	0.066667	10.916	360.23	25.734	4.1461	30.389	500
130	10	11	0.53323	4.2317	0.57503	298.34	7.8591	42.317	5.8655	6.9494	127.68	0.066667	11.731	347.47	25.734	3.8321	30.053	500
130	10	12	0.52122	4.275	0.57652	327.94	7.9412	42.75	6.2546	6.7465	119.74	0.066667	12.509	337.32	25.734	3.5689	29.773	500
130	11	5	0.60994	4	0.58065	139.64	8.1791	44	3.3547	9.6487	234.54	0.073333	6.7093	482.43	23.395	6.961	31.079	500
130	11	6	0.59332	4.0347	0.58186	168.67	8.252	44.381	3.9159	8.6777	200.93	0.073333	7.8318	433.89	23.395	5.9136	29.951	500
130	11	7	0.57758	4.0711	0.58311	198.13	8.3287	44.783	4.4473	7.9972	176.92	0.073333	8.8947	399.86	23.395	5.1677	29.148	500
130	11	8	0.56265	4.1092	0.58439	228.05	8.409	45.201	4.9513	7.4989	158.91	0.073333	9.9027	374.94	23.395	4.602	28.541	500
130	11	9	0.54848	4.1487	0.58569	258.45	8.4926	45.636	5.4299	7.1228	144.9	0.073333	10.86	356.14	23.395	4.168	28.075	500
130	11	10	0.535	4.1896	0.587	289.35	8.5792	46.085	5.885	6.8329	133.7	0.073333	11.77	341.65	23.395	3.819	27.701	500
130	11	11	0.52217	4.2317	0.58833	320.76	8.6687	46.549	6.3183	6.6064	124.53	0.073333	12.637	330.32	23.395	3.5303	27.393	500
130	11	12	0.50994	4.275	0.58965	352.7	8.761	47.025	6.7312	6.4279	116.89	0.073333	13.462	321.4	23.395	3.291	27.137	500
130	12	5	0.60132	4	0.59227	149.34	8.951	48	3.6079	9.0939	227.75	0.08	7.2158	454.69	21.445	6.4486	28.583	500
130	12	6	0.58424	4.0347	0.59335	180.44	9.0325	48.416	4.2065	8.2053	195.34	0.08	8.413	410.27	21.445	5.4841	27.543	500
130	12	7	0.5681	4.0711	0.59446	212.02	9.1185	48.854	4.772	7.5842	172.19	0.08	9.544	379.21	21.445	4.7932	26.799	500
130	12	8	0.55283	4.1092	0.59559	244.11	9.2086	49.31	5.3071	7.1311	154.83	0.08	10.614	356.56	21.445	4.2696	26.237	500
130	12	9	0.53835	4.1487	0.59673	276.73	9.3026	49.785	5.8142	6.7908	141.33	0.08	11.628	339.54	21.445	3.8674	25.805	500
130	12	10	0.52462	4.1896	0.59788	309.91	9.4002	50.275	6.2954	6.5301	130.52	0.08	12.591	326.5	21.445	3.5439	25.459	500
130	12	11	0.51157	4.2317	0.59903	343.66	9.5012	50.78	6.7527	6.328	121.68	0.08	13.505	316.4	21.445	3.2792	25.176	500
130	12	12	0.49915	4.275	0.60019	378.01	9.6057	51.3	7.1878	6.1707	114.32	0.08	14.376	308.53	21.445	3.0653	24.948	500
130	13	5	0.59292	4	0.60168	159.26	9.7475	52	3.854	8.6294	221.49	0.086667	7.7079	431.47	19.795	6.013	26.469	500
130	13	6	0.57541	4.0347	0.60262	192.47	9.8394	52.451	4.4882	7.8109	190.19	0.086667	8.9764	390.55	19.795	5.117	25.502	500
130	13	7	0.55891	4.0711	0.60357	226.22	9.9366	52.925	5.0861	7.2405	167.83	0.086667	10.172	362.03	19.795	4.4756	24.811	500
130	13	8	0.54333	4.1092	0.60453	260.54	10.039	53.42	5.6506	6.8261	151.06	0.086667	11.301	341.31	19.795	3.9889	24.288	500
130	13	9	0.52859	4.1487	0.6055	295.45	10.145	53.933	6.1846	6.5166	138.02	0.086667	12.369	325.83	19.795	3.6132	23.885	500
130	13	10	0.51464	4.1896	0.60647	330.98	10.257	54.465	6.6903	6.2812	127.59	0.086667	13.381	314.06	19.795	3.3139	23.565	500
130	13	11	0.5014	4.2317	0.60744	367.15	10.372	55.012	7.17	6.1006	119.05	0.086667	14.34	305.03	19.795	3.0746	23.309	500
130	13	12	0.48882	4.275	0.60839	403.99	10.492	55.575	7.6256	5.9619	111.94	0.086667	15.251	298.1	19.795	2.863	23.084	500
130	14	5	0.58472	4	0.60909	169.42	10.584	56	4.0931	8.2368	215.61	0.093333	8.1861	411.84	18.382	5.6411	24.658	500
130	14	6	0.56683	4.0347	0.60985	204.81	10.689	56.485	4.7614	7.4787	185.35	0.093333	9.5228	373.94	18.382	4.8053	23.756	500
130	14	7	0.55001	4.0711	0.61063	240.8	10.8	56.996	5.3901	6.9523	163.73	0.093333	10.78	347.62	18.382	4.2	23.104	500
130	14	8	0.53415	4.1092	0.61141	277.42	10.918	57.529	5.9825	6.5716	147.52	0.093333	11.965	328.58	18.382	3.7528	22.623	500
130	14	9	0.51918	4.1487	0.61218	314.71	11.041	58.082	6.5417	6.2891	134.91	0.093333	13.083	314.45	18.382	3.4019	22.246	500
130	14	10	0.50503	4.1896	0.61293	352.68	11.171	58.654	7.0704	6.0762	124.82	0.093333	14.141	303.81	18.382	3.1208	21.945	500

