

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра: Тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов

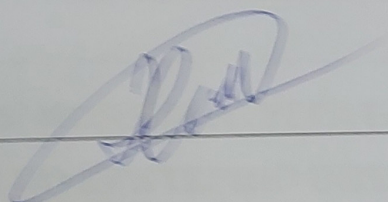
Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия

Магистерская программа – Технический сервис в сельском хозяйстве

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

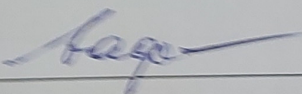
АНАЛИЗ ВЫБРОСА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МАШИННО-ТРАКТОРНЫМ АГРЕГАТОМ НА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Магистрант



Хасанов А.Д.

Научный руководитель,
д. т. н., профессор



Хафизов К.А.

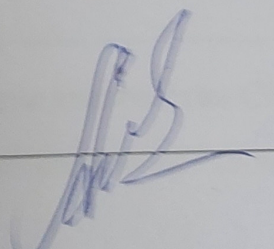
Рецензент, д. т. н., профессор



Нуруллин Э.Г.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(Протокол № 8 от 04 07 2022 г.)

Руководитель магистерской программы,
д. т. н., профессор



Адигамов Н.Р.

Казань – 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.1. Проблема выброса диоксида углерода	8
1.1.1 Угроза всемирного потепления	8
1.1.2 Основные источники выброса парниковых газов	9
1.2. Доля сельского хозяйства в процессе потепления климата	18
1.2.1 Вклад отраслей аграрного и лесного производства в выброс парниковых газов.....	19
1.2.2 Выброс диоксида углерода от средств механизации производственных процессов в сельском хозяйстве.....	20
1.2.3 Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания.....	21
1.3. Пути снижения карбонового следа в сельском хозяйстве.....	26
1.3.1. Переход к физической экономике – возможный путь к поиску способов снижения выброса диоксида углерода	30
1.4. Постановка цели и задач исследования.....	31
Выводы	32
2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АГРЕГАТА ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПО КРИТЕРИЮ ОПТИМИЗАЦИИ МИНИМАЛЬНЫЙ ВЫБРОС CO₂	33
2.1. Концепция и технология основной обработки почвы в РТ ..	33
2.2. Критерий оптимизации параметров трактора и агрегата для основной обработки почвы	36
2.3. Теоретические зависимости для расчета количества CO ₂ , связанного с потерями урожая из-за неверных параметров трактора и агрегата	37
2.3.1 Теоретические зависимости для расчета количества CO ₂ , связанного с потерями урожая из-за нарушения агросрока выполнения	

технологической операции.....	42
2.3.2 Теоретические зависимости для расчета количества CO ₂ , связанного с потерями урожая из-за негативного воздействия движителей трактора на почву.....	47
Выводы	51
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	52
3.1. Программа экспериментальных исследований.....	52
3.2. Методика эксплуатационно-технологических исследований почвообрабатывающих агрегатов.....	56
3.3. Методика обработки экспериментальных данных.....	58
Выводы	60
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ...	61
4.1 Результаты агротехнической и энергетической оценки почвообрабатывающих агрегатов.....	61
4.2 Результаты эксплуатационно-технологических исследований агрегатов глубокорыхлителей и дискаторов	65
4.3 Проверка на адекватность модуля расчета часовой производительности почвообрабатывающих агрегатов	67
Выводы	69
5 РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ДИСКОВАНИИ ПОЧВЫ И ГЛУБОКОМ РЫХЛЕНИИ.....	70
5.1 Дисковый почвообрабатывающий агрегат	70
5.1.1 Исследование влияния массы трактора и мощности его двигателя на выброс CO ₂	70
5.1.2 Исследование влияния на выброс CO ₂ ширины захвата и скорости агрегата	74
5.1.3 Исследование влияния на выброс CO ₂ в атмосферу факторов	

системы трактор-оператор-орудие-поле-почва-урожай	75
5.2 Агрегат для глубокого рыхления почвы	77
5.2.1 Исследование влияния массы трактора и мощности его двигателя на выброс CO ₂ при глубоком рыхлении почвы	77
5.2.2 Исследование влияния на выброс CO ₂ ширины захвата и скорости рыхлительного агрегата	81
5.2.3 Исследование влияния на выброс CO ₂ в атмосферу факторов системы трактор-оператор-орудие-поле-почва-урожай	82
5.3 Обобщенные рекомендации производству	84
5.4 Энергетическая и экономическая эффективность реализации результатов исследования.....	85
Выводы.....	85
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	88
Приложения.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Исследование экологических проблем использования средств механизации производственных процессов в аграрном секторе экономики приобретают все большую актуальность в связи с возникновением за последние 20 лет проблемы всемирного повышения температуры земной атмосферы. Основная причина повышения этой температуры – возникновение парникового эффекта из-за увеличения выброса диоксида углерода в атмосферу из-за техногенного воздействия на окружающую среду человека.

В предлагаемой магистерской диссертации рассматриваются вопросы снижения выброса CO₂ в атмосферу на технологических операциях, связанных с основной обработкой почвы (глубокое рыхление почвы и обработка на глубину до 15 см в технологиях разноглубинной обработки почвы), обосновываются основные параметры трактора и агрегата с целью снижения выброса диоксида углерода, в том числе и за счет уменьшения количества урожая, которая теряется если параметры трактора и агрегата выбраны не правильно, что снижает сумму поглощенного из атмосферы двуоксида углерода.

Для проведения оптимизационных расчетов выбран критерий оптимизации параметров и режимов работы трактора, сельскохозяйственной машины и агрегата в целом – минимальный выброс агрегатом CO₂ в атмосферу.

Выбранный критерий оптимизации учитывает потери урожая из-за неправильно выбранных параметров техники. Задача исследований – снизить как прямые и косвенные выбросы CO₂, в том числе не поглощенный культурой CO₂ из-за снижения урожайности от негативного влияния на нее техники.

Актуальность работы. Из-за использования технологий минимальной и нулевой обработки почвы в ней накапливается повышенная плотность и

твердость, и почва не успевает за счет заморозения и оттаивания, вернуться в равновесное состояние.

Повышенная плотность и твердость почвы приводят к снижению урожайности зерновых и других культур. В связи с этим возникает необходимость периодического глубокого рыхления почвы с целью поддержания ее естественного плодородия – возникает необходимость использования технологии разноглубинной обработки почвы, в зависимости от культур, севооборотов и др. факторов производства.

Поэтому исследования, направленные на оптимизацию параметров и режимов работы тракторов и машинно-тракторных агрегатов при глубоком рыхлении почвы и других технологических операциях основной обработки почвы по критерию оптимизации – минимальный выброс диоксида углерода, с учетом влияния параметров трактора и агрегата на формируемый урожай, является актуальной задачей.

Из-за принятой в РТ технологии разноглубинной основной обработки почвы по годам, культурам и севооборотам, дополнительно рассматривается поверхностная обработка почвы тяжелыми дисковыми боронами.

Объект исследования – машинно-тракторные агрегаты для глубокого рыхления почвы и дискования.

Предмет исследования – качественные и количественные взаимосвязи между показателем эффективности – минимальный выброс CO₂, параметрами трактора и машинно-тракторного агрегата, урожайностью сельскохозяйственных культур и факторами внешней среды, влияющими на эффективность работы агрегатов.

Цель работы – Повышение экологической и энергетической эффективности функционирования агрегатов используемых для глубокого рыхления почвы и дискования, за счет оптимизации основных параметров трактора, параметров и режимов работы машинно-тракторного агрегата (МТА).

В связи с этим в магистерской диссертации **поставлены следующие задачи:**

1. Изучить теоретические материалы по технической и производственной эксплуатации агрегатов на основной обработке почвы с целью создания его математической модели по критерию – минимальный выброс диоксида углерода в атмосферу;

2. Разработать программу, методику и провести экспериментальные исследования тракторов и агрегатов на основной обработке почвы с целью получения недостающих зависимостей энергетической математической модели МТА;

3. Провести вычислительные эксперименты с целью определения оптимальных параметров трактора и агрегата на основной обработке почвы по критерию – минимальный выброс диоксида углерода в атмосферу;

4. Составить практические рекомендации по выбору параметров тракторов и сельскохозяйственных машин на основной обработке почвы, определить эффективность их внедрения в производство.

Практическая ценность исследований заключается в том, что предлагаемый метод оптимизации параметров трактора, с учетом его влияния на формируемый урожай позволяет использовать его для подбора агрегатов глубоких рыхлителей почвы и дисковых. Практическое использование результатов исследования ведет к снижению суммарных энергетических затрат до 6000 МДж/га, снизить выброс CO_2 до 200 кг/га в зависимости от используемых тракторов, глубоких рыхлителей, дисковых, свойств почвы и размеров полей.

Апробация. Основные положения проведенных исследований доложены и одобрены: на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Казанского ГАУ — в 2021 г.

Публикации. По результатам исследований опубликованы 2 статьи.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов и предложений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 146 страниц, содержит 20 рисунков и 13 таблиц.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Проблема выброса диоксида углерода

Высвобождение углекислого газа и выброс его в атмосферу в результате различных процессов, происходящих на земном шаре, становится мировой проблемой, ведущей к неотвратимому потеплению климата, повышению среднегодовой температуры и ко всем климатическим, социальным, политическим и экономическим последствиям, вызванным этим явлением.

1.1.1 Угроза всемирного потепления

Начиная с Промышленной революции глобальная ежегодная температура увеличилась незначительно более чем на 1 градус по Цельсию, или приблизительно на 2 градуса по Фаренгейту. Между 1880 – год, когда началось ведение записей и 1980 г, температура повышалась в среднем на 0,07 градуса Цельсия (0,13 градуса по Фаренгейту) каждые 10 лет. Однако начиная с 1981 года, темп увеличения температуры более чем удвоился: В течение прошлых 40 лет наблюдалось глобальное ежегодное повышение температуры на 0,18 градуса Цельсия или 0,32 градуса по Фаренгейту, за десятилетие. В результате планета, которая никогда не была более горячей, стала нагреваться. Девять из 10 самых теплых лет с 1880 г произошли с 2005 года – и 5 самых теплых лет, когда-либо имевших место, произошли с 2015 года. Исследователи изменения климата утверждали, что была «пауза» или «замедление» в возрастающих глобальных температурах, но многочисленные научные изыскания, включая работу 2018 года, опубликованную в журнале *Environmental Research Letters*, опровергнули это требование. Влияние глобального потепления уже вредит людям во всем мире. Теперь климатологи пришли к заключению, что мы должны ограничить глобальное потепление 1,5 градусами Цельсия к 2040, если хотим избежать будущего, в которой повседневная жизнь во всем мире будет отмечена ее худшими,

самыми разрушительными эффектами: экстремальной засухой, пожарами, потопами, тропическими штормами и другими бедствиями, которые являются следствием изменения климата. Эти эффекты так или иначе чувствуют все люди, но испытывают наиболее остро бедные, экономически маргинализированные, и жители Африки, для которых изменение климата часто - ключевой фактор бедности, миграции, голода и общественных беспорядков [1].

1.1.2 Основные источники выброса парниковых газов

Имеются естественные и антропогенные источники выделения углекислого газа. Естественные источники включают разложение органики, выход CO₂ из океана и дыхание биологических объектов. Антропогенные источники проявляются, в основном, от таких видов деятельности человека, как производство цемента, вырубка леса, а также сжигание ископаемых топлив таких как – уголь, нефть и природный газ.

Из-за деятельности человека, атмосферная концентрация двуокиси углерода повышалась экстенсивно начиная с промышленной революции и теперь достигла опасных уровней, не замеченных за прошлые 3 миллиона лет [1 2, 3]. Антропогенных выделений углекислого газа намного меньше, чем от естественной эмиссии CO₂, но они нарушили естественный баланс, который существовал в течение многих тысяч лет до появления людей и их производственной деятельности. Это вызвано тем, что естественные механизмы в природе удаляют столько же двуокиси углерода из атмосферы, сколько выбрасывалось естественными источниками [4]. Это сохраняло уровень двуокиси углерода в атмосфере в сбалансированном состоянии и безопасном диапазоне. Но антропогенные источники эмиссии нарушили естественный баланс CO₂ в природе, добавив дополнительную двуокись углерода в атмосферу, без ее дальнейшего удаления.

Выделения углекислого газа: Антропогенные источники

Начиная с промышленной революции, антропогенные источники выделений углекислого газа росли. Деятельность человека, такая как сжигание нефти, угля и газа, а также вырубки леса является основной причиной увеличенных концентраций двуокиси углерода в атмосфере. Примерно 87 % всех произведенных человеком выделений углекислого газа исходят от сжигания ископаемого топлива таких как – уголь, природный газ и нефть. Остальной выброс следует из-за рубки лесов и других изменений в землепользовании (9%), а также некоторых производственных процессов, таких как изготовление цемента и др. (4%).

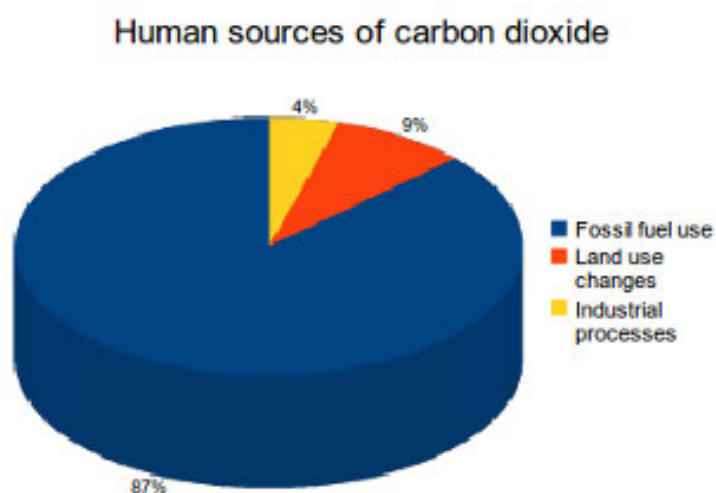


Рисунок 1 – Доля различных процессов в выбросе углекислого газа CO₂ [2]

Сжигание ископаемого топлива

Самый большой антропогенный источник выделений углекислого газа от сгорания ископаемого топлива. Он производит 87% выделений углекислого газа, связанных с деятельностью человечества. Сжигание топлива высвобождает энергию, которая обычно превращается в тепло, электричество или энергию для транспортировки грузов. Топливо широко используется в тепловых электростанциях, автотранспортом, тракторами и производственными предприятиями. В 2019 использование ископаемого топлива создало 39,2 миллиарда тонн выделений углекислого газа во всем мире. Типы ископаемого топлива, которые используются - больше всего уголь, природный газ и нефть. Уголь ответственен за 43% выделений

углекислого газа от сгорания этого топлива, 36% CO₂ произведено от использования в качестве топлива нефти и его продуктов, и 20% CO₂ получается от сжигания натурального газового топлива. Для каждой тонны сожженного угля выбрасывается приблизительно 2,5 тонны CO₂e, поэтому уголь производит большую часть двуокиси углерода. Уголь источник одной третьей доли ископаемого топлива общей мировой первичной энергии, но ответственен за 43% выделений углекислого газа от использования ископаемого топлива. Все, что включает ископаемое топливо прикрепили норматив выделения углекислого газа. Хотя, сжигание ископаемого топлива высвобождает энергию для ее дальнейшего использования, однако при этом появляется побочный продукт горения – двуокись углерода. Это вызвано тем, что почти весь углерод, который сконцентрирован в ископаемом топливе, преобразуется во время этого процесса в двуокись углерода. Три основных сектора экономики, которые больше всего используют ископаемое топливо: электро- и тепловые станции, транспорт и промышленность. Первые два сектора, электро- и тепловые станции и транспорт, произвели почти две трети глобальных выделений углекислого газа в 2019 году.

Электро- и тепловые станции

Производство электроэнергии и тепла - сектор экономики, который производит самую большую сумму искусственных выделений углекислого газа. Этот сектор произвел 41% связанных выделений углекислого газа ископаемого топлива в 2019. Во всем мире этот сектор полагается в большой степени на уголь, самое насыщенное углеродом топливо из всего типа ископаемого топлива. Почти все промышленно развитые страны получают большинство своего электричества от сгорания ископаемого топлива (приблизительно 60-90%). Только Канада и Франция – исключение. Ниже приведена диаграмма с процентом электрической энергии, произведенной путем сжигания ископаемого топлива в основных промышленно развитых странах.

Таблица 1 – Электрическая энергия, произведенная путем сжиганием ископаемого топлива (миллиард киловатт-часов)

Электрическая энергия, произведенная сжиганием ископаемого топлива (Миллиард киловатт-часов)			
Страны G8	Сжигание ископаемого топлива	Общее количество	%
Canada	136.31	622.98	21.9%
France	44.65	532.57	8.4%
Germany	340.38	567.33	60.0%
Italy	286.35	201.7	70.4%
Japan	759.93	1031.22	73.7%
Russia	668.26	996.82	67.0%
United Kingdom	244.5	342.48	71.4%
United States	2,788.87	4,100.14	68.0%

Источник: Международная энергетическая База данных Статистики (2011), Администрация по энергетической информации

Промышленные, жилые и коммерческие секторы - основные пользователи электричества, составляющего 92% от ее производства. Промышленность - крупнейший потребитель из перечисленных секторов, потому что некоторые производственные процессы - очень энергоемкие. В частности, производство химикатов, железа/стали, цемента, алюминия, а также целлюлозно-бумажные комбинаты потребляют большинство электричества в промышленном секторе экономики. Жилые и коммерческие секторы в большой степени потребляют в электричество для того, чтобы удовлетворить их энергетические потребности, особенно для освещения, нагревания, кондиционирования воздуха и работы оборудования.

Транспортный сектор

Транспортный сектор является вторым по величине источником антропогенных выделений углекислого газа. В 2019 г при перевозке товаров и людей во всем мире произведено 22% связанных выделений углекислого газа от сжигания ископаемого топлива [5]. Это сектор, очень интенсивного

использования энергии, который базируется в основном на нефтяное топливо (бензин, дизельное топливо, керосин, и т.д.). С 1990-х транспортная эмиссия CO₂ выросла быстро, увеличившись на 45% меньше чем за 2 десятилетия [8]. Грузовые автомобили большой и автомобили малой грузоподъемности являются основными источниками эмиссии для транспортного сектора, и их выбросы постоянно росли с 1990. Кроме наземного транспорта, другие важные источники эмиссии этого сектора - морская поставка товаров и авиация. Морская поставка товаров производит 14% всех транспортных выделений углекислого газа. Морская транспортная поставка товаров ответственна за более чем 1 миллиард тонн эмиссии [10] двуокиси углерода, Это - больше, чем ежегодная эмиссия нескольких промышленно развитых стран (Германия, Южная Корея, Канада, Великобритания, и т.д.) и этот сектор продолжает быстро расти. Глобальная авиация составляет 11% всех транспортных выделений углекислого газа. Международные рейсы создают приблизительно 62% этой эмиссии, остальной выброс от внутренних рейсов, дополняющих оставшиеся 38% [11]. За прошлые 10 лет, авиация была одним из наиболее быстро растущих источников эмиссии [12] двуокиси углерода и это - рост, который идет с тяжелым влиянием на изменение климата.

Carbon dioxide emissions from fossil fuel combustion

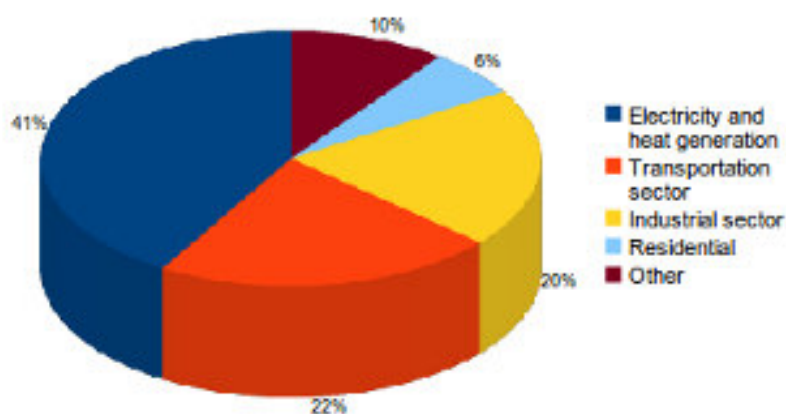


Рисунок 2 –Доля различных отраслей экономики в процессе вырабатывания углекислого газа на Земле

Источник: выбросы CO₂ сгорания топлива (2012), Международное энергетическое агентство.

Рисунок 2 показывает одну из наиболее тревожных тенденций в сегодняшней экономике. Эмиссия, вызванная транспортировкой людей и товаров, выросла так быстро, что она превзошла выбросы промышленного сектора, который оказал огромное влияние на изменение климата. Эта тенденция запустилась в 1990-х и продолжается сегодня. Эмиссия, вызванная транспортировкой товаров, является примером косвенной эмиссии, так как потребитель не имеет никакого прямого контроля над расстоянием между фабрикой и хранилищем. Эмиссия, вызванная людьми, перемещающимися (на автомобиле, самолете, поезде, и т.д...) примеры прямой эмиссии, так как люди могут, выбрать, куда они едут и каким способом. Хуже всего то, что 99% выделений углекислого газа, вызванных транспортировкой людей и товаров во всем мире, получаются от сжигания ископаемого топлива.

Промышленный сектор

Промышленный сектор - третий по величине источник искусственных выделений углекислого газа. Этот сектор произвел 20% связанных выделений углекислого газа ископаемого топлива в 2019 г. [5]. Промышленный сектор состоит из производства промышленных товаров, строительных материалов, горной промышленности и сельского хозяйства. Промышленное производство является самым большим из 4 и может быть разделено на 5 основных категорий по видам продукции – бумага, пища, продукция нефтяных нефтеперерабатывающих заводов, химикаты и металлургия. Эти категории составляют подавляющее большинство использования ископаемого топлива и выбросов CO₂ этим сектором. Это вызвано тем, что большинство заводов непосредственно используют ископаемое топливо, чтобы создать тепло и пар, необходимый на различных этапах производства. Например, фабрики в цементной промышленности, должны подогреть известняк до 1450°C, чтобы превратить его в цемент.

Производственные процессы

Есть много производственных процессов, которые производят существенное количество выделений углекислого газа с продуктом

химических реакций, необходимых в производственном процессе. Заслуга производственных процессов это 4% общечеловеческих выделений углекислого газа, что составляет 1,7 миллиарда тонн выделений углекислого газа в 2019 г. [1]. Много производственных процессов выделяют двуокись углерода непосредственно путем сжигания ископаемого топлива, а также косвенно с помощью электричества, которое сгенерировано, используя ископаемое топливо. Но есть четыре основных типа производственного процесса, которые являются значительным источником выделений углекислого газа: производство и потребление полезных ископаемых, таких как цемент, производство металлов, таких как железо и сталь, а также производство химикатов и нефтехимических продуктов. Производство цемента производит большую часть суммы двуокиси углерода среди всех производственных процессов. Чтобы создать основной компонент в цементе, оксид кальция, известняк химически преобразуется путем нагрева его очень высокими температурами. Этот процесс ведет к выделению большого количества двуокиси углерода как побочного продукта химической реакции. Так создание 1000 кг цемента ведет к выбросу почти 900 кг CO₂. Производства стали другой производственный процесс, который является основным источником выделений углекислого газа. Чтобы получить сталь, железо плавят и улучшают, чтобы понизить содержание в ней углерода. В среднем **выбрасывается 1,9 тонны CO₂ на каждую тонну произведенной стали** [15]. Ископаемого топлива используется, чтобы создать химикаты и нефтехимические продукты, которые приводят к выделению углекислого газа. Промышленное производство аммиака и водорода чаще всего использует природный газ или другое ископаемое топливо, создавая двуокись углерода. Нефтехимические продукты такие как пластмассы, растворы и смазки создаются на основе использования нефти. Эти продукты со временем испаряются, распадаются или истираются, добавляя большее количества двуокиси углерода за время жизни продукта.

Выделения углекислого газа: Естественные Источники

Кроме того, антропогенной деятельности человека, двуокись углерода выходит в атмосферу естественными процессами. Океаны Земли, почва, растения, животные и вулканы – это все естественные источники выделений углекислого газа. Антропогенные источники двуокиси углерода намного меньше, чем естественная эмиссия, но они нарушают баланс в углеродном цикле, который существовал перед промышленной революцией. Сумма двуокиси углерода, произведенной естественными источниками, полностью поглощена естественными углеродными улавливателями и это наблюдалось в течение тысяч лет. Перед началом деятельности людей уровни двуокиси углерода были довольно устойчивы из-за этого естественного баланса [4], 42,84 процента всех естественно произведенных выделений углекислого газа прибывают из обмена океана и атмосферы. Другие важные естественные источники включают дыхание растений и животных (28,56%), а также дыхание почвы и разложение (28,56%) [4], незначительных суммы CO₂ создаются извержениями вулканов (0,03%). [17, 18].

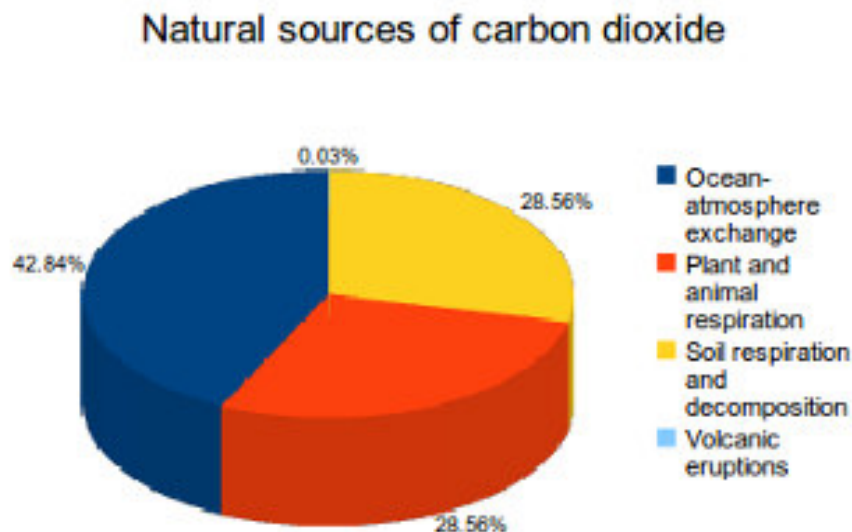


Рисунок 3 – Естественная эмиссия CO₂ в природе

Источник: МГЭИК четвертый отчет об оценке: глобальное потепление 2007, межправительственная группа экспертов по изменению климата.