130	14	11	0.49163	4.2317	0.61367	391.38	11.306	59.244	7.5711	5.9148	116.56	0.093333	15.142	295.74	18.382	2.8858	21.695	500
130	14	12	0.47892	4.275	0.61439	430.82	11.446	59.85	8.0458	5.7931	109.69	0.093333	16.092	289.65	18.382	2.6995	21.497	500
130	15	5	0.57673	4	0.61456	179.91	11.481	60	4.3255	7.9027	210.02	0.1	8.651	395.13	17.156	5.319	23.089	500
130	15	6	0.55849	4.0347	0.61513	217.56	11.604	60.52	5.0264	7.1976	180.73	0.1	10.053	359.88	17.156	4.5299	22.237	500
130	15	7	0.54137	4.0711	0.6157	255.88	11.735	61.067	5.6844	6.7099	159.81	0.1	11.369	335.49	17.156	3.9626	21.626	500
130	15	8	0.52527	4.1092	0.61625	294.9	11.874	61.638	6.3032	6.3592	144.12	0.1	12.606	317.96	17.156	3.5392	21.17	500
130	15	9	0.5101	4.1487	0.61678	334.67	12.02	62.231	6.8863	6.1009	131.92	0.1	13.773	305.04	17.156	3.2089	20.816	500
130	15	10	0.49578	4.1896	0.61727	375.22	12.174	62.844	7.4366	5.9083	122.16	0.1	14.873	295.42	17.156	2.9447	20.533	500
130	15	11	0.48224	4.2317	0.61774	416.57	12.336	63.475	7.9569	5.7647	114.17	0.1	15.914	288.24	17.156	2.7368	20.311	500
130	15	12	0.46942	4.275	0.61816	458.78	12.505	64.125	8.4495	5.6589	107.51	0.1	16.899	282.95	17.156	2.548	20.112	500
130	16	5	0.56893	4	0.61808	190.81	12.472	64	4.5514	7.6179	204.63	0.10667	9.1029	380.9	16.084	5.0382	21.717	500
130	16	6	0.55037	4.0347	0.61841	230.84	12.619	64.555	5.2836	6.9598	176.27	0.10667	10.567	347.99	16.084	4.2902	20.909	500
130	16	7	0.53299	4.0711	0.6187	271.61	12.777	65.138	5.9695	6.5068	156.02	0.10667	11.939	325.34	16.084	3.7624	20.34	500
130	16	8	0.51667	4.1092	0.61897	313.18	12.945	65.747	6.6134	6.1832	140.83	0.10667	13.227	309.16	16.084	3.3585	19.906	500
130	16	9	0.50132	4.1487	0.61918	355.59	13.123	66.38	7.219	5.9472	129.01	0.10667	14.438	297.36	16.084	3.0493	19.574	500
130	16	10	0.48686	4.1896	0.61934	398.89	13.312	67.033	7.7897	5.7737	119.56	0.10667	15.579	288.69	16.084	2.7985	19.306	500
130	16	11	0.47321	4.2317	0.61945	443.12	13.512	67.707	8.3284	5.6471	111.83	0.10667	16.657	282.35	16.084	2.5905	19.085	500
130	16	12	0.4603	4.275	0.61948	488.32	13.723	68.4	8.8377	5.5569	105.38	0.10667	17.675	277.85	16.084	2.4274	18.912	500