Газовый обмен океана и атмосферы самый большой естественный источник выделений углекислого газа. Он производит 42,84% естественных

выделений углекислого газа. Океаны содержат растворенную двуокись углерода, которая выпускается в воздух из морской поверхности. Ежегодно этот процесс создает приблизительно 330 миллиардов тонн эмиссии [4] двуокиси углерода. Океаны выпускают двуокись углерода, но они также поглощают его. Эффекты этого перемещения могут быть замечены довольно легко, когда воду оставят находиться в стекле довольно долго, газы будут выпущены и создадут пузырьки воздуха. Двуокись углерода среди газов, которые находятся в пузырьках воздуха. Дыхание растений и животных важный естественный источник двуокиси углерода - дыхание растений и животных, которое составляет 28,56% естественной эмиссии. Двуокись углерода - побочный продукт химической реакции, происходящей в растениях и животных. Ежегодно этот процесс создает приблизительно 220 миллиардов тонн эмиссии двуокиси углерода.

Дыхание почвы и разложение.

Другой важный естественный источник двуокиси углерода - дыхание почвы и разложение, которое составляет 28,56% естественной эмиссии. Много организмов, которые живут и дышат в почве почвы Земли, чтобы произвести энергию. Среди них микроорганизмы для разложения, кто ломает мертвый органический материал. Оба из этих процессов выпускают двуокись углерода как побочный продукт. Ежегодно эти почвенные организмы создают приблизительно 220 миллиардов тонн эмиссии двуокиси углерода. Любое дыхание, которое происходит под землей, считается дыханием почвы. Корни растения, бактерии, грибы и животные почвы используют дыхание, чтобы создать энергию для жизни, но это создает также двуокись углерода. Микроорганизмы для разложения, перерабатывающие органическое вещество (как мертвые деревья, листья и животные) также включены в это. Двуокись углерода регулярно производится во время разложения органики. Незначительное количество двуокиси углерода создается извержениями вулканов и оно составляет 0,03% естественной эмиссии. Извержения вулканов выпускают магму, пепел, пыль и газы из глубины Земли. Один из

этих газов является двуокись углерода. Ежегодно этот процесс создает приблизительно от 0,15 до 0,26 миллиардов тонн эмиссии двуокиси углерода.

1.2 Доля сельского хозяйства в процессе потепления климата

Сельскохозяйственные производство растениеводческой и животноводческой продукции для еды – способствует эмиссии во множестве путей: Различная практика управления на сельскохозяйственных почвах может привести к увеличенной доступности азота в почве и привести к выбросам оксида азота (N_2O). Удельные активности, которые способствуют выбросам N_2O сельскохозяйственных угодий, включают приложение синтетических и органических удобрений, рост фиксирующих азот обрезаков, дренаж органических почв и ирригационные методы. Управление сельскохозяйственными почвами составляет чуть более чем половину выбросов парниковых газов от сектора экономики Сельского хозяйства.*

Домашний скот, особенно жвачные животные, такие как рогатый скот, производит метан (CH_4) как часть их нормальных пищеварительных процессов. Этот процесс вызывают брюшной ферментацией, и это представляет более чем четверть выбросов сектора экономики Сельского хозяйства. Путь, которым удобрение от домашнего скота управляемо также, способствует CH_4 и эмиссии N_2O . Различная обработка удобрения и методы устройства хранения данных влияют, сколько из этих парниковых газов произведено. Управление удобрением составляет приблизительно 12 процентов общих выбросов парниковых газов от сектора экономики Сельского хозяйства в Соединенных Штатах. Меньшие источники сельскохозяйственной эмиссии включают CO_2 от известкования и приложения мочевины, CH_4 от производства риса и записи остатков обрезки, который производит CH_4 и N_2O .

1.2.1 Вклад отраслей аграрного и лесного производства в выброс парниковых газов

Изменения в землепользовании - существенный источник выделений углекислого газа - он составляет 9% выделений углекислого газа от деятельности человека, что в 2019 году составил 3,3 миллиарда тонн выделений CO₂ [1]. Изменения в землепользовании - это когда естественная среда преобразуется в область для использования как сельскохозяйственное угодье. С 1850 до 2020 гг. изменения в землепользовании произвели выброс приблизительно 396-690 миллиардов тонн двуокиси углерода в атмосферу, и это около 28-40% общей антропогенной эмиссии. Вырубки леса составила основную эмиссию [13] двуокиси углерода. Вырубка леса - уничтожение постоянных лесов является самым важным типом изменения в землепользовании потому что его влияние на выбросы парниковых газов значительно. Леса во многих областях были вырублены для древесины или для преобразования в сельскохозяйственные угодья и пастбища. Когда засаженная деревьями земля расчищена от деревьев, выделяется очень большие количества парниковых газов. Деревья действуют как улавливатели углерода. Они удаляют двуокись углерода из атмосферы через фотохимический синтез. Когда леса спилены, чтобы создать фермы или пастбища и деревья оставлены гнить, это добавляет двуокись углерода в атмосферу. Если вырубка леса сделана, чтобы создать новое сельскохозяйственное угодье, растения, которые заменяют деревья также, действуют как улавливатели CO₂, но они не столь эффективные как леса. Когда проводят изреженную вырубку леса для пиломатериалов, а лес в частности сохранен, способность леса улавливать CO₂ все равно снижается из-за потери деревьев. Вырубка леса также вызывает серьезные изменения в способности почвы улавливать углекислый газ. Когда засаженная деревьями земля расчищена, растут темпы разложения в почве, что увеличивает выделения углекислого газа. При этом растет эрозия почвы и выщелачивание питательного вещества, которое далее уменьшает способность полей действовать как улавливатель углерода.

1.2.2 Выброс диоксида углерода от средств механизации производственных процессов в сельском хозяйстве

К средствам механизации в растениеводстве относятся мобильные и стационарные машины с источником энергии в виде двигателя внутреннего сгорания. Тракторы, разнообразные комбайны и дизели грузовых автомобилей являются одними из главных источников загрязнений окружающей среды вредными продуктами сгорания дизельного топлива, акустическим воздействием, а также подтеками эксплуатационных смазочно-охлаждающих жидкостей.

При механизации производственных процессов основной выброс парниковых газов происходит при интенсивном воздействии рабочих органов сельскохозяйственных машин на почву. При этом за счет разрыхления почвы, поступления в нее кислорода происходит интенсивное гниение органических остатков, что сопровождается выбросом не только CO₂, но и метана и оксидов азота.

Что же касается отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, то они являются одним из самых сильных негативных факторов воздействующих на окружающую среду.

Нефтепродукты и отходы производства угнетающе действуют на окружающую среду.

Большой проблемой от использования мобильных машин становится проблема переуплотнения почв. В последние десятилетия она выдвинулась на одно из первых мест в ряду антропогенных воздействий на природную среду. Переуплотнение ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв и ландшафтов – водной и ветровой эрозии и самое главное к снижению урожайности культур, что закономерно ведет к снижению декарбонизации атмосферы культурными растениями.

Наиболее подвержены переуплотнению почвы, содержащие мало органического вещества. При орошении переуплотняются и высокогумусные

черноземы. Основной причиной переуплотнения почв является высокая техногенная на них нагрузка на фоне интенсивной дегумусификации пахотного горизонта. Для уменьшения отрицательных последствий переуплотнения применяются агротехнические, организационно-технологические и технологические мероприятия.

1.2.3 Отработанные газы двигателей внутреннего сгорания

Проблема выброса вредных веществ с ОГ автотракторных ДВС оказывает негативное влияние на все стороны хозяйственной деятельности и быта человечества: здоровье населения, флору, фауну, водоемы в том числе и на загрязнение атмосферы. [8].

Вредное влияние токсичных компонентов ОГ автотракторных ДВС усугубляется и тем, что выбросы ОГ ДВС – один из глобальных факторов нарушения экологического равновесия на Земле, предвещающих так называемый «парниковый эффект» на планете с потеплением климата и с непредсказуемыми природными бедствиями.

ОГ – как продукты сгорания дизельного топлива и моторного масла представляют собой аэрозоль – смесь газов, паров воды, масла, несгоревшего топлива со взвешенными жидкими и твердыми частицами кокса, золы, сажи и другими частицами сложного органического и неорганического состава.

Основные компоненты ОГ дизелей и их краткая характеристика приведены в таблице 1.2. В составе ОГ ДВС в настоящее время известно свыше 1200 компонентов, представляющих интерес с технической и санитарной точек зрения. Концентрация даже основных вредных компонентов ОГ (NO_x , CH_x , альдегидов, CO) часто не превышает сотых долей процента. Их определение требует применения тонких методов анализа и представляет сложную и трудоемкую задачу, неразрешимую в обычных условиях. Поэтому при контроле ОГ дизелей ограничивают число

определяемых компонентов – определяют содержание CO , NO_x , как двух наиболее токсичных.

При испытании дизелей в эксплуатационных условиях, когда необходимо контролировать целиком или выборочно большой парк машин, обычно ограничиваются контролем дымности ОГ, определением содержания CO , и иногда также NO_x , CH_x , альдегидов и окислов серы.

Концентрация CO в ОГ дизеля составляет от 0,005 до 0,49 % (наиболее вероятно – 0,02–0,15), ПДК_{Р.З.} – 0,0016 %, ПДК_{М.Р.} – 0,0024 %, ПДК_{С.С.} – 0,00008 %.

Наиболее токсичные компоненты ОГ – окислы азота, это смесь главным образом NO , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_3 . Наибольшую непосредственную опасность представляет двуокись азота NO_2 , и ее полимер $N_2O_4 \cdot NO_2$ – газ бурого цвета с характерным запахом, с удельным весом по воздуху – 1,58, малорастворимый в воде.

В камере сгорания дизеля в основном образуется окись азота NO , но по мере охлаждения ОГ (от 620° до 150 °С) она окисляется до двуокиси NO_2 . При дальнейшем понижении температуры NO_2 полимеризуется в четырехокись N_2O_4 , и при ($t_{окр} = 40$ °С) степень полимеризации превышает 70 %. Однако, наибольшее содержание NO в ОГ сохраняется.

Окислы азота многократно токсичнее CO , раздражающе действуют на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, остаются в легких в виде азотной и азотистой кислот. Их опасность усугубляется тем, что симптомы отравления проявляются только через 6 часов в виде кашля, удушья, возможен нарастающий отек легких, причем каких-либо нейтрализующих средств нет.

Под углеводородами CH_x понимают обширную группу органических соединений типа C_xH_y , отличающихся количеством атомов углерода и водорода и структурой молекулы. Углеводороды парафинового ряда C_nH_{2n+2} дают неприятный запах, раздражают слизистые оболочки глаз и носа.

Таблица 1.2 – Содержание отработанных газов и их токсичность

Компоненты	Хим. формула	Содержание в ОГ, %			Краткая качественная характеристика компонентов токсичности	Класс опасн.	Относ. токсичность	ПДК раб. зоны, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	
		карб.	диз.	сж. газ					м.р.	с.с.
Азот	N ₂	74-77	74-78	75-77	Нейтральный газ	—	—	—	—	—
Кислород	O ₂	0,3-8	2-18	0,2-5	Окислитель, в атмосфере не опасен	—	—	—	—	—
Пары воды	H ₂ O	3-5,5	0,5-9	2-4	Газообразные, конденсируются в выхлопном тракте	—	—	—	—	—
Двуокись углерода	CO ₂	5-12	1-12	3-10	Бесцветный тяжелый газ, действует угнетающе: Н, РС, У, СС	—	0,1	—	—	—
Углеводороды (до 200 наим.)	CН _х	0,2-3	0,01-0,3	0,1-1,5	Аэрозоль из раздражающих и вредных веществ (С, РС, Г, Н, СС, КЯ, НС, КТ, П, ПО)	—	1,2	5-300	1,5-200	1-25
Альдегиды	RхCHO	до 0,2	(1-10)* *10-3 до 1	до 0,1	Раздражающие и ядовитые вещества (С, О, Г, НЯ, Н, НС, П, ПО)	2-4	20-Акр	0,7	(30)	0,030

Продолжение таблицы 1.2

Компоненты	Хим. формула	Содержание в ОГ, %			Краткая качественная характеристика компонентов токсичности	Класс опасн.	Относ. токсичность	ПДК раб. зоны, мг/м3	ПДК, мг/м3	Класс опасн.
		карб.	диз.	сж. газ					м.р.	с.с.
Бенз(а)пирен, мкг/м3	C ₂₀ H ₁₂	10-20	0,005- 0,4	до 2	Бледно-желтое иглообразное кристаллическое канцерогенное вещество (К)	2-3	60-Форм.	0,5	0,030	0,013
Оксись углерода (КЯ, НС)	CO	0,5-12	0,004- 0,5	0,5- 3	Ядовитый газ, несколько легче воздуха	1	100	1,5*10 ⁻⁶	0,035	1*10 ⁻⁶
Комплекс окислов азота (до 10 ВВ)	NO _x	до 0,8	0,01-0,5	до 0,4	Раздражающие ядовитые газы (КЯ, НС, П, КТ, О, РС)	4	3,6*10 ⁻⁶	20 NO _x -5 NO ₂ -9 NO -30	— 3 — 0,085	1 — 0,085 —
Водород	H ₂	—	до 0,05	—	Летучий газ	2	20	—	—	—
Окислы серы и сероводород	SO ₂ H ₂ S	до 0,008	до 0,015	до 0,02	Ядовитые газы (РС, КЯ, КГ, П, Г, СС, НС)	3	12 —	10	0,5	0,05
Сажа, г/м3	C	до 0,04	0,01-1,1	—	Мелкодисперсные частицы, сорбент вредных и канцерогенных веществ	3	24	3,5-4	0,15	0,05

Доля выбросов вредных веществ в ОГ дизелей самоходных машин с каждым годом растет по ряду причин: из-за качества топлив и масел; отставания в разработке и внедрении комплекса мероприятий, снижающих выбросы вредных веществ самоходной сельскохозяйственной машиной и другими транспортными средствами; отставания, а также частичного отсутствия приборов и оборудования должной номенклатуры [21].

1.3. Пути снижения карбонового следа в сельском хозяйстве

Базовым решением России по климату стал Указ Президента РФ от 30.09.2013 №752 «О сокращении выбросов парниковых газов».

Согласно этому Указу, национальная экономика должна снизить выбросы парниковых газов минимум на 75%. За последние годы на международном уровне сформировалась четкая позиция, что изменение климата – это один из главных вызовов для планеты и человеческого сообщества. Важным событием в декабре 2015 года стало подписание практически всеми странами Парижского Соглашения, в том числе и Россией [22].

Одним из широко обсуждаемых путей снижения выбросов CO₂ является так называемое «Карбоновое земледелие» – новое направление в климатическом противостоянии. «Комитет Европейского парламента по международной торговле призывает к тому, чтобы Парижское соглашение и установленная им цель об удержании роста температуры Земли в пределах 1,5 градуса по Цельсию стали «одним из основных руководящих принципов» торговой политики ЕС, с которым «должны быть синхронизированы все инициативы в сфере торговли и инструменты по их реализации». Ключевой инициативой является проект введения «пограничного корректирующего

углеродного механизма», суть которого сводится к взиманию сбора с ввозимой на территорию ЕС продукции с высоким углеродным следом. Фактически речь идет об одностороннем принуждении Европейским союзом своих торговых партнеров к реализации климатических мер, аналогичных по масштабу тем, что проводит сам ЕС» [23].

В этих обстоятельствах одним из ключевых элементов ответа России на климатические угрозы и связанные с ними торговые барьеры может стать сельское и лесное хозяйство. Весьма вероятно, что в перспективе сельскохозяйственная продукция так или иначе подпадет под корректирующий механизм ЕС. С учетом того, что сельскохозяйственный сектор является предметом особой защиты в ЕС, нет оснований полагать, что, защищая конкуренцию на своем рынке с помощью углеродного корректирующего механизма, Еврокомиссия откажется от использования этого инструмента и для защиты европейского сельхозпроизводителя. Более того, на международном уровне начинает формироваться понимание, что в вопросе изменения климата сельхозпроизводство «не только источник проблемы, но и ключевой элемент решения». Если раньше сельское хозяйство воспринималось, с одной стороны, как одна из причин изменения климата, а с другой – как одна из основных его жертв и вопрос ставился только о сокращении воздействия климатических изменений на сельхозпроизводство и его адаптации к меняющемуся климату, то сегодня речь идет о том, что сельское хозяйство может стать источником технологий, обеспечивающих удаление (секвестрацию) парниковых газов из атмосферы. Методы хозяйствования, направленные на улавливание углерода из атмосферы, известны как карбоновое (или углеродное) земледелие. Суть карбонового земледелия состоит в увеличении почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов потерь углерода в результате дыхания и эрозии почвы. Снижение выбросов

парниковых газов, связанных с ведением сельского хозяйства, достигается среди прочего за счет минимизации использования агрохимикатов (удобрений, средств защиты растений). Во многом синонимичным карбоновому земледелию является понятие «регенеративного» (то есть восстановительного) сельского хозяйства, под которым понимается совокупность неразрушающих методов ведения сельского хозяйства, обеспечивающих восстановление почв в процессе хозяйствования. С помощью современных методов селекции можно получать регенеративные сорта с соответствующими признаками и техническими характеристиками. В рамках новой климатической повестки необходимо выведение сортов и видов сельхозрастений, в том числе принципиально новых, которые обладали бы способностью подавлять сорняки, противостоять вредителям и болезням без помощи агрохимии.

Среди возможных путей снижения выброса CO₂ в атмосферу являются пути, приведенные в работе [25].

Для снижения выбросов парниковых газов машинно-тракторными агрегатами необходимо:

- совершенствовать процессы горения в двигателях внутреннего сгорания (многократный впрыск топлива за рабочий цикл, подача дополнительного воздуха, рециркуляция отработавших газов, использование активаторов горения, автоматическое изменение параметров двигателя – степени сжатия, угла опережения подачи топлива и воздуха и др.);

- совершенствовать системы питания двигателей топливом, воздухом и утилизации отработавших газов и выбрасываемой с ними тепловой энергии, которая достигает до 30-33% от общего количества энергии, выделяемой топливом в двигателе (повышать давление впрыска топлива, использовать электронные системы управления подачей топлива и воздуха в зависимости от режимов работы двигателя, вида и качества топлива, параметров воздуха и др.)[25];

– выявить способы эксплуатации машинно-тракторных агрегатов, позволяющие снизить прямые затраты энергии через топливо и косвенные энергетические затраты (через обоснование оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов – оптимальных ширины захвата агрегата и его рабочей скорости, обоснование способов движения МТА на поле, принятие мер по повышению коэффициента использования времени смены, использование самозатачивающихся и самоочищающихся рабочих органов сельскохозяйственных машин и др.) [25];

– обосновать и использовать в составе машинно-тракторных агрегатов тракторы с такими параметрами (масса трактора, мощность двигателя, параметры движителя и др.) которые обеспечат меньшие затраты топлива и нанесут меньший вред росту и развитию растений [25];

– использовать отработавшие газы для: подогрева почвы при посеве зерновых культур; обработки посевного материала непосредственно на сеялках прямого посева; закачивания в почву с целью их задержки и связывания в почве (предпосылка – полуторное превышение молярной массы диоксида углерода над молярной массой воздуха); связывания в скрубберах и других устройствах с последующим использованием для питания растений [25]; использование выхлопных газов в качестве химического удобрения для растений; использование выхлопных газов для активации жизнедеятельности азотофиксирующих и др. бактерий почвы и грибов.

1.3.1. Переход к физической экономике – возможный путь к поиску способов снижения выброса диоксида углерода

Одним из поставщиков углекислого газа являются машинно-тракторные агрегаты, работающие за счет энергии сжигаемого топлива.

Переход на энергетическую оценку затрат в производственных процессах в агропромышленном комплексе облегчает процессы связанные с учетом энергетических затрат [25, 26], энергетической эффективности производства и снижения выброса парниковых газов (CO_2) за счет их связывания органической массой культур, полученной путем снижения потерь урожая [26, 27].

В энергетических единицах можно оценить объекты и труд – стоимость техники, труд операторов, стоимость топлива и других материалов, стоимость поддержания техники в исправном состоянии и т.д.

При этом затраты энергии могут быть прямыми – затраты топлива, труда или косвенными – затраты на изготовление техники, ее техническое обслуживание и ремонт. Любые затраты энергии, где бы они не происходили – в энергетике, на транспорте, в промышленности при изготовлении сельскохозяйственных тракторов и машин, в момент использования машинно-тракторных агрегатов на полях при производстве сельскохозяйственной продукции и т.д., всегда сопровождаются выбросом диоксида углерода, ибо основным источником энергии на земле сегодня являются углеродсодержащие ископаемые топлива (больше 80%).

Критерий оптимизации параметров тракторов и агрегатов представляет вид представляет из себя сумму составляющих:

$$CO_2 = CO_{2\text{и.тр}} + CO_{2\text{и.схм}} + CO_{2\text{и.пр}} + CO_{2\text{рто}} + CO_{2\text{с.р.}} + CO_{2\text{упр}} + CO_{2\text{тсм}} + CO_{2\text{агр}} + CO_{2\text{упл}} \rightarrow \min,$$

где CO_2 – удельный суммарный выброс диоксида углерода, кг/га;

$CO_{2\text{и.тр}}$, $CO_{2\text{и.схм}}$, $CO_{2\text{и.пр}}$ – количество CO_2 , выброшенное соответственно при изготовлении трактора, сельскохозяйственной машины, прицепа, приходящаяся на 1 га, кг/га; $CO_{2\text{рто}}$ – количество CO_2 , выброшенное на все виды ремонта и техническое обслуживание трактора, прицепа и

сельскохозяйственной машины, кг/га; $CO2_{с.р.}$ - количество CO_2 , выброшенное при сборке и разборке агрегата, кг/га; $CO2_{упр}$ - количество CO_2 , выброшенное механизатором при управлении трактором, кг/га; $CO2_{тсм}$ - количество CO_2 , выброшенное при сжигании топлива двигателем трактора, кг/га; $CO2_{агр}$ - количество CO_2 из атмосферы не связанного урожаем, из-за ее потерь в связи с нарушением агротехнических сроков выполнения технологической операции, кг/га; $CO2_{упл}$ - количество CO_2 не связанного урожаем из атмосферы, из-за ее потерь в связи с уплотнением почвы движителями трактора кг/га.

1.4. Постановка цели и задач исследования

Цель исследований:

Снизить выброс диоксида углерода на технологических операциях основной обработки почвы за счет оптимизации параметров тракторов и машинно-тракторных агрегатов.

Задачи исследований:

1. Изучить теоретические материалы по технической и производственной эксплуатации агрегатов на основной обработке почвы с целью создания его математической модели по критерию – минимальный выброс диоксида углерода в атмосферу;

2. Разработать программу, методику и провести экспериментальные исследования тракторов и агрегатов на основной обработке почвы с целью получения недостающих зависимостей энергетической математической модели МТА;

3. Провести вычислительные эксперименты с целью определения оптимальных параметров трактора и агрегата на основной обработке почвы по критерию – минимальный выброс диоксида углерода в атмосферу;

4. Составить практические рекомендации по выбору параметров тракторов и сельскохозяйственных машин на основной обработке почвы, определить эффективность их внедрения в производство.

Выводы

1. Анализ литературы выявил новую угрозу для человечества – повышение глобальной температуры на земле и опасность климатической катастрофы;

2. Аграрное производство и изменения в землепользовании – существенный источник выделений углекислого газа – он составляет 9% выделений углекислого газа от деятельности человека.

3. Мобильные машины в аграрном производстве увеличивают содержание CO₂ в атмосфере не только за счет выхлопных газов, но и за счет интенсификации воздействия на почву, ускорения ее минерализации, уплотнения, а значит снижения секвестризации CO₂ растениями..

4. Для решения проблем снижения выброса CO₂ от использования мобильных машин необходим комплексный подход и учет их влияния на формируемый урожай культур.

2 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АГРЕГАТА ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПО КРИТЕРИЮ ОПТИМИЗАЦИИ МИНИМАЛЬНЫЙ ВЫБРОС CO₂

2.1 Концепция и технология основной обработки почвы в РТ

Согласно принятой в Республике Татарстан системе земледелия [28] переход на энергосберегающие технологии приводит к значительному сокращению расхода топлива и смазочных материалов, снижению уплотнения почвы двигателями машинно-тракторных агрегатов. Однако наряду с положительными моментами выявляются и отрицательные явления – накопление плотности почвы ниже слоя обработки (6-15 см), что значительно ухудшает водно – воздушный режим в почве, а значит, негативно влияет на урожайность культур, приводит к водной эрозии почвы. На поверхности почвы происходит накопление семян сорняков более конкурентных перед культурными растениями (возрастает количество зимующих злаковых и однодольных многолетников [28]), что приводит к необходимости широкого применения химических средств защиты, пагубно влияющих не только на сорную растительность на посевах, но и на всю окружающую среду, а значит биологические объекты, в том числе и на человека.