Ответ:

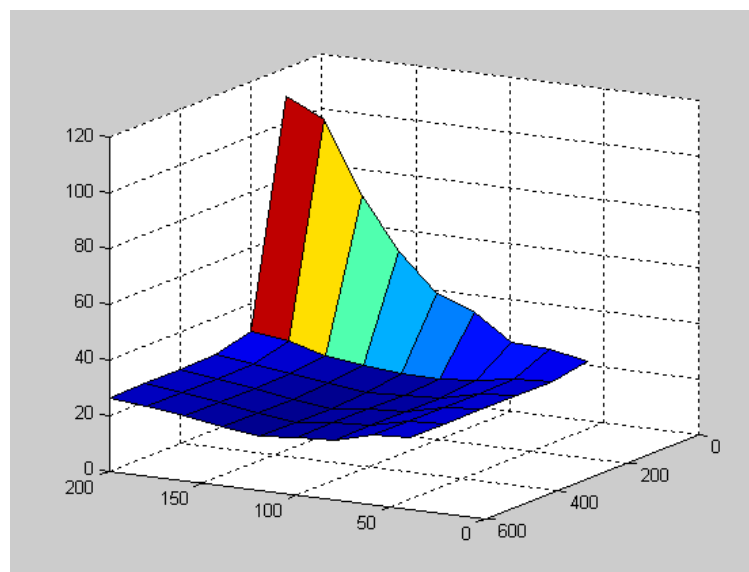
$B_{opt} = 16 \text{ м}$

$V_{opt} = 12 \text{ км/ч}$

$M_{tiop} = 13000 \text{ кг}$

$N_{eopt} = 488.3192 \text{ л.с.}$

$E_{min} = 18912,3 \text{ МДж/га}$



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Прототип трактора - К-424

Теоретическая тяговая характеристика трактора

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Nкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2470,786	20,444	79,053	15,862	775,846	10090,070	0,000	6,512	0,018	876824,353	0,001
2462,929	32,497	126,062	17,533	539,531	16090,070	0,010	6,427	10,730	1634,123	0,330
2455,071	44,473	173,070	19,205	431,836	22090,070	0,020	6,342	21,158	907,704	0,476
2447,214	56,372	220,079	20,877	370,344	28090,070	0,030	6,258	31,306	666,880	0,555
2439,356	68,194	267,087	22,549	330,661	34090,070	0,040	6,174	41,174	547,645	0,604
2431,499	79,938	314,096	24,221	302,997	40090,070	0,050	6,090	50,766	477,105	0,635
2423,641	91,604	361,104	25,893	282,658	46090,070	0,060	6,007	60,082	430,954	0,656
2415,783	103,194	408,113	27,565	267,115	52090,070	0,070	5,923	69,122	398,781	0,670
2407,926	114,706	455,121	29,236	254,882	58090,070	0,080	5,840	77,881	375,399	0,679
2400,068	126,140	502,130	30,908	245,031	64090,070	0,090	5,755	86,346	357,960	0,685
2392,211	137,498	549,138	32,580	236,950	70090,070	0,101	5,668	94,486	344,813	0,687
2384,353	148,778	596,147	34,252	230,222	76090,070	0,113	5,576	102,244	335,003	0,687
2376,496	159,981	643,155	35,924	224,551	82090,070	0,126	5,475	109,509	328,043	0,685
2368,638	171,106	690,164	37,596	219,721	88090,070	0,142	5,358	116,097	323,831	0,679
2360,781	182,154	737,172	39,268	215,573	94090,070	0,162	5,215	121,699	322,660	0,668
2352,923	193,125	784,181	40,939	211,984	100090,070	0,188	5,033	125,834	325,345	0,652
2345,066	204,019	831,189	42,611	208,860	106090,070	0,225	4,791	127,763	333,519	0,626
2337,208	214,835	878,198	44,283	206,127	112090,070	0,276	4,460	126,392	350,363	0,588
2329,351	225,574	925,206	45,955	203,725	118090,070	0,348	4,004	120,141	382,510	0,533