В связи с этим основная концепция, принятая в системе земледелия Республики Татарстан на основной обработке почвы – это чередование глубины обработки почвы в зависимости от возделываемых культур (севооборота), особенностей физико-механических свойств почвы, особенностей климатических условий региона, что и называли технологией разноглубинной основной обработки почвы. К такому же мнению приходят и специалисты других регионов. Допустим, «по данным Министерства сельского хозяйства и продовольственных ресурсов Нижегородской области, минимальные и нулевые

технологии, используемые на территории области, довольно часто приводят к снижению урожайности и качества зерна. Поэтому, при применении ресурсосберегающих технологий, необходимо проводить глубокое рыхление один раз в четыре года» [28]. Кроме того, в этом же источнике отмечается, что отсутствие научного обоснования выбора машин и техники, оптимальных для конкретных агрозон и муниципальных районов регионов приводит к необходимости выбора товаропроизводителями техники, исходя из собственной интуиции и опыта коллег [28].

В связи с этим предлагаемая магистерская диссертация посвящена обоснованию выбора техники и ее параметров на основной обработке почвы по критерию количество выбрасываемого углекислого газа за период изготовления техники, ее обслуживания и производственной эксплуатации по методике разработанной на кафедре «Тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов» Казанского ГАУ [24-27].

Важнейшими элементами технологии разноглубинной обработки почвы являются, помимо вспашки, осенняя обработка почва на глубину до 15 см и углубление почвы на глубину до 30 и более см [28-30]. Для этих целей используются культиваторы, дисковые орудия, глубокорыхлители различных конструкций, как отечественного, так и зарубежного производства. В таблице 1 приведены количество техники (культиваторы и дискаторы) по годам для подготовки почвы при основной и предпосевной обработке на предприятиях Республики Татарстан.

Как видно из таблицы количество большинства видов почвообрабатывающих машин имеет тенденцию к снижению. Наблюдается некоторый рост количества дисковых борон и почвоуглубителей, что связано с переходом на технологии разноглубинной обработки почвы, а также увеличением в составе парка количества тракторов высоких тяговых классов [28].

Таблица 2.1 – Динамика изменения почвообрабатывающих машин в РТ

Сельскохозяйственные машины по маркам	Количество техники по годам, шт.		
	2013	2018	2021
КСТ-3,8	89	86	81
Компактор	86	84	80
Смарагд-400, 600, 800, 1000	37	35	31
КПИР-3,6 (к=4,34 кН/м)	138	142	126
КПС-4	4923	4513	4120
КПЭ-3,8, КТ-3,9Г (к=4,05 кН/м)	672	564	511
КТС-10	111	96	83
КБМ-10,5 и др.модиф. (к=2,46 кН/м)	85	82	72
ККШ-11,3	44	56	50
ВНИИСП	2549	2842	2610
БД-10	47	67	69
БДТ-3	347	284	212
БДТ-7 (ГД-7)	290	219	203
БДМ-3х4	415	640	645
БДМ-4х4	227	365	370
БДМ-6х4	126	267	275
БДМ-8х4	59	89	93
Кивонь	29	39	32
Рубин-9 и модиф.	18	27	23
Sunflower (диск. Борона)	33	51	42
Плуги:	3643	3125	2863
В том числе 4 и 5 корпусные	2744	2410	2232
Плоскорезы:	110	98	95
<i>Глубокорыхлители</i>	142	163	178

В таблице 2 приведены распространенные в РТ глубокорыхлители и их

энергетические характеристики.

Таблица 2.2 – Количество глубокорыхлителей в РТ на 2021 год и их энергетические характеристика

Тип сельскохозяйственной машины	Марка сельскохозяйственной машины	Количество, шт. (2021 г.)	Удельное сопротивление почвы рабочим органам, кН/м
Глубокорыхлители	КПГ-250	67	16,0
	КАМА ТГР 45.7-300	31	14,8
	ГН-250	27	15,7
	ПГН-7	19	16,0
	SSDR Н 9	15	16,5
	ГР-6,3 ШК	9	15,2
	ГР-4,5 ШК	7	15,2
	ГР-5,4 ШК	7	15,2

Среди приведенных марок глубокорыхлителей сохранилось много культиваторов - плоскорезов со времен Советского Союза, но появились и новые орудия для глубокого рыхления почвы, допустим КАМА ТГР [28]. Необходимо составить математические модели указанных агрегатов для основной разноглубинной обработки почвы с целью оптимизации параметров тракторов и агрегатов по критерию оптимизации минимальный выброс CO₂.

2.2 Критерий оптимизации параметров трактора и агрегата для основной обработки почвы

Критерий оптимизации – минимальный выброс CO₂ представляет из себя сумму составляющих:

$$CO_2 = CO_{2_{и.тр}} + CO_{2_{и.схм}} + CO_{2_{и.пр}} + CO_{2_{рто}} + CO_{2_{с.р.}} + CO_{2_{упр}} + CO_{2_{тсм}} + CO_{2_{агр}} + CO_{2_{упл}} \rightarrow \min,$$

где CO₂ – удельный суммарный выброс диоксида углерода, кг/га;

$CO2_{и.тр}$, $CO2_{и.схм}$, $CO2_{и.пр}$ – количество $CO2$, выброшенное соответственно при изготовлении трактора, сельскохозяйственной машины, прицепа, приходящееся на 1 га, кг/га;

$CO2_{рто}$ – количество $CO2$, выброшенное в атмосферу при проведении ремонта и технического обслуживания трактора, прицепа и сельскохозяйственной машины, кг/га;

$CO2_{с.р.}$ – количество $CO2$, выброшенное в атмосферу при сборке и разборке агрегата, кг/га;

$CO2_{упр}$ – количество $CO2$, выделяемое механизатором при управлении трактором, кг/га;

$CO2_{тсм}$ – количество $CO2$, выброшенное при сжигании топлива двигателем трактора, кг/га;

$CO2_{агр}$ – количество $CO2$ из атмосферы не связанное урожаем, из-за ее потерь в связи с нарушением агротехнических сроков выполнения технологической операции, кг/га;

$CO2_{упл}$ – количество $CO2$ не связанное урожаем из атмосферы, из-за ее потерь в связи с уплотнением почвы движителями трактора кг/га.

2.3 Теоретические зависимости для расчета количества $CO2$, связанного с потерями урожая из-за неверных параметров трактора и агрегата

Как мы выяснили в первой главе диссертации выброс $CO2$ при механизации производственных процессов в сельском хозяйстве частично связан с процессом непосредственного сжигания топлива. Топливо сжигается для получения энергии, а значит любые энергетические затраты связаны с выбрасыванием $CO2$ в атмосферу, т.к. сегодня основным источником энергии на земном шаре являются ископаемые виды топлива.

Сельское хозяйство является единственной отраслью производственной деятельности человека, которая способствует накоплению энергии на земном шаре, т.к. культурные растения раскидывая свои листья - ловят солнечную энергию, чтобы через фотосинтез связать CO_2 из почвы и атмосферы в углеводородные соединения.

Практически для всех живых организмов Земли основным источником энергии является солнечный свет. Благодаря энергии солнца прямо или косвенно удовлетворяются энергетические потребности флоры и фауны. Растения улавливают солнечную энергию, преобразуют её в удобную для использования форму, а также запасают её в химических связях органических веществ. При этом исходными соединениями для синтеза органических веществ служат такие бедные энергией неорганические вещества, как углекислый газ (CO_2) и вода (H_2O). Улавливание и преобразования энергии света в энергию химических связей органических веществ называют фотосинтезом.

Чтобы жить, растения для поддержания процесса фотосинтеза должны поглощать из воздуха углекислый газ и вытягивать из почвы воду. И то и другое они делают с помощью устьиц — маленьких пор на поверхности листа, окружённых замыкающими клетками, которые эти устьица то открывают, то закрывают. Через поры испаряется вода, и тем самым поддерживается постоянный ток жидкости от корней растения до листьев. При этом растения регулируют уровень испарения, чтобы не пересохнуть в жаркую погоду. С другой стороны, фотосинтез постоянно требует наличия углекислого газа. Очевидно, что устьицам приходится порой решать едва ли не взаимоисключающие задачи: не давать растению засохнуть, закрывая устьица от избыточного испарения, и при этом доставлять воздух с углекислым газом - открывать устьица для

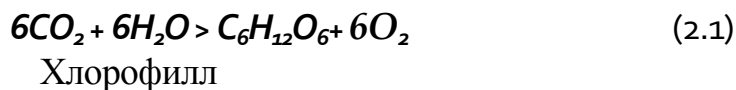
поглощения углекислого газа.

Кроме поглощения углекислого газа из воздуха ещё одной из задач устьиц является и удаление кислорода из листа. Оба эти процесса «пассивные», то есть зависят от концентрации кислорода и углекислого газа в окружающем растения воздухе. Эти процессы идут встречными потоками. Поэтому всегда важно снизить уровень кислорода и повысить уровень углекислого газа, чтобы увеличить продуктивность фотосинтеза.

Если концентрация CO_2 в подустьичной полости падает ниже 0,03 %, тургор замыкающих клеток увеличивается и устьица открываются. Повышение концентрации CO_2 в воздухе вызывает закрытие устьиц. Это происходит в межклетниках листа ночью, когда в результате отсутствия фотосинтеза и продолжающегося дыхания уровень углекислого газа в тканях повышается. Такое влияние углекислого газа объясняет, почему ночью устьица закрыты и открываются с восходом солнца.

Синтезируемые в ходе фотосинтеза органические вещества являются не только источником энергии, но и источником атомов углерода, водорода и кислорода для синтеза всех веществ, необходимых организму для построения новых клеток и структур. Значительная часть веществ, образующихся в результате фотосинтеза, может трансформироваться и запасаться в виде крахмала, жиров или белков

Сущность процесса фотосинтеза обычно описывается уравнением:



Следуя этому уравнению углерод в составе органических соединений появляется благодаря углекислому газу. Кроме того, можно небезосновательно предположить, что количество сухого вещества растения напрямую зависит от количества потреблённого углекислого газа, как, собственно говоря, и воды со светом.

В среднем, растение синтезирует из воды и углекислого газа 94% массы сухого вещества, остальные 6% растение получает из минеральных удобрений.

Поглощённый листьями углекислый, газ растворяется в клеточной воде и превращается в углекислоту:



Обычное объёмное содержание углекислоты в воздухе составляет 0,03%. Уменьшение содержания углекислоты в воздухе снижает интенсивность фотосинтеза. Повышение содержания углекислоты до 0,5% увеличивает интенсивность фотосинтеза почти пропорционально. Однако при дальнейшем повышении содержания углекислоты, интенсивность фотосинтеза не возрастает, а при уже 1% - растение страдает.

Применение изотопного метода анализа показало, что кислород, возвращаемый в атмосферу O^{16} принадлежит воде, а не углекислому газу воздуха, в котором преобладает другой его изотоп - O^{15} .

Биология фотосинтеза

Все ростовые процессы и накопление сухого вещества растением связаны с фотосинтезом. В процессе фотосинтеза создаётся около 95 % органической массы урожая и аккумулируется вся энергия, накапливаемая в организме. Поэтому при выращивании растений, особенно в теплицах, основное внимание должно быть уделено повышению их фотосинтетической деятельности. Исследованиями [...] было установлено, что тепличные культуры, в частности огурец и томат, обладают пониженной способностью к фотосинтезу. Интенсивность его у этих культур, выращиваемых в теплицах, в 1,5—2 раза ниже, чем у растений, выращиваемых в открытом грунте. Это объясняется прежде всего тем, что в тепличных условиях освещённость значительно ниже, чем в

естественных.

В естественных условиях интенсивность поглощения углекислого газа растениями превышает 40 мг на 1 дм² листовой поверхности в час, тогда как тепличными растениями поглощается его не более 20 мг, и только при особо благоприятных условиях — 30 мг/дм² в час.

Особенно резко снижается фото синтетическая деятельность тепличных растений в осенне-зимний период, когда интенсивность освещения резко падает.

В теплицах можно создавать более благоприятные условия для фотосинтеза растений, влияя тем самым на их продуктивность.

К факторам внешней среды, влияющим на фотосинтез, относятся освещение, концентрация углекислого газа в воздухе теплиц, температурный режим и режим влажности в теплицах, условия минерального питания и водоснабжения растений.

Необходимо отметить, что 1 грамм поглощённого CO₂ производит 0,5 грамма сухого вещества, 70% этого сухого вещества может идти на формирование плодов. Содержание сухого вещества в томатах порядка 5,8%, в зерновых культурах 87%.

Приблизительно 1 грамм поглощённого томатом CO₂ превращается в 6 грамм плода. Собственное, 1 грамм поглощённого CO₂ превращается в:

- 11 грамм плодов огурца,
- 6 грамм плодов томата,
- 5 грамм плодов баклажана,
- 4 грамм плодов перца.

В яркий солнечный летний день культура может поглощать 60 - 70 кг CO₂ на гектар в час. Это 360 - 420 кг плодов томата на гектар в час.

В связи со сказанным – если мы по какой либо причине теряем часть

урожая, то значит меньшее количество CO_2 из атмосферы будет связано растениями и это равносильно увеличению содержания CO_2 в атмосфере, как происходит при сжигании ископаемых топлив в разных отраслях промышленности, в том числе и в сельскохозяйственном машиностроении.

Недобор или потери урожая могут быть вызваны неверно подобранными параметрами техники (тракторов и сельскохозяйственных машин). Если техника недостаточно производительна, то удлиняются агротехнические сроки выполнения технологических операций и из-за этого происходит недобор потенциально возможного урожая. Однако, обычно, очень производительные машинно-тракторные агрегаты - это очень массивные агрегаты, оснащенные тракторами с большой массой и мощностью двигателя. Из-за этого происходит переуплотнение почвы движителями тракторов и угнетение культурных растений, что также ведет к потерям урожая.

Рассмотрим теоретические зависимости нашей математической модели, связанные с потерями урожая, ведущими к росту количества CO_2 в атмосфере из-за того, что оно не связалось потерянными урожаем.

2.3.1 Теоретические зависимости для расчета количества CO_2 , связанного с потерями урожая из-за нарушения агросрока выполнения технологической операции

Неверно подобранные параметры машинно-тракторного агрегата ведут к потерям определенной части урожая, зерновых и других культур. Эта потерянная часть урожая могла бы нейтрализовать из почвы и атмосферы определенное количество CO_2 , другими словами, могла бы связать в себе часть диоксида углерода атмосферы.

Выясним, сколько двуокиси углерода может связать та или иная культура, чтобы сформировать единицу массы урожая.

Таблица 2.3 – Количество двуокиси углерода, рассчитанное для формирования единицы массы зерновых культур исходя из содержания углерода в зерне и в соломе

Корма	Влажность %	Обменная энергия содержащаяся в 1000 г корма мДж	Сухое вещество, %	Углерод в сухом веществе, %	Кислород в сухом веществе, %	Водород в сухом веществе, %	Коэффициент соломистости	Сухое вещество, %	Органическое. Вещество, %.	Углерод в сухом веществе, %	Масса углерода в 1 ц зерна с учетом соломы, кг	Масса CO ₂ для формирования 1 кг зерна с учетом соломы, кг
	Зерно						Солома				Зерно+ Солома	
Озимая пшеница	13,0	13,18	87	18,0	≈70	≈10	1,4	86	81	40	64,0	2,340
Озимая рожь	13,0	13,39	87	18,1			1,8	86	82	42,5	81,5	2,990
Ячмень	13,0	13,01	87	17,9			1,2	86	81	40	56,9	2,085
Овес	12,5	12,55	88,5	17,4			1,2	86	79	36	52,6	1,927
Яровая пшеница	13,0	13,39	87	18,3			1,5	86	82	39	66,2	2,429
Кукуруза	13,0	13,82	87	18,7			2,0	86	81	35	76,5	2,804
Рапс	14,0	12,21	86	17,2			1,6	86	80	38,5	67,8	2,485
Гречиха	14,0	12,13	86	17,1			1,6	86	80	40	69,7	2,557
Горох	14,0	12,68	86	17,5			1,5	86	81	42	69,2	2,538
Соя	14,0	16,53	86	19,9			1,4	86	82	36	60,5	2,217
Вика	14,0	13,57	86	18,4			1,4	86	81	42	66,4	2,434

В таблице 2.3 приведены некоторые данные, полученные в ходе наших расчетов исходя из содержания углерода в сухом веществе зерна и соломы для различных культур по Виноградову [31].

По поглощению CO_2 культурными растениями информации мало и она разноречива. Попробуем рассчитать сколько потребляет та или иная культура CO_2 из атмосферы и почвы за период вегетации, т.е. за год.

Для этого воспользуемся такими данными – сколько в растениях (листьях, стеблях и плодах) содержится сухого вещества, сколько в сухом веществе содержится углерода, далее рассчитаем, исходя из формулы CO_2 и молярной массы ее химических элементов, сколько диоксида углерода поглощается растением.

Формула для расчетов представляет из себя следующую зависимость:

$$M_{\text{CO}_2} = Y_3 * ((C_3 * P_{C3}) + (K_C * C_C * P_{CC})) * 44/12, \quad (2.3)$$

где M_{CO_2} – масса диоксида углерода для формирования зерна массой Y_3 , кг/кг;

Y_3 – масса зерна, 1 кг;

C_3 – содержание сухого вещества в зерне, %;

P_{C3} – содержание углерода в сухом веществе зерна, %;

K_C – коэффициент соломистости культуры;

C_C – содержание сухого вещества в соломе, %;

P_{CC} – содержание углерода в сухом веществе соломы, %;

Верность расчетов подтверждаются данными исследователей из Германии и США, приведенными в таблице 2.4.

Рассмотрим методику расчета $\text{CO}_{2\text{агр}}$ – количества CO_2 не связанного формируемым урожаем, из-за ее потерь в связи с нарушением агротехнических сроков выполнения технологической операции, кг/га.

$$\text{CO}_{2\text{агр}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i-1} (C_{\Pi} \cdot i \cdot W \cdot T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}) + N_i \cdot i \cdot C_{\Pi} \cdot W \cdot T_{\text{см}} \cdot n_{\text{см}}}{S_0}, \quad (2.4)$$

Таблица 2.4 – Количество двуокиси углерода, необходимое для формирования единицы массы зерновых культур [33-35]

Культура	Средняя урожайность по РТ, ц/га	Поглощение CO ₂ , кг/ц	Площади посевов по РТ, тыс.га	Масса поглощенного CO ₂ по РТ, т
Яровая пшеница	31*	132**	506,4***	2072188,8
Озимая рожь	38*	360****	113,8***	1270008,0
Кукуруза на силос	73*	140**	129,6***	1324512,0

*ТОП высокоурожайных сортов сельхозкультур Татарстана. / <https://yandexwebcache.net/glavagronom.ru/news/sostavlen-top-vysokourozhaynyh-sortov-selhozkultur-tatarstana&l10n=ru&mime=html&sign=a7cae8ac71de6362132dc27bbc02ebfb&keyno=0&mode=text>

**HeimatLandwirte informieren über CO₂-Bindung / <https://www.topagrar.com/suedplus/news/heimatlandwirte-informieren-ueber-co2-bindung-12090307.html>

*** На 2021 г.

**** CO₂ uptake and ecophysiological parameters of the grain crops of midcontinent North America: Estimates from flux tower measurements / https://www.researchgate.net/publication/233884058_CO2_uptake_and_ecophysiological_parameters_of_the_grain_crops_of_midcontinent_North_America_Estimates_from_flux_tower_measurements

где C_{Π} – масса не поглощенного CO₂ с 1 га в день из потерь урожая, кг/га·день;

$$C_{\Pi} = Y \cdot \Delta y \cdot M_{CO_2} / 100, \quad (2.5)$$

где Y – планируемая урожайность, кг/га;

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

M_{CO_2} – масса диоксида углерода для формирования зерна массой 1 кг, кг/кг;

N_i – число целых дней в N^1 ;

S_0 – объём работы на данной операции, га.

$$N^1 = \frac{S_0}{W \cdot T_{CM} \cdot n_{CM}}, \quad (2.6)$$

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

$n_{\text{см}}$ – число смен в одном рабочем дне;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены в часах.

Значение Δy устанавливают зональные опытные станции с учетом местных условий. При отсутствии таких данных его значения могут быть приняты ориентировочно по таблице 2.5.

Количество работы S_0 на операции, приходящейся на данный конкретный агрегат, требует всестороннего обоснования. Оптимальное значение S_0 необходимо определить, рассматривая работу всего МТП, так как его величина влияет на количественный и качественный состав парка техники.

Таблица 2.5 - Уменьшение потерь урожая Δy на 1 день сокращения периода полевых работ, в %

Вид работы	Δy	Культура	Δy	
			посев	уборка
Лущение стерни	0,80	Колосовые	0,9	3,00
Безотвальная обработка	0,50	Кукуруза на силос	0,6	0,80
Культивация	0,30	Подсолнечник	0,8	3,60
Дискование	0,05	Горох	1,5	0,60
Боронование	1,20	Свекла	1,6	0,02
Вспашка зяби	0,50	Картофель	1,8	1,50

При эксплуатационных расчетах ширины захвата и скорости МТА, значение S_0 определяется исходя из всего объема работ в хозяйстве на данной операции, с учетом количества занятых агрегатов, пропорционально их нормативной производительности.

2.3.2 Теоретические зависимости для расчета количества CO_2 , связанного с потерями урожая из-за негативного воздействия движителей трактора на почву

Для определения количества диоксида углерода, не поглощенного из атмосферы в связи со снижением урожая от уплотнения почвы, предлагается зависимость:

$$CO2_{\text{упл}} = \frac{Y \cdot A \cdot Q (U_T - U_{\text{доп}})}{100}, \quad (2.7)$$

где A – коэффициент пропорциональности, $\% \cdot \text{м}/\text{кН}$; U_T – показатель, характеризующий уплотняющее воздействие движителей трактора на почву, $\text{кН}/\text{м}$; $U_{\text{доп}}$ – допустимый уровень уплотняющего воздействия движителей трактора, ниже которого не происходит снижение урожайности культур $U_{\text{доп}} = 75 \text{ кН}/\text{м}$.

Методика определения U_T разработана в работе [36].

Для наших расчётов используем следующие зависимости:

$$U_T = \frac{B_1}{2B_P} \cdot \sum_{j=1}^n U_j + [U] \cdot \left(1 - \frac{n \cdot B_1}{2B_P}\right), \quad (2.8)$$

где B_1 – ширина зоны влияния уплотняющего воздействия трактора на урожайность сельскохозяйственных культур на поле (в ориентировочных расчетах $B_1 = 10,8 \text{ м}$); 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 $75 \text{ кН}/\text{м}$ [36].

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

$$U_j = w \cdot v \cdot q_{\max V}, \quad (2.9)$$

где w – коэффициент, зависящий от размеров и формы опорной поверхности движителей. Экспериментально определено в работе [80]: для колесного движителя $w = 1,25$; для гусеничного движителя при $L_1/v < 7$, $w = (0,92 - 0,3 L_1/v)^{2/3}$; при $L_1/v > 7$, $w = 2,15$; L_1 – длина опорной поверхности гусеницы, определяемая в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7057-81; v – ширина движителя, м; $q_{\max V}$ – максимальное давление каждого движителя на почву при заданной скорости движения агрегата, кПа.

Для гусеничного движителя:

$$q_{\max V} = q_{\max 0} + K_v \cdot V^2, \quad (2.10)$$

где $q_{\max 0}$ – максимальное давление движителя при $V = 0$ кПа; K_v – эмпирический коэффициент, кПа·с²/м²:

$$q_{\max 0} = q_{\text{ср}} \cdot E, \quad (2.11)$$

где $q_{\text{ср}}$ – среднее давление на почву, кПа; E – коэффициент неравномерности распределения давлений по длине опорной поверхности гусеницы:

$$q_{\text{ср}} = \frac{m_{\text{дв}} \cdot g}{10^3 \cdot L \cdot v}, \quad (2.12)$$

где $m_{\text{дв}}$ – масса создающая нагрузку на данный движитель, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; L – длина условного контакта гусеницы с почвой, м; v – ширина гусеницы, м.

За условную длину контакта гусеницы с почвой следует принимать расстояние между осями крайних опорных катков плюс шаг гусеницы: $L =$

$l_1 + t$. Если угол наклона переднего участка гусеницы к горизонтали меньше 5° или заднего менее 2° , то условную длину следует определять по формулам:

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2 && \text{при} && \gamma_1 \leq 2^\circ \\ L &= l_1 + l_3 && \text{при} && \gamma_2 \leq 5^\circ \end{aligned} \quad (2.13)$$

где l_1 — расстояние между осями крайних опорных катков, м; l_2 — расстояние между вертикальными плоскостями, проведенными через оси задних опорных катков и ведущих колес, м; l_3 — расстояние между вертикальными плоскостями, проведенными через оси передних опорных катков и направляющих колес, м.

Если углы $\gamma_1 \leq 2^\circ$ и $\gamma_2 \leq 5^\circ$, то условную длину контакта гусеницы с почвой следует принимать равной расстоянию между осями направляющего и ведущего колес.

В результате большого количества лабораторно-полевых испытаний [80] получены эмпирические зависимости коэффициента E и параметров ходовой системы:

для индивидуальной и балансирной подвесок опорных катков:

$$E = 1,5 + 0,07 \cdot m^2 + 1,43 \cdot \sqrt{\frac{K}{\left(\frac{6,2}{m-1}\right)}}; \quad (2.14)$$

для полужесткой подвески опорных катков:

$$E = 1.7 + 0.7 \cdot m - 0.57 \cdot m \cdot e^{-40v}; \quad (2.15)$$

где $m = \frac{L_{\text{ок}}}{(k-1) \cdot t}$ — среднее отношение расстояния между опорными катками к шагу гусеницы; $L_{\text{ок}}$ — расстояние между крайними опорными

катками; n – число опорных катков на одном борту трактора; $v = \left| \frac{X_A}{L} \right|$ – отношение смещения центра давления относительно середины опорной поверхности гусениц к длине опорной поверхности; K – коэффициент неравномерности распределения нагрузок по опорным каткам:

для индивидуальной подвески

$$K_{\text{и}} = \frac{4 \cdot n^2 (n^2 - 1)^2 \cdot v^2}{\sum_{i=1}^n (i - 2 \cdot i + 1)^2}; \quad (2.16)$$

для балансирной подвески

$$K_{\text{б}} = \frac{n^2 (n - 1)^2}{2 \cdot \sum_{i=1}^{n/2} (i/2 - 2 \cdot i + 1)^2} \cdot v^2. \quad (2.17)$$

С использованием указанных формул, проведены предварительные расчеты некоторых промежуточных коэффициентов и показателей для наиболее распространенных гусеничных и колесных тракторов. Результаты расчетов приведены в таблице 2.6.

При оптимизации параметров МТА рассчитывается текущее значение мощности двигателя трактора для сравнения с номинальной мощностью двигателя и определения работоспособности агрегата с заданными параметрами.

В математической модели машинно-тракторных агрегатов заложены все формулы для проведения расчетов в том числе и зависимости для определения максимального давления колесного движителя от параметров трактора, его движителя и физико-механических свойств почвы [36].

Таблица 2.6 – Значения коэффициента w и максимального давления
двигателей при $V = 0$ для тракторов

Тракторы	w	δ , м	$q_{\max 0}$, кПа
ДТ-75М	1,707	0,390	120,00
Т-150	1,744	0,390	144,00
Т-4А	1,929	0,420	145,70
ДТ-75С	1,750	0,390	171,00
Т-150К	1,250	0,457	321,96
К-701	1,250	0,610	314,75
МТЗ-1522	1,250	0,560	270,40
МТЗ-82	1,250	0,354	248,60

Выводы

1. В Республике Татарстан принята технология разноглубинной основной обработки, с чередованием глубины обработки по годам и севооборотам.
2. Для поиска путей снижения выброса CO_2 на технологических операциях основной обработки почвы предложен критерий оптимизации параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов – минимальный выброс CO_2 .
3. Расчетным методом выявлено, что масса CO_2 для формирования 1 кг зерна с учетом массы соломы, находится в пределах 1,9-2,6 кг в зависимости от культуры.
4. Максимальное количество CO_2 из атмосферы поглощает озимая рожь – 2,9 кг на 1 кг зерна с учетом соломы и кукуруза на силос – 2,8 кг/кг.
5. Выявлены математические модели для расчета количества CO_2 не поглощенного из атмосферы культурой из-за потери урожая от нарушения агротехнических сроков выполнения технологических операций и уплотнения почвы двигателями трактора.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для проведения экспериментальных исследований необходимо разработать программу экспериментальных исследований и методики проведения экспериментальных исследований.

Первое должно исходить из материала предыдущих глав и она состоит из следующих частей:

1) экспериментальное исследование тракторов и машинно-тракторных агрегатов для выявления недостающих зависимостей математической модели агрегатов по критерию минимальный выброс CO_2 для технологических операций основной разноглубинной обработки почвы (рыхление почвы на глубину до 35 см и обработка почвы дисковыми на глубину до 15 см);

Первая часть экспериментальных исследований предполагает:

1) выявление допустимых пределов скорости агрегатов по агротехническим требованиям;

2) экспериментальное определение уравнения регрессии радиуса поворота агрегатов от ширины захвата и скорости поворота – $R_n = f(B_p, V_p)$.

Для решения первой задачи необходимо провести испытания почвообрабатывающих агрегатов с глубокорыхлителем и дисковым в лабораторно – полевых условиях. Решение второй задачи достигается проведением эксплуатационно – технологических испытаний указанных агрегатов в условиях производства.

Выбор объекта исследования зависит от принятой технологии возделывания зерновых культур. Сельскохозяйственные машины, применяемые на различных технологиях в Республике Татарстан, приведены

в таблицах 2.1 и 2.2. Основная технология обработки почвы, принятая в Татарстане – *комбинированная, разноглубинная*.

При выборе типа почвообрабатывающей сельскохозяйственной машины важна принятая технология подготовки почвы к посеву. Технологии основной обработки почвы и марки сельскохозяйственных машин для них приведены в таблицах 3.2, 3.3 и 3.4.

Рассмотрим наиболее распространенную в РТ по интенсивности - нормальную технологию, которая предусматривает разноглубинную основную обработку почвы. Для этого предусмотрено использование глубоких рыхлителей (глубина обработки до 40 см) и дисков для обработки почвы на глубину до 16 см.

Исходя из принятой технологии основной обработки почвы и наличия техники на предприятиях РТ для проведения лабораторно-полевых опытов для глубокого рыхления почвы выбраны: тракторы Нью Холланд 8040+ГР-5,4.ШК, К-744Р4+ГР-6,3.ШК, смотрите табл. 3.1;

Таблица 3.1 – Агрегатирование глубоких рыхлителей ГР-5,4-6,3.ШК

Марка изделия	Количество рабочих органов	Продуктивность га/час, т/час	Затраты топлива л/га, л/т*	Мощность двигателя	Агрегатируется с тракторами
ГР-5,4.ШК	12	4,7...5,4	12,0...18,0	(360...420)	New Holland T8 (375л.с) К-744Р4 (420 л.с.)
ГР-6,3.ШК	14	5,4...6,8	12,0...18,0	(400...500)	К-744Р4 (420 л.с.)

Как видим из таблицы 3.2 удельное сопротивление рабочих органов у большинства агрегатов глубоких рыхлителей колеблется в пределах 12-18 кН/м.

Для проведения обработки почвы дисковыми выбраны те же тракторы и бороны дисковые Нью Холланд 8040+БДМ-6х4 (300-350 л.с.), К-744Р4+БДМ-8х4 (400-440 л.с.).

Таблица 3.2 – Сельскохозяйственные машины для обработки почвы, используемые на различных по интенсивности технологиях в Республике Татарстан

Техника	Агротехнологии				
	Обычные (экстенсивные)	Экологические (без азотных минеральных удобрений и СЗР)	нормальные	интенсивные	точного земледелия
Тракторы	Любые тракторы тягового класса от 20 до 80 кН				Тракторы, оснащенные устройством для точного вождения, GPS навигацией, бортовым компьютером и др.
Обработка почвы	Отвальная, обычная многооперационная	Почвозащитная, комбинированная, разноглубинная	Почвозащитная, комбинированная, разноглубинная	Дифференцированно минимизированная	Оптимизированная к потребностям растений
Сельскохозяйственные машины	Луцильники, плуги, бороны зубовые (игольчатые), культиваторы паровые, катки и др.	Луцильники, плуги, бороны зубовые (игольчатые), культиваторы паровые, катки, комбинированные агрегаты, дискаторы, культиваторы, плоскорезы, глубококорыхлители	Комбинированные агрегаты, дискаторы, культиваторы, плоскорезы, глубококорыхлители и др.	Комбинированные агрегаты, дискаторы, культиваторы, плоскорезы, глубококорыхлители и др.	Комбинированные агрегаты, дискаторы, культиваторы, глубококорыхлители и др.

Таблица 3.3 – Удельное сопротивление глубокорыхлителей, применяемых в РТ для углубления пахотного слоя

Тип сельскохозяйственной машины	Марка сельскохозяйственной машины	Количество, шт. (2021 г.)	Удельное сопротивление почвы рабочим органам, кН/м
Глубокорыхлители	КПГ-250	69	16
	SSDR Н 9	13	16,5
	ГН-250	26	15,7
	КАМА ТГР 45.7-300	26	14,8
	ПГН-7	18	16
	ГР-4,5 ШК	8	15,2
	ГР-5,4 ШК	9	15,2
	ГР-6,3 ШК	11	15,2

Таблица 3.4 – Удельное сопротивление дисковых борон, применяемых в РТ для основной обработки почвы на глубину до 15 см

Тип сельскохозяйственной машины	Марка сельскохозяйственной машины	Количество, шт. (2021 г.)	Удельное сопротивление почвы рабочим органам, кН/м
Дисковые орудия	БД-10	66	3,20
	БДТ-3	12	5,60
	БДТ-7 (ГД-7)	24	5,70
	БДМ-3х4	26	6,80
	БДМ-4х4	21	6,82
	БДМ-6х4	7	6,91
	БДМ-8х4	9	6,96

Почвы лесные серые и дерново-подзолистые – наиболее типичные для предкамской зоны Республики Татарстан.

При организации эксплуатационно – технологических исследований необходимо определить элементы коэффициента использования времени смены, зависящие от особенностей сельскохозяйственной машины и трактора, а также фактическую производительность агрегатов. В связи с этим, для более полной проверки методики расчёта производительности на глубоком рыхлении почвы, объектами исследования выбраны трактора и сельскохозяйственные машины различных марок.

При проверке адекватности модуля для расчета производительности в математической модели агрегата для глубокого рыхления и обработки дисковыми боронами почвы будут сравниваться расчетные и фактические производительности одинаковых агрегатов, работающих в аналогичных условиях.

Тракторы и сельскохозяйственные машины готовились к экспериментальным исследованиям, согласно требованиям по эксплуатации техники, а также положений ГОСТ 28305-89 [38], ГОСТ 7057-2001[40], ГОСТ 31345-2007 [39].

3.2 Методика эксплуатационно-технологических исследований агрегатов по подготовке почвы к посеву

Одна из задач экспериментальных исследований – получить информацию в численном виде для выявления формул: радиуса поворота агрегатов – $R_n = f(B_p, V_n)$ от параметров агрегатов (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n). Для всех агрегатов глубокорыхлителей необходимо измерить фактическую производительность изучаемых агрегатов с целью проверки метода расчета производительности в системной энергетической модели агрегатов для глубокого рыхления почвы на адекватность.

Перечисленные задачи могут быть решены при использовании методов проведения эксплуатационно-технологической оценки агрегатов по ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки» [42].

Для каждого агрегата должно быть проведено не менее трех контрольных смен, продолжительностью каждой согласно ГОСТ 24055-2016 не менее 8 часов [42].

В ходе экспериментальных исследований измеряются следующие параметры и показатели.

Продолжительность смены определяется путем регистрации времени её начала и конца. Продолжительности элементов операций осуществляется последовательной регистрацией времени начала и конца каждого элемента операции. Отдельные составляющие времени за смену группируются согласно методики определения баланса времени смены.

При измерении продолжительности времени смены допускается погрешность 5 мин., а для отдельных операций в зависимости от их длительности: более 20 мин – 20 с.; от 1 до 20 мин. – 5 с.; от 10 с. до 1 мин. – 2с.; менее 10 с. – 0.02 с.

По многочисленным измерениям в течение смены определяются радиус поворота, ширина поворотной полосы и длина поворота.

Длина обрабатываемого участка измеряется двукратно на противоположных сторонах участка в конце смены; ширина участка измеряется в двух поперечных сечениях на расстоянии 30-50 м от концов участка. Требуемая точность измерения составляет 1 %.

С точностью 1 % определяется фактическая ширина захвата агрегата, которая измеряется несколько раз за смену путем деления ширины определённого обработанного участка на число проходов агрегата.

Глубина обработки измеряется линейкой глубиномером в начале, середине и конце смены на расстоянии не менее 30 м от конца участка. Количество измерений на каждой стороне должно быть не менее 20, расстояние между точками измерений 1...2 м, погрешность 5 %.

Средняя скорость движения трактора на пути не менее чем 50 м определяется в начале, в середине, в конце смены при движении трактора с установившейся нагрузкой в прямом и обратном направлениях, путем деления пройденного расстояния на время прохождения пути.

Среднюю скорость поворота вычисляем делением длины поворота на время, необходимое на поворот.

Согласно требованиям ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» определяем твёрдость и влажность почвы [43].

Не менее чем в десятикратной повторности измеряется радиус поворота при различных значениях ширины захвата и скорости почвообрабатывающего агрегата.

Для измерений применяется 20 м рулетка с металлической лентой, глубиномер, изготовленный из металлической линейки, секундомер, вешки.

Обоснование комплекса показателей внешних условий, подвергаемых контролю, исходит из их влияния на работу агрегатов.

Уклон поля не должен превышать 2 %, поле должно быть правильной формы, без столбов, камней и других препятствий. Тип почвы наиболее распространенный в республике Татарстан - серые лесные, по механическому составу - среднесуглинистые.

3.3 Методика обработки экспериментальных данных

Обработка экспериментальных данных проводится методами математической статистики с использованием компьютерных программ.

При обработке результатов агротехнической оценки работы агрегатов для подготовки почвы к посеву вычисляем среднеквадратические отклонения, коэффициенты вариации измеренных показателей, а также рассчитываем их отклонения от заданной величины и сравниваем с нормативными значениями допустимых отклонений. По отклонениям показателей от нормативных значений находим допустимые пределы рабочей скорости агрегатов.

При определении эмпирических зависимостей k от скорости МТА, вначале проводится предварительная обработка экспериментальных данных, включающая:

- 1) вычисление характеристик эмпирических распределений;

2) проверка гипотезы нормальности распределений;

3) подсчет, по результатам всех повторностей, средних значений измеренных показателей, перевод показателей через масштаб в натуральный вид и подсчет значений k , соответствующих каждому значению скорости и ширины захвата.

Только после этого методом наименьших квадратов определяются их корреляционно – регрессионные зависимости.

Вычисление эмпирических распределений и проверка гипотезы нормальности производится в следующей последовательности [44-46]:

1. Определение среднего квадратического $\overline{X}$:

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i; \quad (18)$$

$$i = \overline{1, n}. \quad (19)$$

2. Определение дисперсии эмпирического распределения (несмещенная оценка):

$$\overline{S^2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^2. \quad (20)$$

3. Выборочное среднеквадратическое отклонение:

$$\overline{S} = \sqrt{\overline{S^2}}. \quad (21)$$

4. Размах варьирования:

$$R = X_{\max} - X_{\min}. \quad (22)$$

Так как опытных данных много, то для оценки нормальности распределения использован упрощенный метод, сокращающий время обработки. Подсчитывают отношение R / S и сопоставляют с критическими верхними и нижними границами этого отношения, приведенными в таблицах [44]. Если R / S меньше нижней или больше верхней границы, то нормальность распределения под вопросом. Важно, чтобы это условие соблюдалось при $p=0,10$ (10% уровень значимости). В случае

отрицательного результата, гипотезу о нормальности распределения желательно проверить по χ^2 - критерию, для которого составлена программа расчёта на ЭВМ.

Обработка данных эксплуатационно – технологических исследований агрегатов заключается в обработке наблюдательных листов с целью определения средних значений $t_{\text{пс}}$, $t_{\text{м}}$ по результатам повторностей, а также для подсчета коэффициента использования времени смены и производительности агрегатов за час времени смены согласно требованиям, приведенным в литературе.

Кроме этого необходимо выявить эмпирические зависимости $R_{\text{п}}$ от ширины захвата и скорости поворота агрегата, а также зависимости $t_{\text{пс}}$, $t_{\text{м}}$ от ширины захвата агрегатов методом корреляционно-регрессионного анализа [44].

Выводы

Программа и методика экспериментальных исследований, исходят из теоретических исследований. Вопросы, рассмотренные в данной главе, можно свести в следующие общие выводы.

1. Программой предусматривается: определение допустимых агротехникой пределов рабочей скорости по отклонениям показателей качества почвообработки от заданных значений и сравнения с допустимым отклонением; проведение эксплуатационно – технологических исследований агрегатов для определения некоторых зависимостей математической модели МТА (радиуса поворота агрегата, длины поворота и ширины поворотной полосы в зависимости от ширины захвата и скорости агрегатов глубокорыхлителей и дискаторов) и фактической производительности агрегатов;

2. Обосновано общее количество повторностей при проведении энергооценки агрегатов – шестикратная повторность, в остальных опытах повторность определена согласно требованиям стандартов на обеспечение точности результатов измерений, но не менее чем трехкратная.

3. Обоснована методика обработки экспериментальных данных.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты агротехнической и энергетической оценки почвообрабатывающих агрегатов

Агротехническая оценка агрегатов для основной обработки почвы проведена с целью выявления допустимых пределов рабочей скорости агрегатов для глубокого рыхления почвы и дискаторов.



Рисунок 4.1 – Нью Холланд 8040 с глубокорыхлителем

Допустимые пределы рабочей скорости агрегатов определялись по показателям агротехнических требований на качество выполнения операций.

На технологической операции выявлялось отклонение от заданных требований глубины обработки, гребнистости и степени крошения почвы при изменении скорости от 5 до 15 км/ч, таблица 4.1.



Рисунок 4.2 – Трактор К-744Р4 с глубокорыхлителем ГР-6,3 ШК



Рисунок 4.3 – Нью Холланд 8040 с дискатором БДМ-6х4



Рисунок 4.4 – Трактор К-744Р4 с дискатором БДМ-8х4

Таблица 4.1 - Основные агротехнические показатели работы агрегатов для глубокой обработки почвы

Нью Холланд 8040+ ГР-5,4 ШК					Допуск
Показатели	Скорость, км/ч				
	5,4	8,3	11,6	14,2	
Заданная глубина обработки, см	30,00	30,00	30,00	30,00	
Средняя глубина обработки, см.	29,32	28,45	28,23	27,79	
Среднее квадратическое отклонение, см.	2,2	2,1	2,5	2,9	3 см
Коэффициент вариации, %	7,47	7,33	8,79	10,42	
Гребнистость поверхности почвы, см	4,18	3,79	3,58	3,22	<5см
Подрезание сорной растительности, %	100%	100%	100%	100%	100%
Крошение почвы, % (размер комков от 1 до 25 мм)	86,4	89,23	91,12	92,21	85±5%
Удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН/м	13,6	13,9	14,3	15,4	—
Среднее квадратическое отклонение, кН/м	0,45	0,48	0,51	0,54	—
К-744Р4 + ГР-6,3 ШК					Допуск
Показатели	Скорость, км/ч				
	5,5	7,9	11,4	13,9	
Заданная глубина обработки, см	30	30	30	30	
Средняя глубина обработки, см.	29,79	29,33	28,89	28,88	
Среднее квадратическое отклонение, см.	1,89	2,01	2,23	2,45	3 см
Коэффициент вариации, %	6,34	6,81	7,71	8,49	
Гребнистость поверхности почвы, см	3,96	3,49	3,41	2,87	<5см
Подрезание сорной растительности, %	100%	100%	100%	100%	100%
Крошение почвы, % (размер комков от 1 до 25 мм)	85,2	86,9	91,3	92,4	85±5%
Удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН/м	12,7	13,0	14,2	14,8	—
Среднее квадратическое отклонение, кН/м	0,45	0,52	0,57	0,58	—

Таблица 4.2 - Основные агротехнические показатели работы агрегатов с дисковыми орудиями

Нью Холланд 8040+ БДМ-6х4					Допуск
Показатели	Скорость, км/ч				
	5,7	8,3	11,2	13,9	
Заданная глубина обработки, см	15	15	15	15	
Средняя глубина обработки, см.	14,5	14,6	14,3	13,8	
Среднее квадратическое отклонение, см.	1,8	2,0	2,4	2,9	3 см
Коэффициент вариации, %	7,47	7,33	8,79	10,42	
Гребнистость поверхности почвы, см	3,89	3,32	3,09	2,98	<5см
Подрезание сорной растительности, %	100%	100%	100%	100%	100%
Крошение почвы, % (размер комков от 1 до 25 мм)	86,3	89,8	90,1	91,2	85±5%
Удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН/м	6,1	6,7	7,1	7,5	—
Среднее квадратическое отклонение, кН/м	0,42	0,44	0,49	0,52	—
К-744Р4 + БДМ-8х4					Допуск
Показатели	Скорость, км/ч				
	5,8	8,4	11,4	13,7	
Заданная глубина обработки, см	15	15	15	15	
Средняя глубина обработки, см.	14,8	14,6	14,3	13,8	
Среднее квадратическое отклонение, см.	2,01	2,04	2,31	2,48	3 см
Коэффициент вариации, %	6,33	6,83	7,69	8,51	
Гребнистость поверхности почвы, см	3,89	3,3	3,22	2,87	<5см
Подрезание сорной растительности, %	100%	100%	100%	100%	100%
Крошение почвы, % (размер комков от 1 до 25 мм)	85,3	87,5	91,7	92,9	85±5%
Удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, кН/м	6,24	6,67	7,20	7,49	—
Среднее квадратическое отклонение, кН/м	0,46	0,50	0,53	0,55	—

Исходя из полученных значений показателей, можно сделать вывод, что при работе агрегатов со скоростью от 5 до 13 км/ч обеспечивается устойчивая глубина обработки почвы на обеих технологических операциях, и обеспечиваются требования к гребнистости поверхности поля и крошению почвы.

В таблице 4.1 и 4.2 приведены данные по влиянию скорости агрегатов на изменение удельного сопротивления почвы рабочим органам глубокихрыхлителей дисковых борон.

Из таблицы видно, что увеличение скорости агрегатов закономерно ведет к росту удельного сопротивления на всех вариантах опытов.

4.2 Результаты эксплуатационно-технологических исследований агрегатов глубокихрыхлителей и дискаторов

Задачей исследований являлось получение не достающих в математической модели агрегатов зависимостей радиуса поворота агрегатов глубокихрыхлителей – $R_n = f(B_p, V_n)$, ширины поворотной полосы и длины поворота, времени на перестроение агрегата из рабочего положения в транспортное $t_{пс} = f(B)$ от параметров агрегатов (ширины захвата B_p , а также скорости поворота, при необходимости); выявление фактической производительности агрегатов глубокихрыхлителей с целью проверки методики расчета производительности в энергетической математической модели агрегатов глубокихрыхлителей на адекватность.

Результаты экспериментальных исследований приведены в приложении Г.

Путем корреляционно-регрессионного анализа получены следующие уравнения регрессии радиуса поворота R_n от параметров агрегата (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n) по агрегатам с различными тракторами:

1. Нью Холланд 8040+ ГР-5,4 ШК

$$R_n = 139.5667 + 0.0480V_n - 57.4565B_p + 0.0315(V_n)^2 - 0.0151V_nB_p + 5.4242(B_p)^2; \quad (23)$$

2. К-744Р4 + ГР-6,3 ШК

Таблица 4.2 - Условия проведения эксплуатационно-технологических исследований и фактическая производительность агрегатов

Состав агрегата	Влажность почвы в % по глубине 0-30	Плотность почвы, г/см ³	Глубина обработки, м	Длина гона, км	Средняя скорость МТА, км/ч	Продолжительность чистой работы, час.	Коэффициент использования времени смены	Фактическая ширина захвата агрегата, м	Продолжительность смены, час	Фактическая производительность, га/час
Нью Холланд 8040+ БДМ-6х4	20,28	1435	14,8	1,20	8,12	5,75	0,7	6,30	8,22	3,58
	19,98	1466	14,5	1,24	8,16	5,76	0,71	6,35	8,11	3,67
	19,94	1478	14,7	1,14	8,21	5,85	0,72	6,24	8,13	3,69
К-744Р4+ БДМ-8х4	19,87	1491	14,3	1,56	9,11	5,32	0,64	8,10	8,31	4,85
	19,65	1511	14,9	1,52	9,42	5,60	0,68	8,21	8,24	5,28
	20,12	1532	14,6	1,59	9,32	5,34	0,65	8,15	8,22	4,94
Нью Холланд 8040+ ГР-5,4 ШК	21,56	1530	0,294	0,68	8,46	5,68	0,696	5,21	8,16	3,07
	22,11	1680	0,291	0,62	8,94	5,71	0,694	5,32	8,23	3,30
	21,78	1590	0,299	0,63	8,89	5,68	0,675	5,11	8,42	3,07
К-744Р4 + ГР-6,3 ШК	22,64	1556	0,302	0,91	10,45	5,13	0,623	6,11	8,24	3,98
	21,95	1598	0,299	0,96	10,36	5,23	0,625	6,23	8,37	4,03
	20,89	1632	0,292	0,93	10,28	5,44	0,656	6,18	8,29	4,17

$$R_n = 14.1390 - 0.8210V_n - 2.5935B_p + 0.0611(V_n)^2 + 0.0454V_nB_p + 0.2003(B_p)^2; \quad (24)$$

3. К-744Р4 + БДМ-8х4

$$R_n = 32.2458 - 0.0284V_n - 11.1661B_p + 0.0171(V_n)^2 + 0.0634V_nB_p + 0.9828(B_p)^2; \quad (25)$$

Определены зависимости ширины поворотной полосы C_n от параметров агрегата (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n):

1. Нью Холланд 8040+ ГР-5,4 ШК

$$C_n = -176.56 + 1.242V_n + 74.886B_p - 0.041(V_n)^2 + 0.1654V_nB_p - 6.5484(B_p)^2; \quad (26)$$

2. К-744Р4 + ГР-6,3 ШК

$$C_n = 54.6916 + 0.9217V_n - 19.001B_p - 0.0541(V_n)^2 + 0.2662V_nB_p + 1.83073(B_p)^2; \quad (27)$$

3. К-744Р3 + БДМ-8х4

$$C_n = 54.6916 + 0.9217V_n - 19.001B_p - 0.0541(V_n)^2 + 0.2662V_nB_p + 1.83073(B_p)^2; \quad (28)$$

Выявлены зависимости длина поворота L_n от параметров агрегата (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n):

1. Нью Холланд 8040+ ГР-5,4 ШК

$$L_n = -742.542 + 2.586V_n + 311.873B_p - 0.0978(V_n)^2 + 0.491V_nB_p - 28.12(B_p)^2; \quad (29)$$

2. К-744Р3 + ГР-6,3 ШК

$$L_n = 279.69 + 1.07V_n - 95.88B_p - 0.104(V_n)^2 + 0.748V_nB_p + 8.2545(B_p)^2; \quad (30)$$

3. К-744Р3 + БДМ-8х4

$$L_n = 279.69 + 1.07V_n - 95.88B_p - 0.104(V_n)^2 + 0.748V_nB_p + 8.2545(B_p)^2; \quad (31)$$

В таблице 4.2 приведена фактическая производительность агрегатов.

4.3 Проверка на адекватность модуля расчета часовой производительности почвообрабатывающих агрегатов

Для проверки адекватности математической модели расчета производительности агрегатов глубокихлителей проведем вычисления для тех же условий, для которых были проведены эксперименты. Результаты расчетов и сравнение с экспериментальными данными приведены в таблице 4.3.