2321,493	236,235	972,215	47,627	201,608	124090,070	0,449	3,371	106,770	446,070	0,452
2313,636	246,819	1019,223	49,299	199,736	130090,070	0,591	2,495	83,175	592,708	0,337
2305,778	257,326	1066,232	50,971	198,078	136090,070	0,788	1,289	45,124	1129,564	0,175
2249,154	262,073	1113,240	52,649	200,895	142090,070	1,059	-0,349	-12,788	-4117,059	-0,049

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Gч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Nкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2465,799	28,103	108,888	16,923	602,164	10090,070	0,000	8,952	0,025	680537,004	0,001
2454,976	44,618	173,638	19,225	430,894	16090,070	0,010	8,824	14,731	1305,085	0,330
2444,153	60,985	238,387	21,528	353,007	22090,070	0,020	8,697	29,014	742,007	0,476
2433,330	77,207	303,137	23,831	308,666	28090,070	0,030	8,570	42,876	555,816	0,555
2422,507	93,281	367,886	26,134	280,163	34090,070	0,040	8,445	56,322	464,009	0,604
2411,684	109,209	432,636	28,437	260,388	40090,070	0,050	8,320	69,356	410,013	0,635
2400,861	124,990	497,385	30,740	245,936	46090,070	0,060	8,196	81,979	374,966	0,656
2390,038	140,624	562,135	33,042	234,969	52090,070	0,070	8,072	94,194	350,790	0,670
2379,216	156,112	626,885	35,345	226,409	58090,070	0,080	7,948	105,994	333,463	0,679
2368,393	171,453	691,634	37,648	219,582	64090,070	0,090	7,823	117,363	320,783	0,685
2357,570	186,647	756,384	39,951	214,045	70090,070	0,101	7,694	128,261	311,481	0,687
2346,747	201,695	821,133	42,254	209,493	76090,070	0,113	7,559	138,609	304,839	0,687
2335,924	216,596	885,883	44,556	205,713	82090,070	0,126	7,412	148,263	300,522	0,685
2325,101	231,350	950,632	46,859	202,547	88090,070	0,142	7,244	156,973	298,519	0,679
2314,278	245,957	1015,382	49,162	199,881	94090,070	0,162	7,042	164,327	299,173	0,668
2303,455	260,418	1080,132	51,465	197,624	100090,070	0,188	6,786	169,680	303,306	0,652
2119,832	254,025	1144,881	53,549	210,803	106090,070	0,225	5,965	159,078	336,622	0,626
1855,188	234,885	1209,631	54,277	231,078	112090,070	0,276	4,877	138,188	392,773	0,588
1590,544	212,158	1274,380	53,326	251,352	118090,070	0,348	3,766	112,995	471,934	0,533