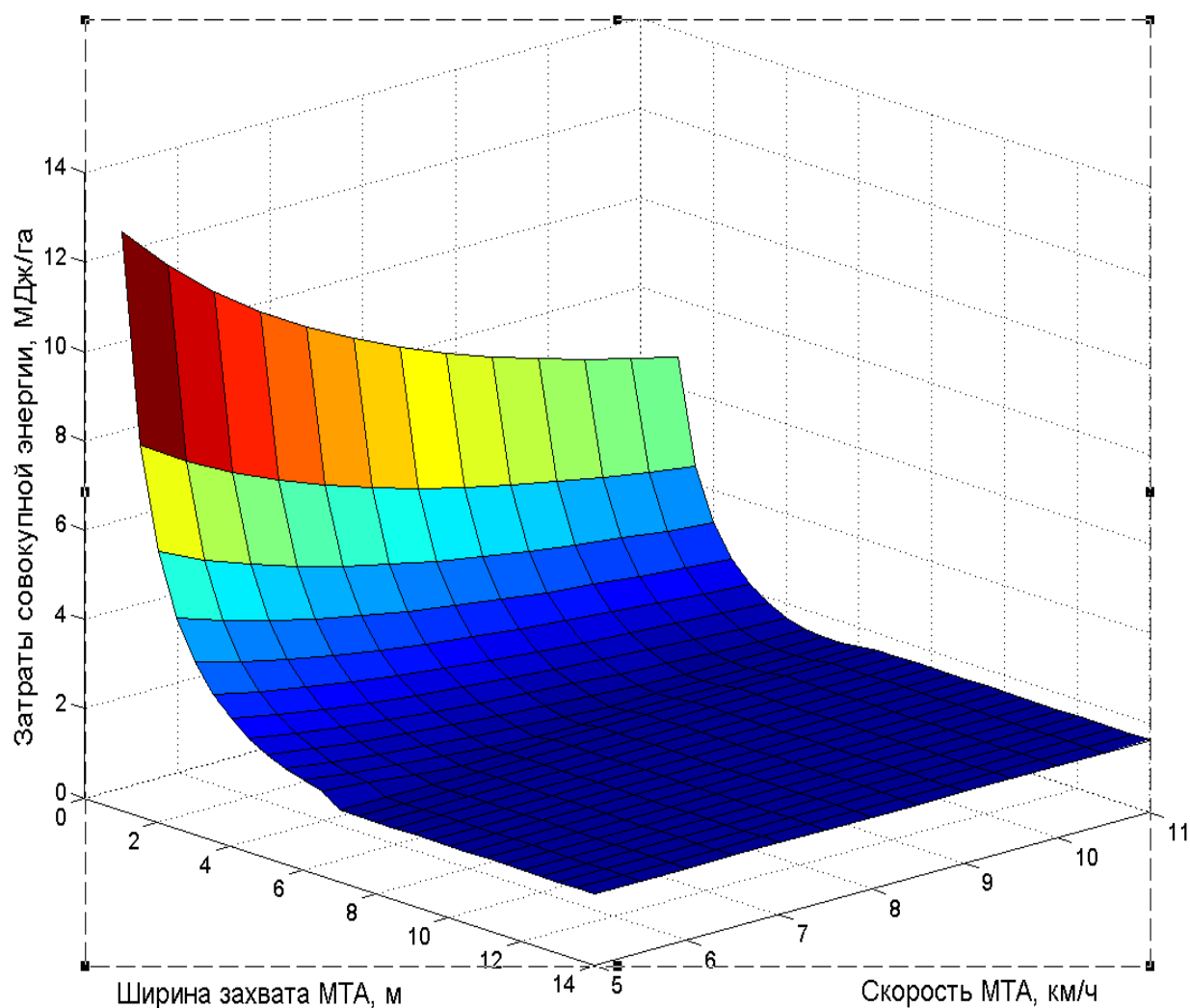


Рисунок 4.5 – Оптимальные параметры агрегата глубокорыхлителя с трактором Нью Холланд 8040

Как видно из таблицы максимальная разница расчетной и фактической производительности одних и тех же посевных МТА не превышает 9%, что допускается при нормировании производительности агрегатов. Таким образом, уточненные формулы для определения производительности посевных агрегатов пригодны для расчетов.

Таким образом, можно сделать вывод, что системная математическая модель посевных агрегатов адекватно отражает работу реальных агрегатов и пригодна для оптимизационных расчетов их параметров и режимов работы.

Выводы

1. Агротехнически допустимые пределы рабочей скорости различных агрегатов глубокихлителей и дискаторов по результатам экспериментальных исследований колеблются от 5 до 14 км/ч.
2. Увеличение скорости агрегатов глубокихлителей и дискаторов закономерно ведут к росту удельного сопротивления почвы рабочим органам агрегатов на всех вариантах опытов.
3. По результатам экспериментов путем корреляционно-регрессионного анализа получены уравнения регрессии радиуса поворота R_n , ширины поворотной полосы C_n , длина поворотной полосы L_n , от параметров агрегата (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n) по агрегатам глубокихлителям и дискаторам с различными тракторами. Выявлена фактическая производительность агрегатов. Расхождение расчетной и экспериментально определенной производительности машинно-тракторных агрегатов находится в пределах 2-7 %, что допускается при нормировании производительности агрегатов.

Таблица 4.3 – Сравнение экспериментальных и расчетных значений производительности агрегатов

Состав агрегата	Влажность почвы в % на глубине 0-30	Плотность почвы кПа	Глубина обработки, м	Длина гона, км	Средняя скорость МТА, км/ч	Продолжительность чистой работы, час.	Коэффициент использования времени смены	Фактическая ширина захвата агрегата, м	Продолжительность смены, час	Фактическая производительность, га/час	Расчетная производительность, га/час	Разница, %
Нью Холланд 8040+ ГДМ	20,28	1435	14,8	1,20	8,12	5,75	0,7	6,30	8,22	3,58	3,61	-0,83
	19,98	1466	14,5	1,24	8,16	5,76	0,71	6,35	8,11	3,67	3,65	+0,55
	19,94	1478	14,7	1,14	8,21	5,85	0,72	6,24	8,13	3,69	3,66	+0,82
К-744Р4+ БДМ-8х4	19,87	1491	14,3	1,56	9,11	5,32	0,64	8,10	8,31	4,85	4,96	-2,22
	19,65	1511	14,9	1,52	9,42	5,60	0,68	8,21	8,24	5,28	5,02	+5,18
	20,12	1532	14,6	1,59	9,32	5,34	0,65	8,15	8,22	4,94	5,01	-1,40
Нью Холланд 8040+ ГД 5.4	21,56	1530	0,294	0,68	8,46	5,68	0,696	5,21	8,16	3,07	3,001	-2,24
	22,11	1680	0,291	0,62	8,94	5,71	0,694	5,32	8,23	3,30	3,456	+4,51
	21,78	1590	0,299	0,63	8,89	5,68	0,675	5,11	8,42	3,07	3,158	+2,78
К-744Р4 + ГР-6,3 ШК	22,64	1556	0,302	0,91	10,45	5,13	0,623	6,11	8,24	3,98	4,012	+0,79
	21,95	1598	0,299	0,96	10,36	5,23	0,625	6,23	8,37	4,03	4,125	+2,30
	20,89	1632	0,292	0,93	10,28	5,44	0,656	6,18	8,29	4,17	4,253	+1,95

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ДИСКОВАНИИ ПОЧВЫ И ГЛУБОКОМ РЫХЛЕНИИ

5.1 Дисковый почвообрабатывающий агрегат

Дисковые почвообрабатывающие агрегаты предназначены для мелкой основной обработки, послеуборочного рыхления почвы, уничтожения сорняков, измельчения пожнивных остатков крупностебельных культур на почвах, не засорённых камнями, плитняком и другими препятствиями.

5.1.1 Исследование влияния массы трактора и мощности его двигателя на выброс CO_2

Проведем вычислительные эксперименты, с использованием уточненной математической модели машинно-тракторного агрегата на дисковании почвы, с целью выявления влияния массы трактора и мощности его двигателя на выброс CO_2 в атмосферу.

The screenshot shows the 'Form20' application window. The top menu bar includes: Глубокое рыхление почвы | Вспашка | Культивация | Дискование | Прямой посев | Посев по обработке | Боронование, прикатывание. The active tab is 'Глубокое рыхление почвы_ввести исходные данные'. Below the tab are three input sections: 'Исходные данные 1', 'Исходные данные 2', and 'Исходные данные 3'. Each section contains a list of input fields with corresponding values: 'Введите площадь поля, га' (120), 'Введите длину гона, км' (1), 'Введите расстояние переезда, км' (3), 'Введите плотность семян, кг/м³' (800), 'Введите коэффициент прочности несущей поверхности' (0,9), 'Введите объем работы, га' (500), 'Введите количество тракторов выполняющих операцию' (1), 'Введите число часов работы в сутки' (16), and 'Введите планируемую урожайность продукции, ц/га' (40). Below these is a dropdown menu 'Выберите трактор и СХМ' with 'К-500' and 'Опытный СХМ' selected. The main area contains three empty graphs: 'Зависимость выброса CO2 от массы трактора' (green background), 'Зависимость выброса CO2 от ширины захвата и скорости агрегата' (yellow background), and 'Зависимость выброса CO2 от мощности двигателя' (cyan background). The bottom of the window has a status bar with 'Ввести ФИО_№ группы и нажать' (Иванов_Б291-01), 'Retry', 'Save', and a row of buttons: 'БД', 'Выбрать принтер', 'Настройка принтера', 'Рассчитать и сохранить', 'Отправить отчет', 'Вывести отчет', and 'Очистить отчет'.

Рисунок 5.1 – Вид окна формы программы расчета выброса CO_2 на разных технологических операциях

Исходные данные для расчетов:

Площадь поля = 100 га
Длина гона = 1 км
Расстояние переезда с поля на поле = 3 км
Плотность семян = 800 т/куб.м
Коэффициент прочности несущей поверхности = 0,9
Объем работы = 500 га
Количество тракторов на поле = 1 шт
Время работы за сутки = 16 ч
Суммарная урожайность культуры = 40 ц/га
Давление в шинах колес трактора = 0,16 МПа
Число колес на одном борту трактора = 1 шт
Коэффициент сцепления колес трактора с почвой = 0,6
Коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора = 0,12
Коэффициент распределения нагрузки по осям трактора = 0,98
Плотность почвы = 1300 кг/м³
Твердость почвы = 1500000 Па
Удельное сопротивление сельхозмашины = 6,3 кН/м

ОТЧЕТ:

Наименьший выброс CO₂ на дисковании почвы у агрегата К-500+Проектируемый дискатор которая составит = 125,961 кг/га

Оптимальный вес проектируемого трактора (Mt) для К-500+Проектируемый составит = 122,857 кН

Потребная мощность проектируемого трактора (N) для К-500+Проектируемый составит = 537,026 л.с.

Оптимизированная скорость (V) для К-500+Проектируемый составит = 12 км/ч

Оптимизированная ширина захвата (B) для К-500+Проектируемый составит = 10,4286 м

Оптимизированный тяговый КПД (КПД_ТЯГ) для К-500+Проектируемый составит = 0,642443

Буксование трактора (Sigma) для К-500+Проектируемый составит = 13,5172 %

Оптимизированная производительность (W) для К-500+Проектируемый составит = 7,58666 га/ч

Оптимизированный удельный расход топлива (Gh) для К-500+Проектируемый составит = 8,13998 кг/га

Коэффициент использования времени смены (tau_sm) для К-500+Проектируемый составит = 0,60624

Удельное сопротивление почвы (K) для К-500+Проектируемый составит = 6,6829 кН/м

Энергия, затраченная через амортизацию, КР,ТР и ТО МТА (E) для К-500+Проектируемый составит = 79,8258 МДж/га

Энергия, затраченная на перестроение МТА (E_{per}) для К-500+Проектируемый составит = 0,0347619 МДж/га

Энергия живого труда на управление МТА (E_{upr}) для К-500+Проектируемый составит = 15,1733 МДж/га

Энергия затраченная через ТСМ (E_{tsm}) для К-500+Проектируемый составит = 406,999 МДж/га

Энергия, потерянная с урожаем из-за уплотнения почвы (E_{up}) для К-500+Проектируемый составит = 672,333 МДж/га

Энергия, потерянная с урожаем из-за нарушения агросроков (E_{ua}) для К-500+Проектируемый составит = 575,086 МДж/га

Выброс диоксида углерода (CO₂) для К-500+Проектируемый составит = 125,961 кг/га

Рассмотрим влияние массы трактора на выброс диоксида углерода, рис.5.2.

Как видно из рисунка, прослеживается четкое влияние массы трактора на выброс диоксида углерода в атмосферу. Более того, имеется ясно выраженный экстремум – минимальное значение выброса CO₂ приходится на массу трактора равного 12285,7 кг, что соответствует массе трактора 5-го тягового класса. Увеличение или уменьшение массы трактора ведет к росту выброса CO₂, допустим при массе 25500 кг рост выброса CO₂ равен 50

кг/га

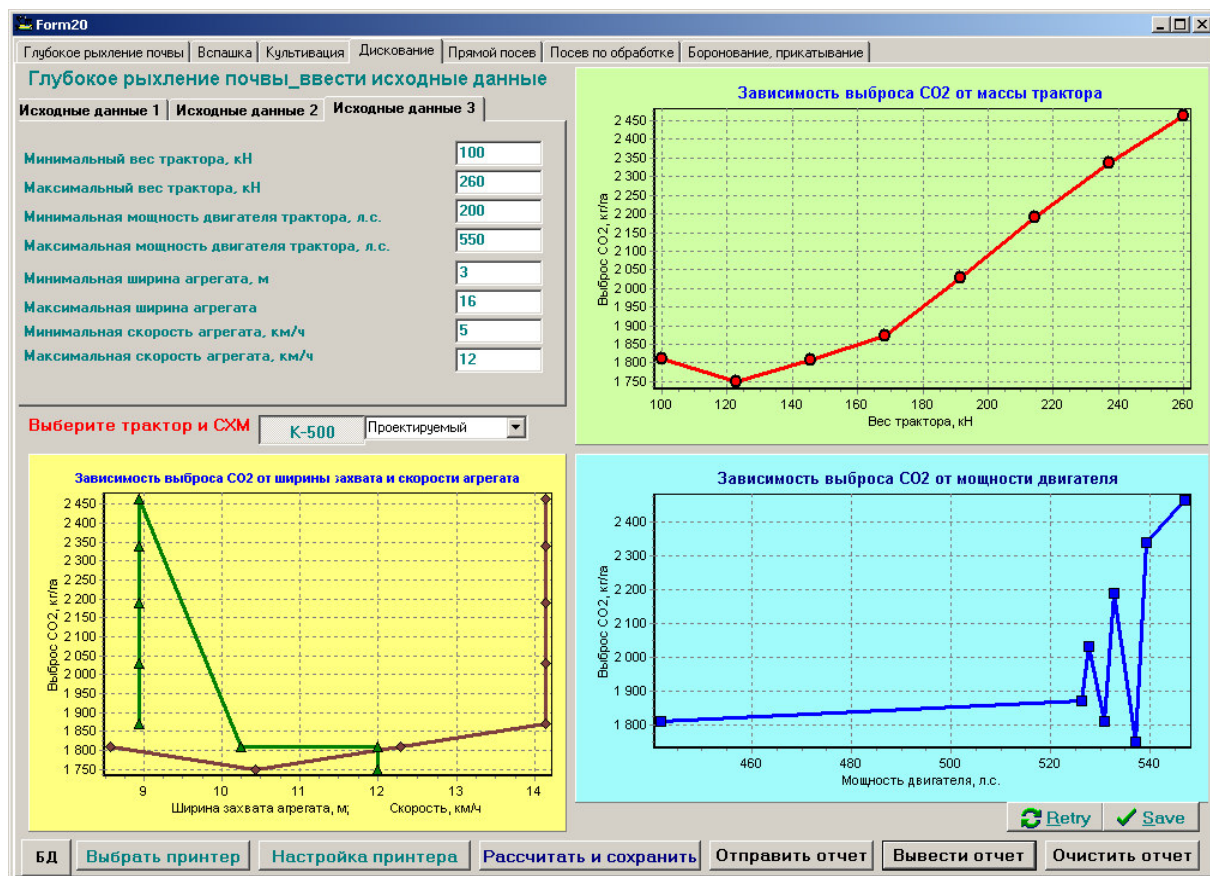


Рисунок 5.1 – Вид окна формы программы расчета выброса CO₂ на дисковании почвы

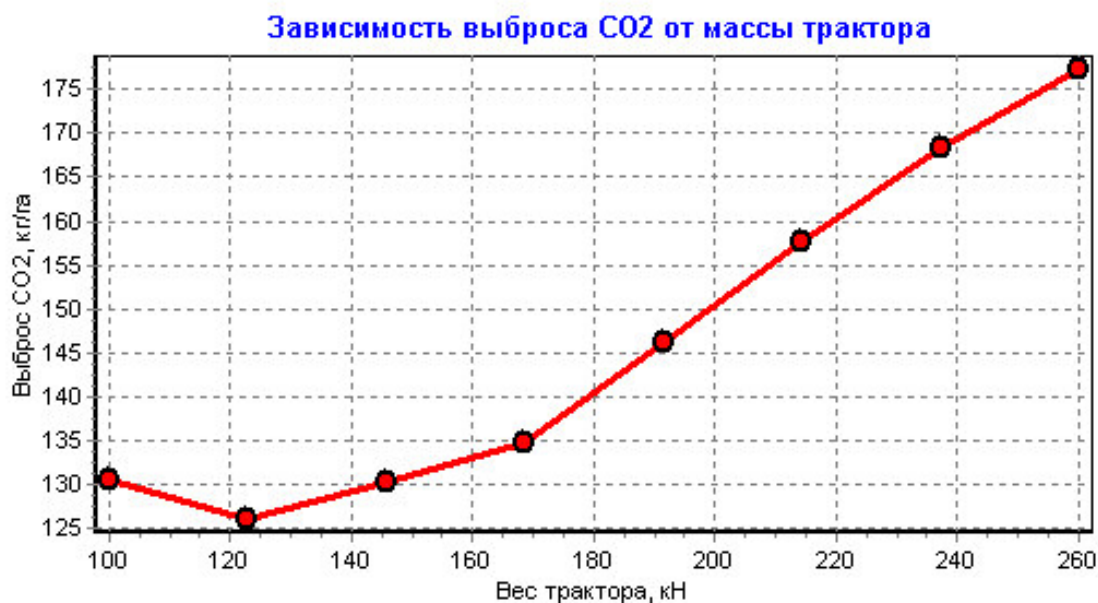


Рисунок 5.2 – Влияние массы трактора на выброс диоксида углерода при проведении дискования почвы

Из графика исходит, что для дискования почвы подходят тракторы с массой от 10 до 15 т, при этом выброс CO_2 колеблется в незначительных пределах от 126 до 131 кг/га.

Рассмотрим влияние на выброс диоксида углерода мощности двигателя трактора приведенного на рисунке 5.3.

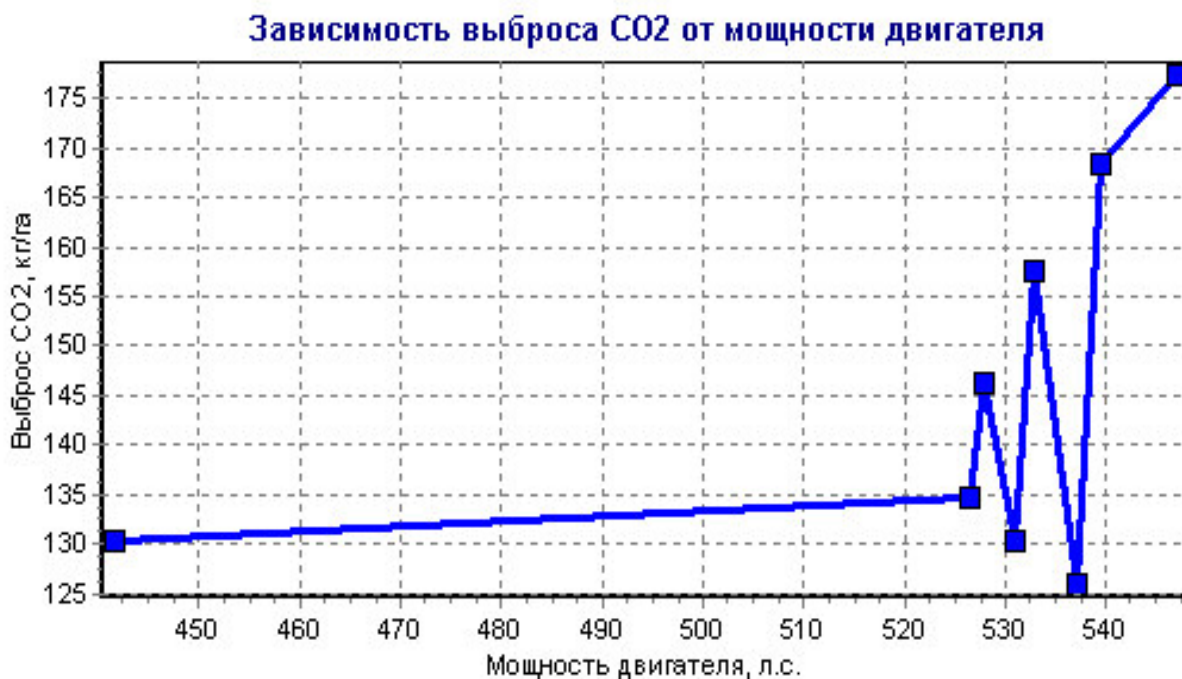


Рисунок 5.3 – Зависимость выброса диоксида углерода от мощности двигателя трактора при проведении дискования почвы

Как видно из рисунка выброс Диоксида углерода зависит от мощности двигателя трактора. Изменение происходит скачкообразно, т.к. скачкообразно меняется ширина захвата агрегата – в наших расчетах с шагом один метр. Оптимальное значение мощности 537 л.с.

5.1.2 Исследование влияния на выброс CO_2 ширины захвата и скорости агрегата

Оптимальные ширина захвата агрегата и скорость его перемещения приведены на рисунке 5.4.

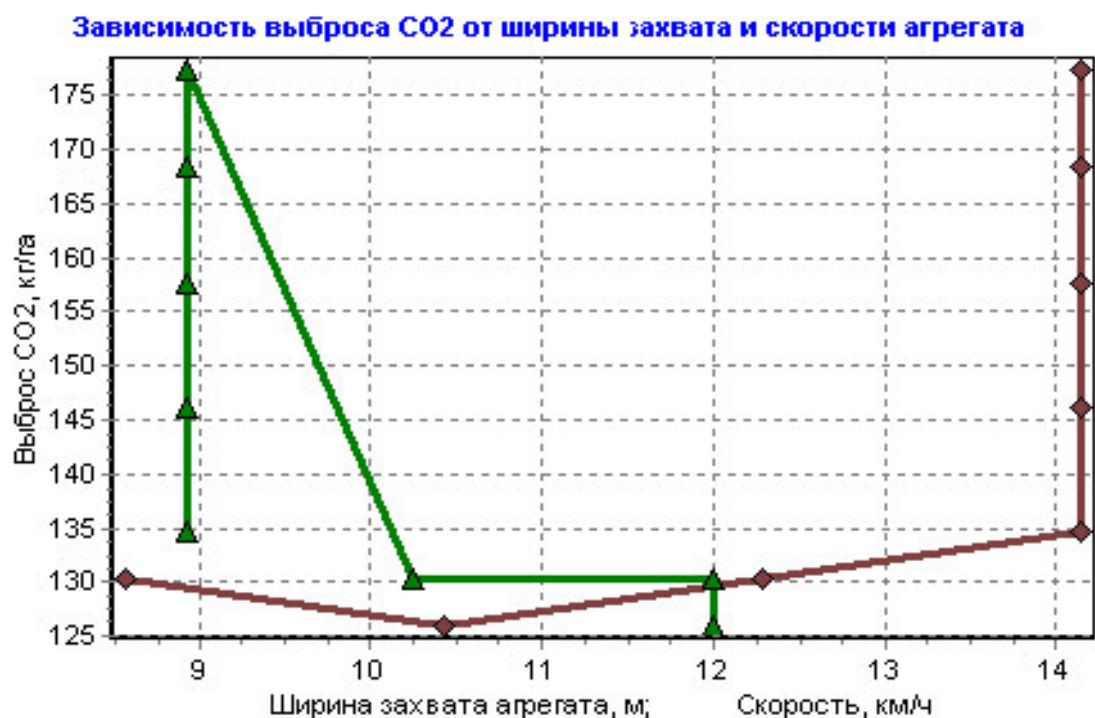


Рисунок 5.4 – Зависимость выброса диоксида углерода от ширины захвата и скорости агрегата при проведении дискования почвы

Оптимальная ширина дисковального агрегата равна 10,4 м (коричневая линия). Увеличение или снижение ширины захвата приводит к росту выброса диоксида углерода в атмосферу от 5 до 50 кг/га.

Скорость соответствующая оптимальным значениям массы трактора, мощности его двигателя и оптимальной ширине захвата агрегата равна 12 км/ч, что является оптимальной скоростью.

Расчетные таблицы частично приведены в приложении В.

5.1.3 Исследование влияния на выброс CO₂ в атмосферу факторов системы трактор-оператор-орудие-поле-почва-урожай

Рассмотрим влияние на выброс CO₂ такого фактора как удельное сопротивление почвы.

Результаты расчетов приведены на рис. 5.5.

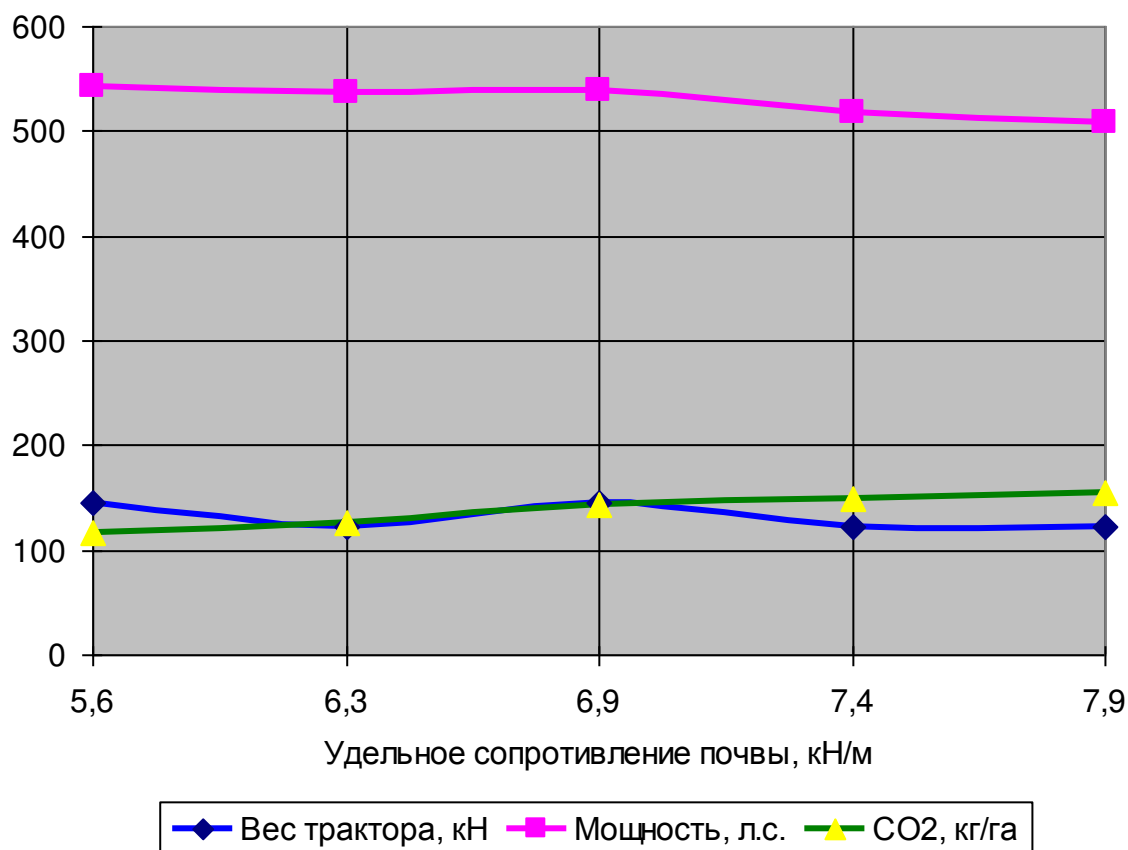


Рисунок 5.5 – Влияние удельного сопротивления почвы на вес трактора, мощность его двигателя и выброс CO₂ в атмосферу

Как видно из рисунка при увеличении удельного сопротивления почвы с 5,6 кН/м до 7,9 кН/м мощность двигателя сохраняется в районе 510-543 л.с., при этом вес трактора колеблется в пределах от 122 до 145 кН, а выброс CO₂ в атмосферу стабильно возрастает от 115 до 155 кг/га.

Рассмотрим влияние на выброс CO₂ площади поля – рисунок 5.6.

Как видно из рисунка на маленьких по размеру полях, до 15 га, вес трактора находится в пределах 70 кН, а мощность двигателя не превышает 300 л.с. На полях размером больше 20 га потребные вес трактора и мощность его двигателя возрастают и стабилизируются в районе 165 кН и 540 л.с. При увеличении площади поля с 1 га до 140 га выброс CO₂ стабильно уменьшается от 351 до 131 кг/га. Значит размеры полей должны быть больше 15 га, с целью снижения выброса CO₂ в атмосферу тракторными агрегатами.

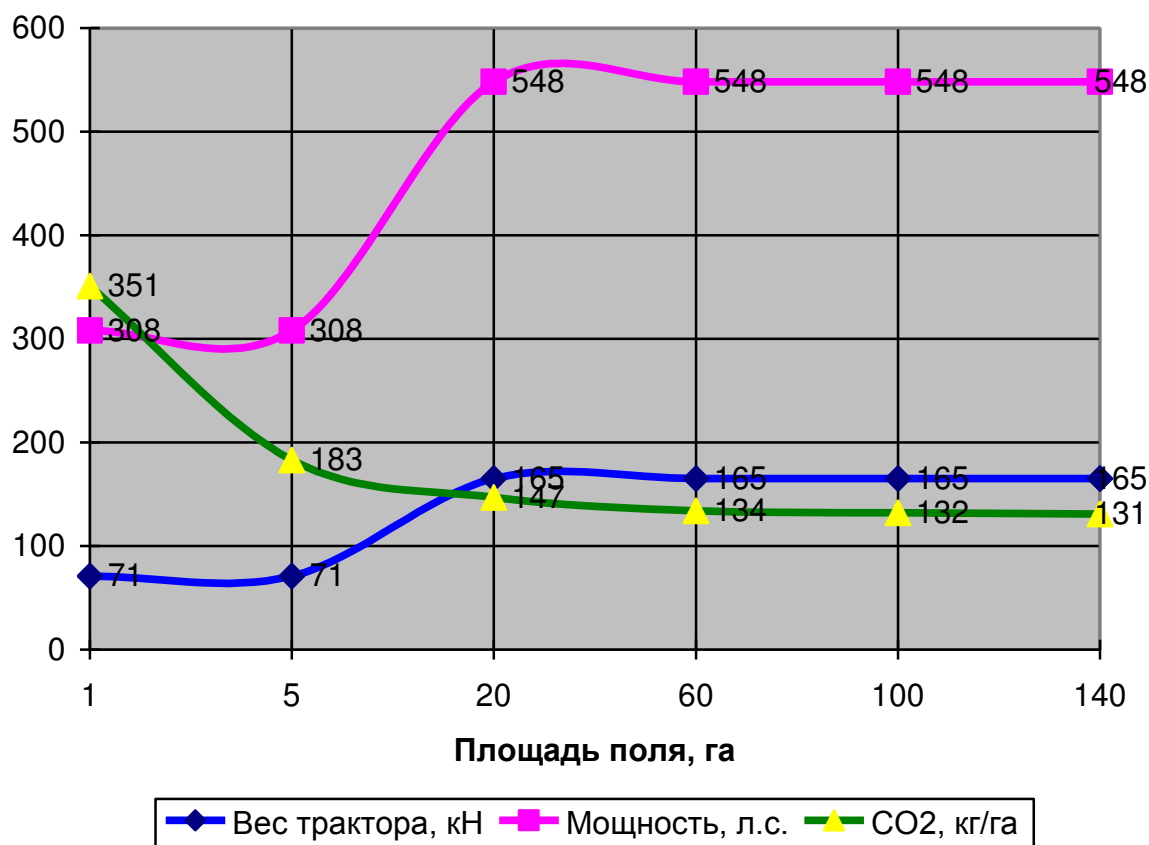


Рисунок 5.6 – Влияние площади поля на вес трактора, мощность его двигателя и выброс CO₂ в атмосферу

5.2 Агрегат для глубокого рыхления почвы

5.2.1 Исследование влияния массы трактора и мощности его двигателя на выброс CO₂ при глубоком рыхлении почвы

Проведем расчеты по выявлению выброса CO₂ в атмосферу при глубоком рыхлении почвы для наиболее типичных условий.

Исходные данные для расчетов:

=====

Площадь поля = 100 га
 Длина гона = 1 км
 Расстояние переезда с поля на поле = 3 км
 Плотность семян = 800 т/куб.м
 Коэффициент прочности несущей поверхности = 0,9
 Объем работы = 500 га
 Количество тракторов на поле = 1 шт
 Время работы за сутки = 16 ч

Суммарная урожайность культуры = 40 ц/га
 Давление в шинах колес трактора = 0,16 МПа
 Число колес на одном борту трактора = 1 шт
 Коэффициент сцепления колес трактора с почвой = 0,6
 Коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора = 0,12
 Коэффициент распределения нагрузки по осям трактора = 0,98
 Плотность почвы = 1300 кг/м³
 Твердость почвы = 1500000 Па
 Удельное сопротивление сельхозмашины = 14 кН/м

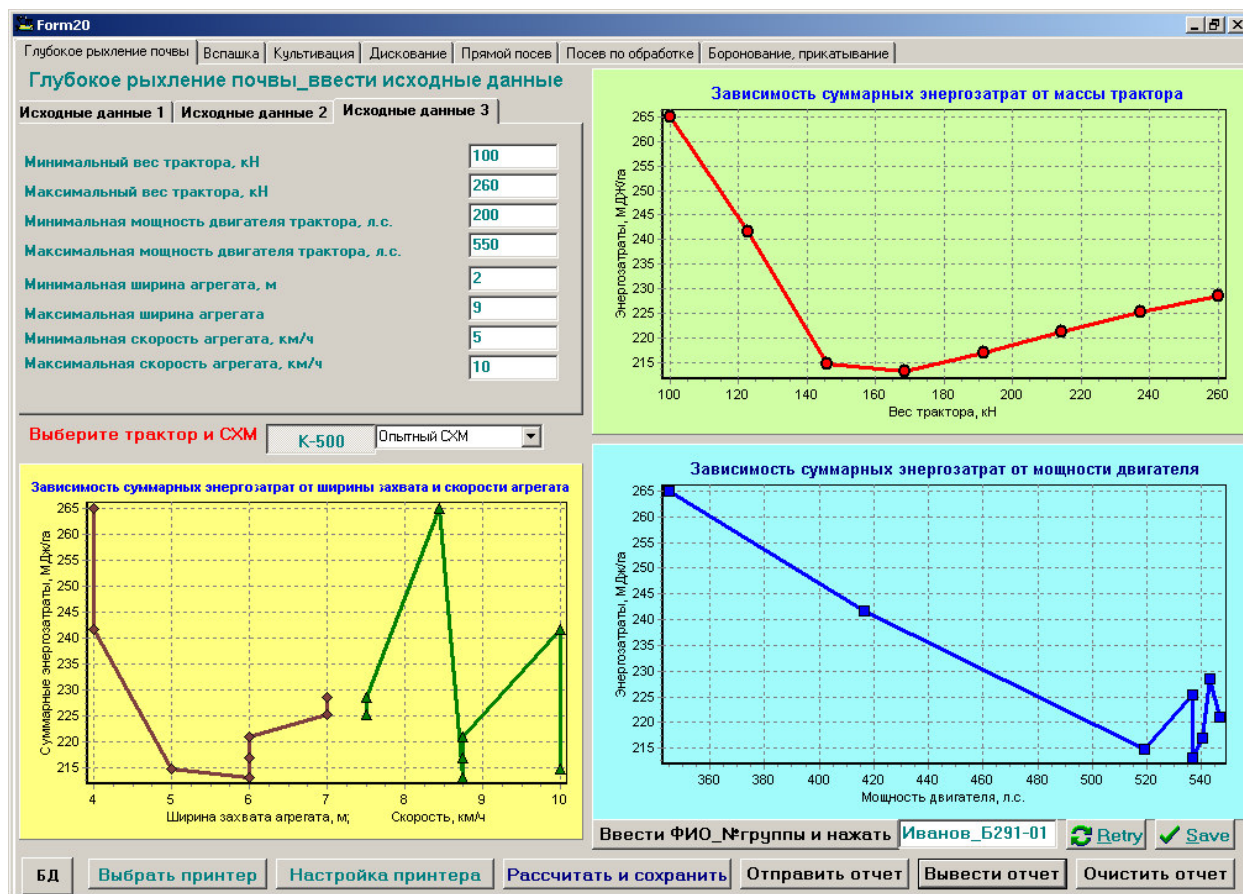


Рисунок 5.7 – Вид окна формы программы расчета выброса CO₂ на глубоком рыхлении почвы

Результаты расчетов приведены на рисунках 5.7, 5.8, 5.9, 5.10.

Отчет по проведенным расчетам приведен ниже и в приложении Г.

Как видно из отчета и графиков на рисунках при проведении технологической операции глубокое рыхление почвы выброс диоксида углерода в атмосферу гораздо больше, чем при обработке почвы дисковыми орудиями и составляет 213 кг/га вместо 126 кг/га на предыдущей операции. Объясняется такое явление тем, что сильно возрастает удельное

сопротивление почвы и соответственно снижением производительности агрегата более чем в 2 раза и повышением расхода топлива на единицу выполненной работы с 8,1 кг/га на дисковании, до 19,5 кг/га на глубоком рыхлении почвы. Увеличение расхода топлива напрямую ведет к росту выброса диоксида углерода двигателем трактора.

ОТЧЕТ:

Наименьший оптимизированный удельный выброс CO₂ на глубоком рыхлении у К-500+Опытный СХМ которая составит = 213,115 кг/га

Наименьшая оптимизированная удельная расчетная суммарная энергия на глубоком рыхлении у К-500+Опытный СХМ которая составит = 2959,93 МДж/га

Оптимальный вес проектируемого трактора (Mt) для К-500+Опытный СХМ составит = 168,571 кН

Потребная мощность проектируемого трактора (N) для К-500+Опытный СХМ составит = 536,771 л.с.

Оптимизированная скорость (V) для К-500+Опытный СХМ составит = 8,75 км/ч

Оптимизированная ширина захвата (B) для К-500+Опытный СХМ составит = 6 м

Оптимизированный тяговый КПД (КПД_ТЯГ) для К-500+Опытный СХМ составит = 0,643576

Буксование трактора (Sigma) для К-500+Опытный СХМ составит = 11,9023 %

Оптимизированная производительность(W) для К-500+Опытный СХМ составит = 3,13633 га/ч

Оптимизированный удельный расход топлива (Gh) для К-500+Опытный СХМ составит = 19,4514 кг/га

Коэффициент использования времени смены (tau_sm) для К-500+Опытный СХМ составит = 0,597397

Удельное сопротивление почвы (K) для К-500+Опытный СХМ составит = 14,5326 кН/м

Энергия, затраченная через амортизацию, КР, ТР и ТО МТА (Е) для К-500+Опытный СХМ составит = 120,676 МДж/га

Энергия, затраченная на перестроение МТА (E_{per}) для К-500+Опытный СХМ составит = 0,02 МДж/га

Энергия живого труда на управление МТА (E_{upr}) для К-500+Опытный СХМ составит = 6,27267 МДж/га

Энергия затраченная через ТСМ (E_{tsm}) для К-500+Опытный СХМ составит = 972,571 МДж/га

Энергия, потерянная с урожаем из-за уплотнения почвы (E_{up}) для К-500+Опытный СХМ составит = 181,887 МДж/га

Энергия, потерянная с урожаем из-за нарушения агросроков (E_{ua}) для К-500+Опытный СХМ составит = 1678,5 МДж/га

Выброс диоксида углерода (CO_2) для К-500+Опытный СХМ составит = 213,115 кг/га

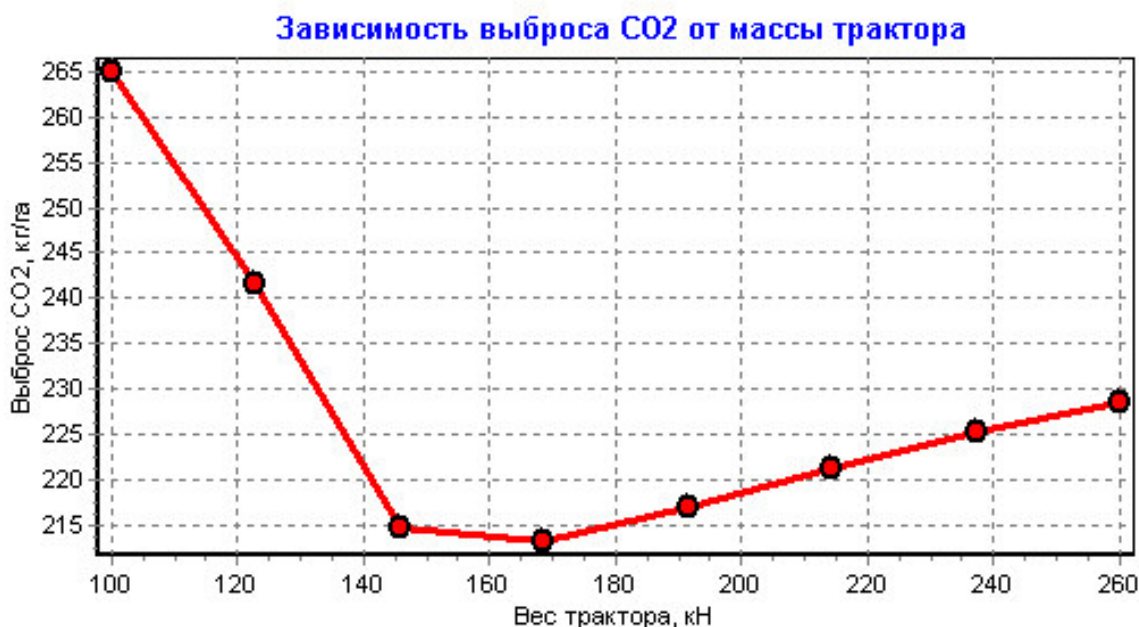


Рисунок 5.8 – Влияние массы трактора на выброс диоксида углерода при проведении глубокого рыхления почвы

Из рисунка 5.8 можно убедиться, что для принятых условий работы агрегата имеется оптимальное значение массы трактора равное 16857,1 кг,

что соответствует массе тракторов 5-8 классов. Из рисунка также видно, что выбор трактора более малого класса по тяговому усилию ведет к более интенсивному росту выброса CO₂ в атмосферу, чем при использовании тракторов более высокого тягового класса, а значит с большей массой чем оптимальная.

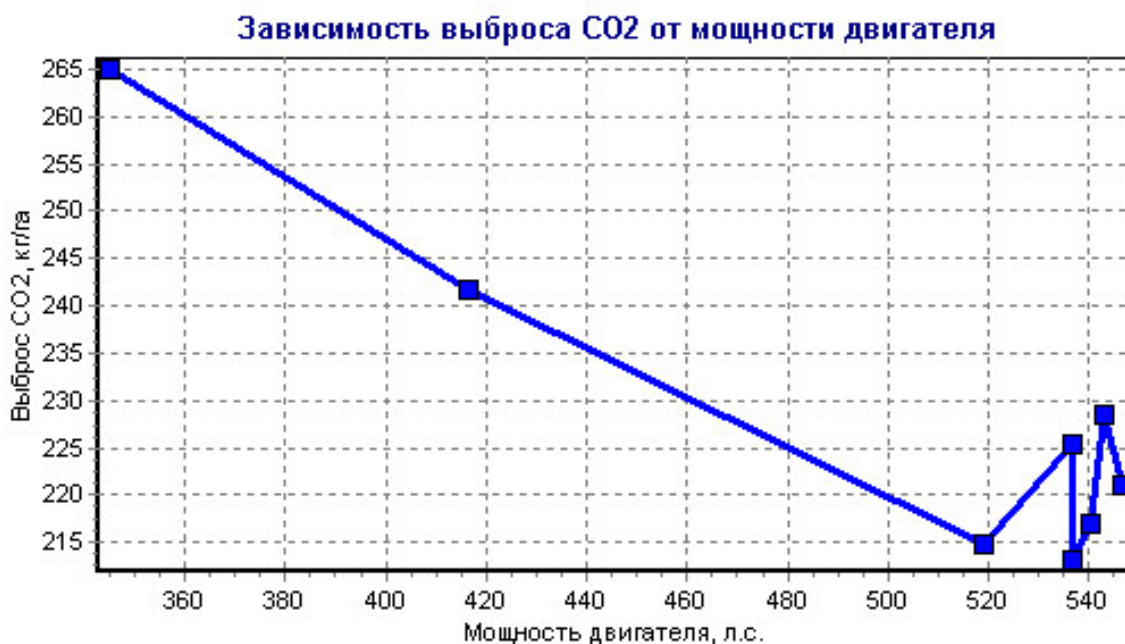


Рисунок 5.9 – Зависимость выброса диоксида углерода от мощности двигателя трактора при проведении глубоком рыхлении почвы

Оптимальная масса трактора, при котором выброс CO₂ в атмосферу достигает минимума находится в пределах 520-540 л.с. Выбор трактора с оптимальной массой, но с мощностью двигателя равной 340 л.с. ведет к возрастанию выброса CO₂ на 50 кг/га.

5.2.2 Исследование влияния на выброс CO₂ ширины захвата и скорости рыхлительного агрегата

Оптимальные значения ширины захвата и скорости рыхлительного агрегата приведены на рисунке 5.10. Как видно из рисунка для трактора с оптимальными основными параметрами оптимальная ширина захвата равна 6

м, а скорость 8,75 км/ч. Любое изменение этих параметров ведет к росту выброса CO₂.

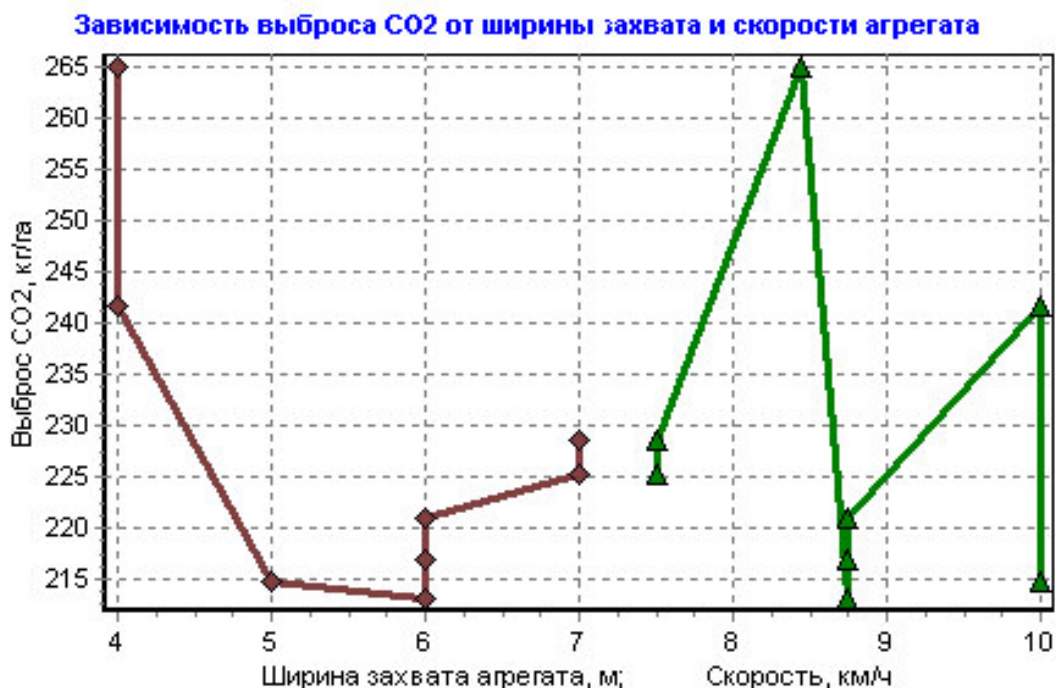


Рисунок 5.10 – Зависимость выброса диоксида углерода от ширины захвата и скорости агрегата при глубоком рыхлении почвы

5.2.3 Исследование влияния на выброс CO₂ в атмосферу факторов системы трактор-оператор-орудие-поле-почва-урожай

Проведем исследование влияния удельного сопротивления почвы рабочим органам глубокорыхлителя основные параметры трактора и выброс CO₂ в атмосферу.

Как видно из рисунка 5.11 изменение удельного сопротивления почвы глубокорыхлителя от 12 до 17 кН/м не ведет к значительному изменению основных параметров трактора (как массы трактора, так и мощности его двигателя). Изменение массы трактора не превышает 200 кг, мощности двигателя 10 л.с., поэтому можно сказать, что оптимальные параметры трактора стабильны при значительном изменении удельного сопротивления почвы. Изменение выброса CO₂ на выбранном для исследования диапазоне

удельного сопротивления почвы стабильно и возрастает от 188 до 247 кг/га, т.е. на 60 кг/га.