п, мин-1	№, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2458,473	39,298	152,719	18,481	470,286	10090,070	0,000	12,518	0,035	531495,210	0,001
2443,293	62,280	243,533	21,711	348,608	16090,070	0,010	12,317	20,563	1055,858	0,330
2428,114	84,973	334,346	24,941	293,518	22090,070	0,020	12,118	40,425	616,984	0,476
2412,934	107,377	425,160	28,171	262,354	28090,070	0,030	11,920	59,631	472,421	0,555
2397,754	129,493	515,974	31,401	242,489	34090,070	0,040	11,723	78,186	401,612	0,604
2382,575	151,320	606,787	34,630	228,855	40090,070	0,050	11,528	96,100	360,360	0,635
2367,395	172,859	697,601	37,860	219,023	46090,070	0,060	11,334	113,376	333,934	0,656
2352,216	194,109	788,414	41,090	211,685	52090,070	0,070	11,142	130,020	316,029	0,670
2337,036	215,071	879,228	44,320	206,071	58090,070	0,080	10,950	146,025	303,508	0,679
2321,856	235,744	970,041	47,550	201,700	64090,070	0,090	10,756	161,371	294,659	0,685
2306,677	256,128	1060,855	50,779	198,257	70090,070	0,101	10,559	176,007	288,507	0,687
2092,090	252,187	1151,689	53,698	212,928	76090,070	0,113	9,452	173,309	309,838	0,687
1720,917	223,803	1242,482	54,018	241,364	82090,070	0,128	7,659	153,197	352,605	0,685

п, мин-1	№, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

п, мин-1	№, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

п, мин-1	№, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	гкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

п, мин-1	Ne, кВт	Мкр, Н.м	Гч, кг/ч	Гуд, г/кВт.ч	Ркр, Н	Букс.	V, км/ч	Нкр, кВт	gкр, г/кр.кВт.ч	КПДтяг
2453,493	46,869	182,511	19,541	416,925	10090,070	0,000	14,930	0,041	471189,015	0,001
2435,352	74,187	291,040	23,401	315,429	16090,070	0,010	14,672	24,494	955,368	0,330
2417,212	101,093	399,569	27,261	269,659	22090,070	0,020	14,416	48,095	566,815	0,476
2399,071	127,587	508,098	31,121	243,917	28090,070	0,030	14,163	70,854	439,221	0,555
2380,930	153,668	616,628	34,980	227,636	34090,070	0,040	13,912	92,783	377,013	0,604
2362,789	179,338	725,157	38,840	216,576	40090,070	0,050	13,663	113,893	341,025	0,635
2344,648	204,595	833,686	42,700	208,705	46090,070	0,060	13,415	134,192	318,202	0,656
2326,508	229,440	942,215	46,560	202,928	52090,070	0,070	13,170	153,685	302,956	0,670
2308,367	253,873	1050,744	50,420	198,602	58090,070	0,080	12,925	172,370	292,508	0,679
2061,009	250,081	1159,273	53,845	215,309	64090,070	0,090	11,410	171,185	314,541	0,685
1617,430	214,631	1267,802	53,506	249,292	70090,070	0,101	8,848	147,491	362,774	0,687

Расчет выполнил студент - Садартинов Альберт Аликович

Группа номер - С251-07

***** Расчёты окончены *****

СПЕЦИФИКАЦИЯ

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
	A1			ВКР.23.05.01.117.20.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
					Детали		
			1	ВКР.23.05.01.117.20.00.00.1	Вилка кронштейна	1	
			2	ВКР.23.05.01.117.20.00.00.2	Вал осей шарниров	1	
			3	ВКР.23.05.01.117.20.00.00.3	Кронштейн монтажный	1	
			4	ВКР.23.05.01.117.20.00.00.4	Кронштейн прибора	1	
			5	ВКР.23.05.01.117.20.00.00.5	Шарнир	1	
					Стандартные изделия		
			6		Болт М6 – 6dх30.28 (S10) ГОСТ 7798-70	2	
Подп. и дата			7		Гайка М6-6H.5 (S10) ГОСТ 5915-70	2	
			8		Заклепка 4х6.00 ГОСТ 10299-80	2	
			9		Шайба 10.02.СтЗкл.019 ГОСТ 11371-78	2	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
				ВКР.23.05.01.117.20.00.00.СБ			
Изм. / Лист				№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.				Садартинов А.А.		06.20	
Пров.				Хафизов К.А.		06.20	
Н.контр.				Хафизов К.А.		06.20	
Утв.				Хафизов К.А.		06.20	
Кронштейн прибора						Лит.	Лист
Сборочный чертеж						1	1
						Казанский ГАУ каф. ТАиЭУ	
						С251-07 группа	
						Формат А4	

Копировал