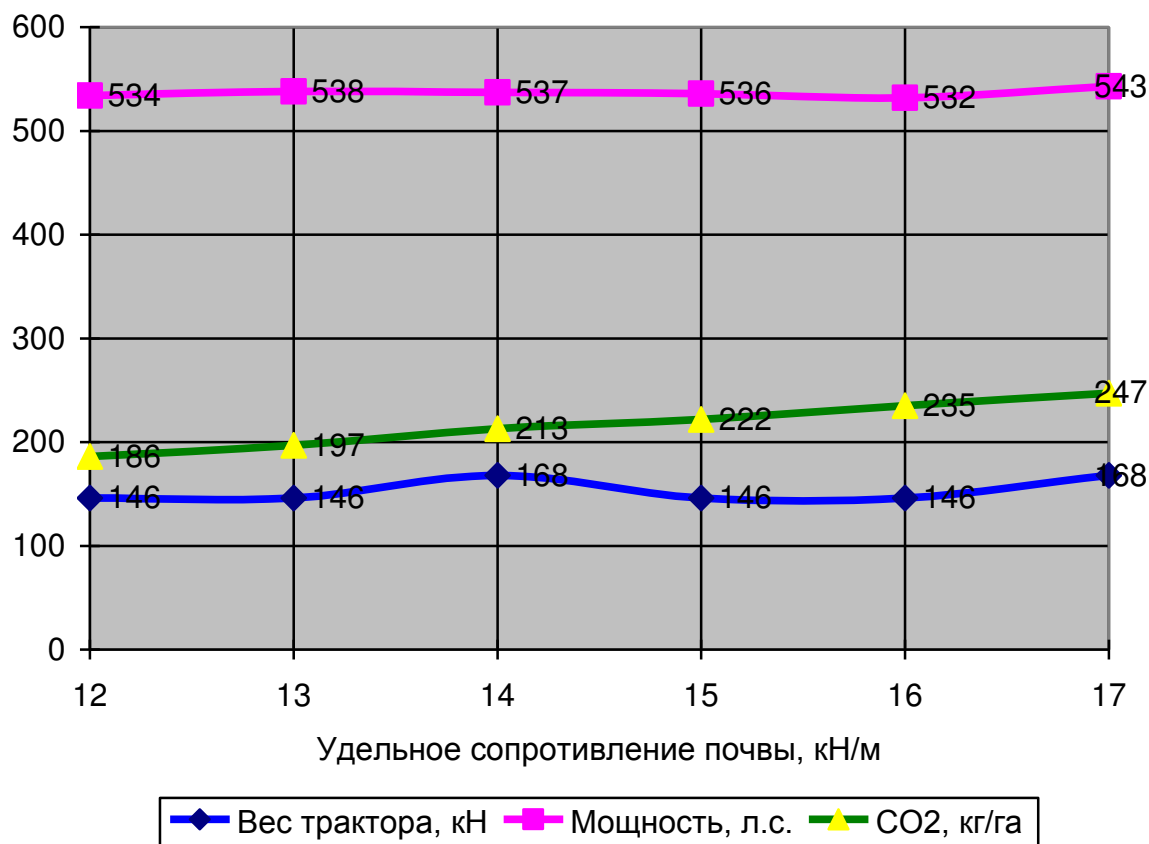


Рисунок 5.11 – Влияние удельного сопротивления почвы на вес трактора, мощность его двигателя и выброс CO₂ в атмосферу

Влияние размера обрабатываемого поля на основные параметры трактора, как видно из рисунка 5.12, проявляется на полях размером меньше 10 га, а затем стабилизируются. Потребная оптимальная мощность при переходе с поля размером в 1 га на поле размером 10 га изменяется в пределах 100 л.с., масса возрастает на 2200 кг, что составляет значительную величину. При этом выброс CO₂ снижается на 229 кг/га. Пренебрегать таким возрастанием выброса CO₂ не рекомендуется, поэтому на полях меньше 10 га необходимо использовать тракторы меньших тяговых классов (4 или 5 класса), или провести в хозяйстве мероприятия по укрупнению площади полей.

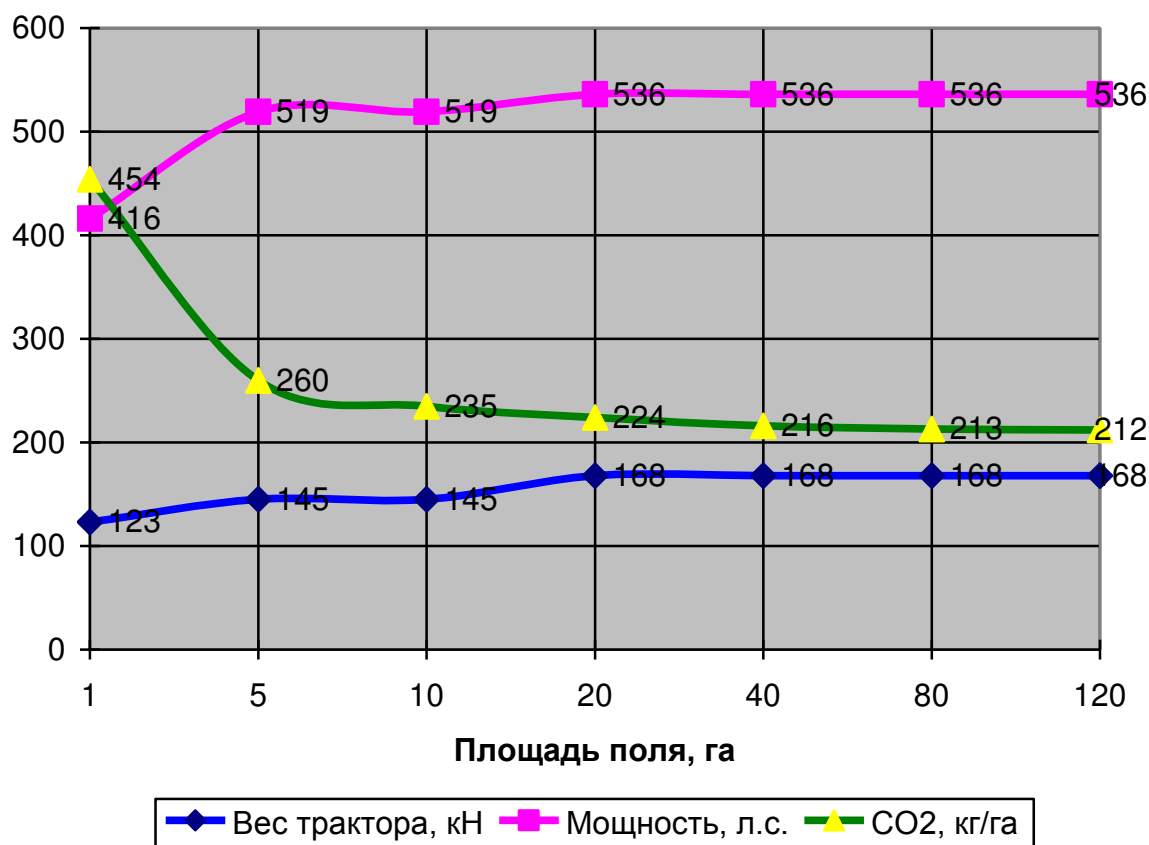


Рисунок 5.12 – Влияние площади поля на вес трактора, мощность его двигателя и выброс CO₂ в атмосферу

5.3 Обобщенные рекомендации производству

Исходя из проведенных исследований, можно заключить, что для конкретных условий работы агрегатов для основной обработки почвы имеются тракторы с оптимальными параметрами.

Для не глубокой обработки почвы тяжелыми дисковыми боронами (до 15 см) оптимальные основные параметры трактора находятся в следующих пределах: масса – 12200-16500 кг, мощность двигателя в районе 540 л.с.

Для глубокой обработки почвы глубокорыхлителями (до 35 см) требуются тракторы с массой от 14500 до 16800 кг. Мощность двигателя находится в районе 536 – 540 л.с.

Как видим, основные параметры трактора на обеих операциях перекрываются, поэтому для их выполнения можно использовать один и тот же трактор с массой 16500 кг и мощностью двигателя 540 л.с.

5.4 Энергетическая и экономическая эффективность реализации результатов исследования

Снижение выброса CO₂ за счет оптимизации параметров трактора и агрегата в целом, закономерно ведет к снижению энергетических затрат, более того снижение выброса CO₂ происходит, в основном за счет снижения энергетических затрат на всех стадиях жизненного цикла тракторов и сельскохозяйственных машин включая их производство, техническое обслуживание и производственную эксплуатацию. Снижение энергетических затрат на данных технологических операциях, как видно из отчетов и приложений В и Г составляет величину от 830 до 3000 МДж/га при снижении выброса CO₂ от 60 до 220 кг/га.

Выводы

1. Основные параметры трактора и агрегатов для основной поверхностной и глубокой обработки почвы влияют на выброс диоксида углерода в атмосферу.

2. Оптимальной массой трактора на поверхностной обработке почвы тяжелыми дисковыми боронами является масса трактора 12200-16500 кг, мощность двигателя должна быть в районе 540 л.с. Ширина захвата агрегата должна быть 10,4 м, а скорость 12 км/ч.

3. Оптимальной массой трактора на глубоком рыхлении почвы глубокорыхлителями является масса трактора 14500 до 16800 кг, мощность двигателя должна находиться в районе 536 – 540 л.с. Ширина захвата агрегата должна быть 6 м, а скорость 8,75 км/ч.

4. При оптимальных значениях параметров трактора и агрегата в целом наблюдается снижение выброса CO₂ в атмосферу в пределах от 60 до 220 кг/га, в зависимости от сравниваемого трактора, и факторов внешней среды (удельного сопротивления почвы и площади поля).

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В Республике Татарстан принята технология разноглубинной основной обработки, с чередованием глубины обработки по годам и севооборотам.
2. Для поиска путей снижения выброса CO_2 на технологических операциях основной обработки почвы предложен критерий оптимизации параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов – минимальный выброс CO_2 .
3. Расчетным методом выявлено, что масса CO_2 для формирования 1 кг зерна с учетом массы соломы, находится в пределах 1,9-2,6 кг в зависимости от культуры.
4. Максимальное количество CO_2 из атмосферы поглощает озимая рожь – 2,9 кг на 1 кг зерна с учетом соломы и кукуруза на силос – 2,8 кг/кг.
5. Выявлены математические модели для расчета количества CO_2 не поглощенного из атмосферы культурой из-за потери урожая от нарушения агротехнических сроков выполнения технологических операций и уплотнения почвы движителями трактора.
6. Агротехнически допустимые пределы рабочей скорости различных агрегатов глубокихлителей и дискаторов по результатам экспериментальных исследований колеблются от 5 до 14 км/ч.
7. Увеличение скорости агрегатов глубокихлителей и дискаторов закономерно ведут к росту удельного сопротивления почвы рабочим органам агрегатов на всех вариантах опытов.
8. По результатам экспериментов путем корреляционно-регрессионного анализа получены уравнения регрессии радиуса поворота R_n , ширины поворотной полосы C_n , длина поворотной полосы L_n , от параметров агрегата (ширины захвата B_p , скорости поворота V_n) по агрегатам глубокихлителям и дискаторам с различными тракторами. Выявлена фактическая производительность агрегатов. Расхождение расчетной и экспериментально определенной производительности машинно-

тракторных агрегатов находится в пределах 2-7 %, что допускается при нормировании производительности агрегатов.

9. Основные параметры трактора и агрегатов для основной поверхностной и глубокой обработки почвы влияют на выброс диоксида углерода в атмосферу.
10. Оптимальной массой трактора на поверхностной обработке почвы тяжелыми дисковыми боронами является масса трактора 12200-16500 кг, а мощность двигателя должна быть в районе 540 л.с. Ширина захвата агрегата должна быть 10,4 м, а скорость 12 км/ч.
11. Оптимальной массой трактора на глубоком рыхлении почвы глубокорыхлителями является масса трактора 14500 до 16800 кг, мощность двигателя должна находиться в районе 536 – 540 л.с. Ширина захвата агрегата должна быть 6 м, а скорость 8,75 км/ч.
12. При оптимальных значениях параметров трактора и агрегата в целом наблюдается снижение выброса CO₂ в атмосферу в пределах от 60 до 220 кг/га, в зависимости от сравниваемого трактора, и факторов внешней среды (удельного сопротивления почвы и площади поля).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global Warming 101. <https://www.nrdc.org/stories/global-warming-101#warming> / Дата обращения 18 января 2022 г.
2. Источник: Quéré, C. и al. (2013). The global carbon budget 1959–2011. <https://whatsyourimpact.org/greenhouse-gases/carbon-dioxide-emissions> / Дата обращения 18 января 2022 г.
3. . "Electricity Generation Year: 2011." U.S. Energy Information Administration: International Energy Statistics Database. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=2&pid=alltypes&aid=12&cid=regions&syid=2008&eyid=2011&unit=BKWH> (accessed August 6, 2014).
4. [a.](#) [b.](#) [c.](#) [d.](#) [e.](#) Le Quéré, C., A. K. Jain, M. R. Raupach, J. Schwinger, S. Sitch, B. D. Stocker, N. Viovy, S. Zaehle, C. Huntingford, P. Friedlingstein, R. J. Andres, T. Boden, C. Jourdain, T. Conway, R. A. Houghton, J. I. House, G. Marland, G. P. Peters, G. Van Der Werf, A. Ahlström, R. M. Andrew, L. Bopp, J. G. Canadell, E. Kato, P. Ciais, S. C. Doney, C. Enright, N. Zeng, R. F. Keeling, K. Klein Goldewijk, S. Levis, P. Levy, M. Lomas, and B. Poulter. "The global carbon budget 1959–2011." *Earth System Science Data Discussions* 5, no. 2 (2012): 1107-1157.
5. "What Does 400 ppm Look Like?" Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego. <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2013/12/03/what-does-400-ppm-look-like> (accessed August 5, 2014).
6. R. S. W. Van De Wal, B. De Boer, L. J. Lourens, P. Köhler, and R. Bintanja. "Reconstruction of a continuous high-resolution CO₂ record over the past 20 million years." *Climate of the Past* 7, no. 4 (2011): 1459-1469.
7. [a.](#) [b.](#) [c.](#) [d.](#) [e.](#) [f.](#) Denman, K.L., G. Brasseur, A. Chidthaisong, P. Ciais, P.M. Cox, R.E. Dickinson, D. Hauglustaine, C. Heinze, E. Holland, D. Jacob, U. Lohmann, S Ramachandran, P.L. da Silva Dias, S.C. Wofsy and X. Zhang. Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In:

- Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
8. [a.](#) [b.](#) [c.](#) [d.](#) [e.](#) [f.](#) International Energy Agency. *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2012.* Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, 2012.
 9. U.K. Defra. *The 2014 Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting.* London: U.K. Department for Environment, Food & Rural Affairs, 2014.
 10. International Transport Forum. *Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions: Trends & Data.* Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, 2010.
 11. Harrould-Kolieb, Ellycia. *Shipping Impacts On Climate: A Source With Solutions.* Washington, D.C.: Oceana, 2008.
 12. Harrould-Kolieb, Ellycia and Jacqueline Savitz. *Shipping Solutions: Technological And Operational Methods Available To Reduce CO2.* Washington, D.C.: Oceana, 2010.
 13. ICAO. *ICAO Environment Report 2010: Aviation and Climate Chnage.* Montréal: International Civil Aviation Organization, 2010.
 14. Smale, Robin, Max Krahe and Tim Johnson. *Aviation report market based mechanisms to curb greenhouse gas emissions from international aviation.* Gland, Switzerland: WWF International, 2012.
 15. Houghton, R. A.. "How well do we know the flux of CO2 from land-use change?." *Tellus B* 62, no. 5 (2010): 337-351.
 16. Ba-Shammak, Mohammed, Hernane Caruso, Ali Elkamel, Eric Croiset, and Peter L. Douglas. "Analysis and Optimization of Carbon Dioxide Emission Mitigation Options in the Cement Industry." *American Journal of Environmental Sciences* 4, no. 5 (2008): 482-490.

17. World Steel Association. *Steel's contribution to a low carbon future: Worldsteel position paper*.. Brussels, Belgium: World Steel Association, 2011.
18. [a.](#) [b.](#) [c.](#) [d.](#) U.S. DOE. *Carbon Cycling and Biosequestration: Integrating Biology and Climate Through Systems Science; Report from the March 2008 Workshop, DOE/SC-108*. U.S. Department of Energy Office of Science, 2008.
19. [a.](#) [b.](#) "Volcanic Gases and Climate Change Overview." U.S. Geological Survey. <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/gas/climate.php> (accessed August 2, 2014).
20. [a.](#) [b.](#) Gerlach, Terry. "Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide." *Eos, Transactions American Geophysical Union* 92, no. 24 (2011): 2019.
21. Л.В. Мисун, И.Н. Мисун, В.М. Грищук **Инженерная экология в АПК** пособие / под ред. проф. Л.В. Мисуна. – Мн.: БГАТУ, 2007. – 302с. / https://ekolog.org/books/12/4_2_3.htm
22. Ануфриев В.П. ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УГЛЕРОДНОЙ ПОЛИТИКИ В РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ. / Зеленая экономика. Зеленая энергетика. Зеленые инвестиции
23. Карбоновое земледелие – новое направление в климатическом противостоянии / https://www.ng.ru/energy/2021-06-07/14_8167_climate.html
24. К. А. Хафизов Пути снижения выброса в атмосферу диоксида углерода на производственных процессах в растениеводстве / Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 38-42. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-38-42.
25. КОНТРОЛЬ ПЕРЕУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ./ Сафин Р.И., Хафизов К.А., Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Миникаев Р.В., Хафизов Р.Н.// Научно-методические рекомендации. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. 48 с.
26. Camill Khafizov. Method of justification for parameters of tractor-implement unit with regards to their impact on crop productivity / Contents of Proceedings of 17th International Scientific Conference Engineering for rural development. ”. Jelgava 2018, с. 161-167/

27. К.А.Хафизов. Снижение суммарных энергетических затрат на технологических операциях в АПК - путь снижения выбросов парниковых газов в атмосферу / Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 3(63). – С. 43-47. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-43-47.
28. Система земледелия Республики Татарстан: ч. 2. Агротехнологии производства продукции растениеводства. – Казань: Центр инновационных технологий, 2014. – 292 с.
29. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур. <http://ppagromarket.com/pro-nas/stati/20->. (Дата обращения 29 ноября 2021 г.).
30. Нулевая технология обработки почвы: что это, плюсы и минусы. <https://plusiminsi.ru/nulevaya-texnologiya-obrabotki-pochvy-hto-eto-plyusy-i-minusy/>. (Дата обращения 29 ноября 2021 г.).
31. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия/Под ред. Б.А. Ягодина. — М.: Колос, 2002. — 584 с.: ил.
32. Stephen P. Long, Elizabeth A. Ainsworth, Andrew D. B. Leakey, Josef Nösberger, Donald R. Ort. [Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations](#) // *Science*. 2006. V. 312. P. 1918–1921.
33. ТОП высокоурожайных сортов сельхозкультур Татарстана. / <https://yandexwebcache.net/glavagronom.ru/news/sostavlen-top-vysokourozhaynyh-sortov-selhozkultur-tatarstana&llon=ru&mime=html&sign=a7cae8ac71de6362132dc27bbc02ebfb&keyno=0&mode=text>
34. HeimatLandwirte informieren über CO2-Bindung / <https://www.topagrar.com/suedplus/news/heimatlandwirte-informieren-ueber-co2-bindung-12090307.html>
35. CO₂ uptake and ecophysiological parameters of the grain crops of midcontinent North America: Estimates from flux tower measurements / https://www.researchgate.net/publication/233884058_CO2_uptake_and_ecophysiological_parameters_of_the_grain_crops_of_midcontinent_North_America_Estimates_from_flux_tower_measurements

36. **Хафизов К.А.** Пути снижения энергетических затрат на производственных процессах в сельском хозяйстве – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. – 272 с.
37. **ГОСТ 28305-89.** Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Правила приемки на испытания. – М: Изд-во стандартов, 1990. – 4 с.
38. **ГОСТ 30745-2001.** Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей. – М: Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
39. **ГОСТ 31345-2007.** Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М: Изд-во стандартов, 2008. – 58 с.
40. **ГОСТ 7057-2001.** Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М: Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
41. **ГОСТ Р 52777-2007.** Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М: Изд-во стандартов, 2008. – 12 с.
42. **ГОСТ Р 52778-2007.** Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М: Изд-во стандартов, 2008. – 24 с.
43. **ГОСТ 20915-2011.** Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М: Изд-во стандартов, 2012. – 24 с.
44. **Львовский Б.Н.** Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа, 1982.–192 с.
45. **Мельников, С.В.** Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
46. **Опрышко В. Н.** Основы теории планирования и анализа методов обработки экспериментальных данных [Текст] : учебник / В. Н. Опрышко, В.В.Степанов, Н. В.Юдаев. - Саратов: Издательский центр «Наука», 2010. – 127 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Расчет оптимальных параметров агрегата на дисковании почв Оптимизация массы трактора, мощности Ширины захвата и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.го	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	200,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	25,933	334,895	0,010	2,188	1296,660	1776,176	3679,259	7089,189	510,422
100,000	200,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	24,213	308,762	0,010	2,374	1210,635	1776,176	3400,414	6698,371	482,283
100,000	200,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	22,751	286,521	0,010	2,558	1137,551	1776,176	3162,765	6365,581	458,322
100,000	200,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	21,494	267,363	0,010	2,741	1074,722	1776,176	2958,517	6079,530	437,726
100,000	200,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	20,403	250,689	0,010	2,923	1020,158	1776,176	2779,822	5829,778	419,744
100,000	200,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	19,447	236,044	0,010	3,105	972,352	1776,176	2623,909	5611,596	404,035
100,000	200,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	18,603	223,080	0,010	3,285	930,144	1776,176	2485,758	5418,453	390,129
100,000	200,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	17,853	211,523	0,010	3,465	892,627	1776,176	2361,937	5245,738	377,693
100,000	200,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	17,182	201,155	0,010	3,643	859,079	1776,176	2250,191	5090,255	366,498
100,000	200,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	16,578	191,803	0,010	3,821	828,921	1776,176	2149,143	4949,874	356,391
100,000	200,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	16,034	183,324	0,010	3,998	801,679	1776,176	2058,089	4823,276	347,276
100,000	200,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	15,539	175,600	0,010	4,174	776,967	1776,176	1976,838	4709,766	339,103
100,000	200,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	15,089	168,536	0,010	4,348	754,464	1776,176	1899,128	4602,663	331,392
100,000	200,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	14,678	162,050	0,010	4,523	733,900	1776,176	1830,101	4506,761	324,487
100,000	200,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	14,301	156,075	0,010	4,696	715,049	1776,176	1765,141	4417,146	318,035
100,000	200,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	13,954	150,551	0,010	4,868	697,719	1776,176	1706,360	4335,685	312,169
100,000	200,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	13,635	145,431	0,010	5,039	681,746	1776,176	1650,070	4258,472	306,610
100,000	200,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	17,217	243,448	0,016	3,473	860,853	1097,050	2357,045	4561,885	328,456
100,000	200,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	16,157	224,641	0,016	3,763	807,869	1097,050	2180,585	4313,925	310,603
100,000	200,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	15,259	208,635	0,016	4,052	762,928	1097,050	2031,569	4104,250	295,506
100,000	200,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	14,487	194,847	0,016	4,339	724,363	1097,050	1903,105	3923,720	282,508
100,000	200,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	13,819	182,847	0,016	4,624	690,938	1097,050	1791,032	3766,506	271,188
100,000	200,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	13,234	172,308	0,016	4,906	661,720	1097,050	1693,076	3629,076	261,293
100,000	200,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	12,720	162,978	0,016	5,187	635,989	1097,050	1607,286	3508,505	252,612
100,000	200,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	12,264	154,660	0,016	5,466	613,181	1097,050	1527,232	3397,606	244,628
100,000	200,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	11,857	147,199	0,016	5,743	592,850	1097,050	1458,776	3301,634	237,718
100,000	200,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	11,493	140,468	0,016	6,018	574,635	1097,050	1393,924	3212,112	231,272
100,000	200,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	13,392	201,796	0,022	4,700	669,625	793,611	1763,706	3433,459	247,209
100,000	200,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	12,630	186,377	0,022	5,089	631,496	793,611	1635,252	3251,847	234,133
100,000	200,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	11,985	173,255	0,022	5,474	599,226	793,611	1525,193	3096,782	222,968
100,000	200,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	11,432	161,952	0,022	5,856	571,606	793,611	1430,790	2963,837	213,396
100,000	200,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	10,955	152,114	0,022	6,235	547,737	793,611	1350,645	2850,364	205,226
100,000	200,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	11,303	177,556	0,029	5,868	565,158	621,662	1427,997	2798,270	201,475
100,000	200,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	10,712	164,151	0,029	6,347	535,576	621,662	1326,749	2654,514	191,125

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Ерег	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	250,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	26,485	334,895	0,010	2,188	1324,232	1776,176	3679,259	7116,761	512,407
100,000	250,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	24,765	308,762	0,010	2,374	1238,228	1776,176	3400,414	6725,964	484,269
100,000	250,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	23,303	286,521	0,010	2,558	1165,167	1776,176	3162,765	6393,197	460,310
100,000	250,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	22,047	267,363	0,010	2,741	1102,362	1776,176	2958,517	6107,169	439,716
100,000	250,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	20,956	250,689	0,010	2,923	1047,822	1776,176	2779,822	5857,442	421,736
100,000	250,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	20,001	236,044	0,010	3,105	1000,042	1776,176	2623,909	5639,286	406,029
100,000	250,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	19,157	223,080	0,010	3,285	957,861	1776,176	2485,758	5446,170	392,124
100,000	250,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	18,407	211,523	0,010	3,465	920,372	1776,176	2361,937	5273,483	379,691
100,000	250,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	17,737	201,155	0,010	3,643	886,852	1776,176	2250,191	5118,028	368,498
100,000	250,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	17,134	191,803	0,010	3,821	856,722	1776,176	2149,143	4977,676	358,393
100,000	250,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	16,590	183,324	0,010	3,998	829,510	1776,176	2058,089	4851,107	349,280
100,000	250,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	16,097	175,600	0,010	4,174	804,828	1776,176	1976,838	4737,627	341,109
100,000	250,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	15,647	168,536	0,010	4,348	782,355	1776,176	1899,128	4630,554	333,400
100,000	250,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	15,236	162,050	0,010	4,523	761,821	1776,176	1830,101	4534,682	326,497
100,000	250,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	14,860	156,075	0,010	4,696	743,000	1776,176	1765,141	4445,098	320,047
100,000	250,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	14,514	150,551	0,010	4,868	725,701	1776,176	1706,360	4363,667	314,184
100,000	250,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	14,195	145,431	0,010	5,039	709,758	1776,176	1650,070	4286,484	308,627
100,000	250,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	17,697	243,448	0,016	3,473	884,846	1097,050	2357,045	4585,878	330,183
100,000	250,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	16,637	224,641	0,016	3,763	831,874	1097,050	2180,585	4337,929	312,331
100,000	250,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	15,739	208,635	0,016	4,052	786,946	1097,050	2031,569	4128,268	297,235
100,000	250,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	14,968	194,847	0,016	4,339	748,393	1097,050	1903,105	3947,751	284,238
100,000	250,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	14,300	182,847	0,016	4,624	714,982	1097,050	1791,032	3790,551	272,920
100,000	250,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	13,716	172,308	0,016	4,906	685,778	1097,050	1693,076	3653,134	263,026
100,000	250,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	13,201	162,978	0,016	5,187	660,061	1097,050	1607,286	3532,577	254,346
100,000	250,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	12,745	154,660	0,016	5,466	637,266	1097,050	1527,232	3421,691	246,362
100,000	250,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	12,339	147,199	0,016	5,743	616,948	1097,050	1458,776	3325,733	239,453
100,000	250,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	11,975	140,468	0,016	6,018	598,746	1097,050	1393,924	3236,224	233,008
100,000	250,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	11,647	134,366	0,016	6,292	582,367	1097,050	1338,594	3158,685	227,425
100,000	250,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	11,351	128,808	0,016	6,563	567,571	1097,050	1283,737	3083,745	222,030
100,000	250,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	11,083	123,724	0,016	6,833	554,158	1097,050	1237,316	3019,097	217,375
100,000	250,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	10,839	119,056	0,016	7,101	541,962	1097,050	1192,635	2957,821	212,963
100,000	250,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	10,617	114,756	0,016	7,367	530,843	1097,050	1150,475	2900,507	208,837
100,000	250,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	13,845	201,796	0,022	4,700	692,249	793,611	1763,706	3456,084	248,838
100,000	250,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,082	186,377	0,022	5,089	654,119	793,611	1635,252	3274,470	235,762
100,000	250,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	12,437	173,255	0,022	5,474	621,848	793,611	1525,193	3119,403	224,597
100,000	250,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	11,884	161,952	0,022	5,856	594,225	793,611	1430,790	2986,456	215,025

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Ерег	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	250,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	11,407	152,114	0,022	6,235	570,352	793,611	1350,645	2872,980	206,855
100,000	250,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	10,991	143,474	0,022	6,610	549,551	793,611	1275,108	2768,376	199,323
100,000	250,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	10,626	135,825	0,022	6,983	531,298	793,611	1213,337	2681,076	193,037
100,000	250,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	10,304	129,007	0,022	7,352	515,184	793,611	1152,765	2597,940	187,052
100,000	250,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,018	122,890	0,022	7,718	500,883	793,611	1103,299	2528,423	182,046
100,000	250,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	11,746	177,556	0,029	5,868	587,296	621,662	1427,997	2820,408	203,069
100,000	250,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	11,154	164,151	0,029	6,347	557,696	621,662	1326,749	2676,634	192,718
100,000	250,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	10,655	152,743	0,029	6,821	532,726	621,662	1239,230	2553,210	183,831
100,000	250,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	10,229	142,916	0,029	7,290	511,432	621,662	1162,084	2445,412	176,070
100,000	250,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	9,862	134,363	0,029	7,754	493,108	621,662	1098,881	2355,797	169,617
100,000	300,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	26,850	334,895	0,010	2,188	1342,508	1776,176	3679,259	7135,037	513,723
100,000	300,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,130	308,762	0,010	2,374	1256,509	1776,176	3400,414	6744,245	485,586
100,000	300,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	23,669	286,521	0,010	2,558	1183,454	1776,176	3162,765	6411,484	461,627
100,000	300,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	22,413	267,363	0,010	2,741	1120,655	1776,176	2958,517	6125,462	441,033
100,000	300,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	21,322	250,689	0,010	2,923	1066,122	1776,176	2779,822	5875,742	423,053
100,000	300,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	20,367	236,044	0,010	3,105	1018,349	1776,176	2623,909	5657,593	407,347
100,000	300,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	19,524	223,080	0,010	3,285	976,176	1776,176	2485,758	5464,485	393,443
100,000	300,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	18,774	211,523	0,010	3,465	938,695	1776,176	2361,937	5291,806	381,010
100,000	300,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,104	201,155	0,010	3,643	905,184	1776,176	2250,191	5136,360	369,818
100,000	300,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	17,501	191,803	0,010	3,821	875,064	1776,176	2149,143	4996,017	359,713
100,000	300,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	16,957	183,324	0,010	3,998	847,861	1776,176	2058,089	4869,457	350,601
100,000	300,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	16,464	175,600	0,010	4,174	823,188	1776,176	1976,838	4755,986	342,431
100,000	300,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,014	168,536	0,010	4,348	800,724	1776,176	1899,128	4648,923	334,722
100,000	300,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	15,604	162,050	0,010	4,523	780,200	1776,176	1830,101	4553,061	327,820
100,000	300,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	15,228	156,075	0,010	4,696	761,389	1776,176	1765,141	4463,486	321,371
100,000	300,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	14,882	150,551	0,010	4,868	744,099	1776,176	1706,360	4382,065	315,509
100,000	300,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	14,563	145,431	0,010	5,039	728,165	1776,176	1650,070	4304,892	309,952
100,000	300,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,014	243,448	0,016	3,473	900,711	1097,050	2357,045	4601,743	331,326
100,000	300,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	16,955	224,641	0,016	3,763	847,736	1097,050	2180,585	4353,791	313,473
100,000	300,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,056	208,635	0,016	4,052	802,804	1097,050	2031,569	4144,127	298,377
100,000	300,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,285	194,847	0,016	4,339	764,249	1097,050	1903,105	3963,606	285,380
100,000	300,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	14,617	182,847	0,016	4,624	730,835	1097,050	1791,032	3806,403	274,061
100,000	300,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,033	172,308	0,016	4,906	701,627	1097,050	1693,076	3668,984	264,167
100,000	300,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	13,518	162,978	0,016	5,187	675,907	1097,050	1607,286	3548,424	255,487
100,000	300,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,062	154,660	0,016	5,466	653,109	1097,050	1527,232	3437,534	247,502
100,000	300,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	12,656	147,199	0,016	5,743	632,788	1097,050	1458,776	3341,572	240,593

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Ерег	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	300,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,292	140,468	0,016	6,018	614,581	1097,050	1393,924	3252,059	234,148
100,000	300,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	11,964	134,366	0,016	6,292	598,198	1097,050	1338,594	3174,516	228,565
100,000	300,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	11,668	128,808	0,016	6,563	583,397	1097,050	1283,737	3099,571	223,169
100,000	300,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	11,400	123,724	0,016	6,833	569,978	1097,050	1237,316	3034,917	218,514
100,000	300,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,156	119,056	0,016	7,101	557,775	1097,050	1192,635	2973,634	214,102
100,000	300,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	10,933	114,756	0,016	7,367	546,648	1097,050	1150,475	2916,312	209,974
100,000	300,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	10,730	110,781	0,016	7,631	536,477	1097,050	1114,074	2866,030	206,354
100,000	300,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	10,543	107,095	0,016	7,894	527,161	1097,050	1080,174	2819,391	202,996
100,000	300,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,143	201,796	0,022	4,700	707,172	793,611	1763,706	3471,006	249,912
100,000	300,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,381	186,377	0,022	5,089	669,026	793,611	1635,252	3289,377	236,835
100,000	300,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	12,735	173,255	0,022	5,474	636,739	793,611	1525,193	3134,294	225,669
100,000	300,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,182	161,952	0,022	5,856	609,100	793,611	1430,790	3001,331	216,096
100,000	300,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	11,704	152,114	0,022	6,235	585,210	793,611	1350,645	2887,837	207,924
100,000	300,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,288	143,474	0,022	6,610	564,391	793,611	1275,108	2783,216	200,392
100,000	300,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	10,922	135,825	0,022	6,983	546,119	793,611	1213,337	2695,897	194,105
100,000	300,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	10,600	129,007	0,022	7,352	529,985	793,611	1152,765	2612,741	188,117
100,000	300,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,313	122,890	0,022	7,718	515,663	793,611	1103,299	2543,202	183,111
100,000	300,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,058	117,372	0,022	8,080	502,891	793,611	1054,693	2476,670	178,320
100,000	300,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	9,829	112,369	0,022	8,440	491,458	793,611	1011,193	2417,094	174,031
100,000	300,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	9,624	107,812	0,022	8,797	481,189	793,611	974,705	2366,136	170,362
100,000	300,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	9,439	103,644	0,022	9,151	471,938	793,611	938,088	2316,454	166,785
100,000	300,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,037	177,556	0,029	5,868	601,857	621,662	1427,997	2834,968	204,118
100,000	300,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	11,445	164,151	0,029	6,347	572,227	621,662	1326,749	2691,164	193,764
100,000	300,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	10,945	152,743	0,029	6,821	547,225	621,662	1239,230	2567,710	184,875
100,000	300,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	10,518	142,916	0,029	7,290	525,898	621,662	1162,084	2459,879	177,111
100,000	300,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,151	134,363	0,029	7,754	507,540	621,662	1098,881	2370,228	170,656
100,000	300,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	9,832	126,852	0,029	8,213	491,615	621,662	1037,784	2286,154	164,603
100,000	300,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	9,554	120,202	0,029	8,668	477,713	621,662	987,209	2215,481	159,515
100,000	300,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,310	114,274	0,029	9,117	465,511	621,662	941,656	2152,248	154,962
100,000	350,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	27,110	334,895	0,010	2,188	1355,512	1776,176	3679,259	7148,041	514,659
100,000	350,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,390	308,762	0,010	2,374	1269,512	1776,176	3400,414	6757,248	486,522
100,000	350,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	23,929	286,521	0,010	2,558	1196,456	1776,176	3162,765	6424,486	462,563
100,000	350,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	22,673	267,363	0,010	2,741	1133,657	1776,176	2958,517	6138,464	441,969
100,000	350,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	21,582	250,689	0,010	2,923	1079,124	1776,176	2779,822	5888,745	423,990
100,000	350,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	20,627	236,044	0,010	3,105	1031,352	1776,176	2623,909	5670,596	408,283
100,000	350,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	19,784	223,080	0,010	3,285	989,180	1776,176	2485,758	5477,490	394,379

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	350,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	19,034	211,523	0,010	3,465	951,701	1776,176	2361,937	5304,812	381,946
100,000	350,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,364	201,155	0,010	3,643	918,191	1776,176	2250,191	5149,367	370,754
100,000	350,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	17,761	191,803	0,010	3,821	888,072	1776,176	2149,143	5009,026	360,650
100,000	350,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	17,217	183,324	0,010	3,998	860,871	1776,176	2058,089	4882,468	351,538
100,000	350,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	16,724	175,600	0,010	4,174	836,201	1776,176	1976,838	4768,999	343,368
100,000	350,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,275	168,536	0,010	4,348	813,739	1776,176	1899,128	4661,938	335,660
100,000	350,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	15,864	162,050	0,010	4,523	793,217	1776,176	1830,101	4566,077	328,758
100,000	350,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	15,488	156,075	0,010	4,696	774,408	1776,176	1765,141	4476,505	322,308
100,000	350,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	15,142	150,551	0,010	4,868	757,120	1776,176	1706,360	4395,086	316,446
100,000	350,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	14,824	145,431	0,010	5,039	741,188	1776,176	1650,070	4317,914	310,890
100,000	350,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,240	243,448	0,016	3,473	911,982	1097,050	2357,045	4613,014	332,137
100,000	350,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	17,180	224,641	0,016	3,763	858,998	1097,050	2180,585	4365,054	314,284
100,000	350,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,281	208,635	0,016	4,052	814,059	1097,050	2031,569	4155,381	299,187
100,000	350,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,510	194,847	0,016	4,339	775,495	1097,050	1903,105	3974,853	286,189
100,000	350,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	14,841	182,847	0,016	4,624	742,073	1097,050	1791,032	3817,642	274,870
100,000	350,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,257	172,308	0,016	4,906	712,858	1097,050	1693,076	3680,215	264,975
100,000	350,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	13,743	162,978	0,016	5,187	687,130	1097,050	1607,286	3559,647	256,295
100,000	350,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,286	154,660	0,016	5,466	664,325	1097,050	1527,232	3448,750	248,310
100,000	350,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	12,880	147,199	0,016	5,743	643,995	1097,050	1458,776	3352,780	241,400
100,000	350,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,516	140,468	0,016	6,018	625,780	1097,050	1393,924	3263,258	234,955
100,000	350,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	12,188	134,366	0,016	6,292	609,388	1097,050	1338,594	3185,705	229,371
100,000	350,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	11,892	128,808	0,016	6,563	594,577	1097,050	1283,737	3110,751	223,974
100,000	350,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	11,623	123,724	0,016	6,833	581,149	1097,050	1237,316	3046,088	219,318
100,000	350,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,379	119,056	0,016	7,101	568,936	1097,050	1192,635	2984,794	214,905
100,000	350,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	11,156	114,756	0,016	7,367	557,798	1097,050	1150,475	2927,462	210,777
100,000	350,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	10,952	110,781	0,016	7,631	547,615	1097,050	1114,074	2877,168	207,156
100,000	350,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	10,766	107,095	0,016	7,894	538,286	1097,050	1080,174	2830,516	203,797
100,000	350,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,355	201,796	0,022	4,700	717,754	793,611	1763,706	3481,588	250,674
100,000	350,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,592	186,377	0,022	5,089	679,590	793,611	1635,252	3299,942	237,596
100,000	350,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	12,946	173,255	0,022	5,474	647,286	793,611	1525,193	3144,841	226,429
100,000	350,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,393	161,952	0,022	5,856	619,628	793,611	1430,790	3011,859	216,854
100,000	350,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	11,914	152,114	0,022	6,235	595,720	793,611	1350,645	2898,347	208,681
100,000	350,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,498	143,474	0,022	6,610	574,881	793,611	1275,108	2793,706	201,147
100,000	350,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	11,132	135,825	0,022	6,983	556,589	793,611	1213,337	2706,367	194,858
100,000	350,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	10,809	129,007	0,022	7,352	540,434	793,611	1152,765	2623,190	188,870
100,000	350,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,522	122,890	0,022	7,718	526,090	793,611	1103,299	2553,629	183,861

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	350,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,266	117,372	0,022	8,080	513,295	793,611	1054,693	2487,074	179,069
100,000	350,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	10,037	112,369	0,022	8,440	501,838	793,611	1011,193	2427,474	174,778
100,000	350,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	9,831	107,812	0,022	8,797	491,543	793,611	974,705	2376,490	171,107
100,000	350,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	9,645	103,644	0,022	9,151	482,266	793,611	938,088	2326,781	167,528
100,000	350,000	6,714	10,688	0,662	6,599	0,638	306,271	0,099	4,751	9,478	99,818	0,022	9,501	473,885	793,611	903,164	2280,001	164,160
100,000	350,000	6,714	11,125	0,659	6,627	0,638	320,007	0,100	4,925	9,326	96,292	0,022	9,849	466,298	793,611	872,958	2239,030	161,210
100,000	350,000	6,714	11,563	0,657	6,655	0,638	333,863	0,100	5,097	9,188	93,033	0,022	10,194	459,419	793,611	846,911	2203,191	158,630
100,000	350,000	6,714	12,000	0,654	6,683	0,639	347,843	0,101	5,268	9,063	90,012	0,022	10,536	453,174	793,611	821,677	2169,032	156,170
100,000	350,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,243	177,556	0,029	5,868	612,164	621,662	1427,997	2845,275	204,860
100,000	350,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	11,650	164,151	0,029	6,347	582,504	621,662	1326,749	2701,442	194,504
100,000	350,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	11,149	152,743	0,029	6,821	557,472	621,662	1239,230	2577,957	185,613
100,000	350,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	10,722	142,916	0,029	7,290	536,114	621,662	1162,084	2470,094	177,847
100,000	350,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,354	134,363	0,029	7,754	517,723	621,662	1098,881	2380,411	171,390
100,000	350,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	10,035	126,852	0,029	8,213	501,764	621,662	1037,784	2296,303	165,334
100,000	350,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	9,757	120,202	0,029	8,668	487,825	621,662	987,209	2225,594	160,243
100,000	350,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,512	114,274	0,029	9,117	475,586	621,662	941,656	2162,323	155,687
100,000	350,000	8,571	8,500	0,656	6,471	0,643	302,422	0,131	4,781	9,296	108,956	0,029	9,562	464,789	621,662	897,573	2102,570	151,385
100,000	350,000	8,571	8,938	0,653	6,496	0,643	319,236	0,132	5,001	9,105	104,159	0,029	10,003	455,230	621,662	860,919	2052,000	147,744
100,000	350,000	8,571	9,375	0,650	6,521	0,643	336,209	0,132	5,219	8,935	99,809	0,029	10,439	446,740	621,662	830,085	2008,763	144,631
100,000	400,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	27,305	334,895	0,010	2,188	1365,238	1776,176	3679,259	7157,767	515,359
100,000	400,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,585	308,762	0,010	2,374	1279,235	1776,176	3400,414	6766,970	487,222
100,000	400,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	24,124	286,521	0,010	2,558	1206,176	1776,176	3162,765	6434,205	463,263
100,000	400,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	22,867	267,363	0,010	2,741	1143,374	1776,176	2958,517	6148,181	442,669
100,000	400,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	21,777	250,689	0,010	2,923	1088,839	1776,176	2779,822	5898,459	424,689
100,000	400,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	20,821	236,044	0,010	3,105	1041,065	1776,176	2623,909	5680,309	408,982
100,000	400,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	19,978	223,080	0,010	3,285	998,892	1776,176	2485,758	5487,201	395,078
100,000	400,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	19,228	211,523	0,010	3,465	961,410	1776,176	2361,937	5314,521	382,646
100,000	400,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,558	201,155	0,010	3,643	927,900	1776,176	2250,191	5159,075	371,453
100,000	400,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	17,956	191,803	0,010	3,821	897,779	1776,176	2149,143	5018,733	361,349
100,000	400,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	17,412	183,324	0,010	3,998	870,577	1776,176	2058,089	4892,174	352,237
100,000	400,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	16,918	175,600	0,010	4,174	845,905	1776,176	1976,838	4778,704	344,067
100,000	400,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,469	168,536	0,010	4,348	823,443	1776,176	1899,128	4671,642	336,358
100,000	400,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	16,058	162,050	0,010	4,523	802,920	1776,176	1830,101	4575,780	329,456
100,000	400,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	15,682	156,075	0,010	4,696	784,110	1776,176	1765,141	4486,207	323,007
100,000	400,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	15,336	150,551	0,010	4,868	766,821	1776,176	1706,360	4404,787	317,145
100,000	400,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	15,018	145,431	0,010	5,039	750,888	1776,176	1650,070	4327,614	311,588

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	400,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,408	243,448	0,016	3,473	920,401	1097,050	2357,045	4621,433	332,743
100,000	400,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	17,348	224,641	0,016	3,763	867,409	1097,050	2180,585	4373,464	314,889
100,000	400,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,449	208,635	0,016	4,052	822,460	1097,050	2031,569	4163,783	299,792
100,000	400,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,678	194,847	0,016	4,339	783,888	1097,050	1903,105	3983,245	286,794
100,000	400,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	15,009	182,847	0,016	4,624	750,457	1097,050	1791,032	3826,026	275,474
100,000	400,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,425	172,308	0,016	4,906	721,234	1097,050	1693,076	3688,590	265,578
100,000	400,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	13,910	162,978	0,016	5,187	695,496	1097,050	1607,286	3568,013	256,897
100,000	400,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,454	154,660	0,016	5,466	672,682	1097,050	1527,232	3457,107	248,912
100,000	400,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	13,047	147,199	0,016	5,743	652,343	1097,050	1458,776	3361,128	242,001
100,000	400,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,682	140,468	0,016	6,018	634,119	1097,050	1393,924	3271,597	235,555
100,000	400,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	12,354	134,366	0,016	6,292	617,717	1097,050	1338,594	3194,035	229,971
100,000	400,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	12,058	128,808	0,016	6,563	602,897	1097,050	1283,737	3119,071	224,573
100,000	400,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	11,789	123,724	0,016	6,833	589,458	1097,050	1237,316	3054,397	219,917
100,000	400,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,545	119,056	0,016	7,101	577,235	1097,050	1192,635	2993,093	215,503
100,000	400,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	11,322	114,756	0,016	7,367	566,086	1097,050	1150,475	2935,750	211,374
100,000	400,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	11,118	110,781	0,016	7,631	555,891	1097,050	1114,074	2885,444	207,752
100,000	400,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	10,931	107,095	0,016	7,894	546,550	1097,050	1080,174	2838,780	204,392
100,000	400,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,513	201,796	0,022	4,700	725,650	793,611	1763,706	3489,484	251,243
100,000	400,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,749	186,377	0,022	5,089	687,469	793,611	1635,252	3307,821	238,163
100,000	400,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	13,103	173,255	0,022	5,474	655,148	793,611	1525,193	3152,703	226,995
100,000	400,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,549	161,952	0,022	5,856	627,473	793,611	1430,790	3019,704	217,419
100,000	400,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	12,071	152,114	0,022	6,235	603,547	793,611	1350,645	2906,174	209,245
100,000	400,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,654	143,474	0,022	6,610	582,690	793,611	1275,108	2801,515	201,709
100,000	400,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	11,288	135,825	0,022	6,983	564,380	793,611	1213,337	2714,158	195,419
100,000	400,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	10,964	129,007	0,022	7,352	548,205	793,611	1152,765	2630,961	189,429
100,000	400,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,677	122,890	0,022	7,718	533,841	793,611	1103,299	2561,381	184,419
100,000	400,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,421	117,372	0,022	8,080	521,027	793,611	1054,693	2494,805	179,626
100,000	400,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	10,191	112,369	0,022	8,440	509,548	793,611	1011,193	2435,184	175,333
100,000	400,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	9,985	107,812	0,022	8,797	499,231	793,611	974,705	2384,178	171,661
100,000	400,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	9,799	103,644	0,022	9,151	489,931	793,611	938,088	2334,446	168,080
100,000	400,000	6,714	10,688	0,662	6,599	0,638	306,271	0,099	4,751	9,631	99,818	0,022	9,501	481,525	793,611	903,164	2287,641	164,710
100,000	400,000	6,714	11,125	0,659	6,627	0,638	320,007	0,100	4,925	9,478	96,292	0,022	9,849	473,913	793,611	872,958	2246,645	161,758
100,000	400,000	6,714	11,563	0,657	6,655	0,638	333,863	0,100	5,097	9,340	93,033	0,022	10,194	467,007	793,611	846,911	2210,779	159,176
100,000	400,000	6,714	12,000	0,654	6,683	0,639	347,843	0,101	5,268	9,215	90,012	0,022	10,536	460,734	793,611	821,677	2176,592	156,715
100,000	400,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,397	177,556	0,029	5,868	619,844	621,662	1427,997	2852,955	205,413
100,000	400,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	11,803	164,151	0,029	6,347	590,158	621,662	1326,749	2709,096	195,055

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	400,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	11,302	152,743	0,029	6,821	565,100	621,662	1239,230	2585,584	186,162
100,000	400,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	10,874	142,916	0,029	7,290	543,714	621,662	1162,084	2477,694	178,394
100,000	400,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,506	134,363	0,029	7,754	525,294	621,662	1098,881	2387,982	171,935
100,000	400,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	10,186	126,852	0,029	8,213	509,305	621,662	1037,784	2303,844	165,877
100,000	400,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	9,907	120,202	0,029	8,668	495,336	621,662	987,209	2233,105	160,784
100,000	400,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,661	114,274	0,029	9,117	483,065	621,662	941,656	2169,801	156,226
100,000	400,000	8,571	8,500	0,656	6,471	0,643	302,422	0,131	4,781	9,445	108,956	0,029	9,562	472,234	621,662	897,573	2110,015	151,921
100,000	400,000	8,571	8,938	0,653	6,496	0,643	319,236	0,132	5,001	9,253	104,159	0,029	10,003	462,640	621,662	860,919	2059,410	148,278
100,000	400,000	8,571	9,375	0,650	6,521	0,643	336,209	0,132	5,219	9,082	99,809	0,029	10,439	454,114	621,662	830,085	2016,137	145,162
100,000	400,000	8,571	9,813	0,646	6,546	0,643	353,347	0,133	5,435	8,930	95,848	0,029	10,870	446,519	621,662	794,889	1969,816	141,827
100,000	400,000	8,571	10,250	0,643	6,573	0,643	370,654	0,134	5,649	8,795	92,224	0,029	11,297	439,742	621,662	764,513	1929,467	138,922
100,000	400,000	8,571	10,688	0,640	6,599	0,643	388,135	0,135	5,860	8,674	88,897	0,029	11,720	433,689	621,662	738,337	1894,333	136,392
100,000	450,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	27,456	334,895	0,010	2,188	1372,787	1776,176	3679,259	7165,315	515,903
100,000	450,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,736	308,762	0,010	2,374	1286,779	1776,176	3400,414	6774,515	487,765
100,000	450,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	24,274	286,521	0,010	2,558	1213,716	1776,176	3162,765	6441,746	463,806
100,000	450,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	23,018	267,363	0,010	2,741	1150,911	1776,176	2958,517	6155,719	443,212
100,000	450,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	21,927	250,689	0,010	2,923	1096,373	1776,176	2779,822	5905,993	425,232
100,000	450,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	20,972	236,044	0,010	3,105	1048,596	1776,176	2623,909	5687,840	409,524
100,000	450,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	20,128	223,080	0,010	3,285	1006,420	1776,176	2485,758	5494,729	395,620
100,000	450,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	19,379	211,523	0,010	3,465	968,936	1776,176	2361,937	5322,047	383,187
100,000	450,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,708	201,155	0,010	3,643	935,423	1776,176	2250,191	5166,599	371,995
100,000	450,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	18,106	191,803	0,010	3,821	905,300	1776,176	2149,143	5026,254	361,890
100,000	450,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	17,562	183,324	0,010	3,998	878,096	1776,176	2058,089	4899,692	352,778
100,000	450,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	17,068	175,600	0,010	4,174	853,422	1776,176	1976,838	4786,220	344,608
100,000	450,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,619	168,536	0,010	4,348	830,957	1776,176	1899,128	4679,156	336,899
100,000	450,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	16,209	162,050	0,010	4,523	810,432	1776,176	1830,101	4583,292	329,997
100,000	450,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	15,832	156,075	0,010	4,696	791,620	1776,176	1765,141	4493,717	323,548
100,000	450,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	15,487	150,551	0,010	4,868	774,328	1776,176	1706,360	4412,294	317,685
100,000	450,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	15,168	145,431	0,010	5,039	758,393	1776,176	1650,070	4335,120	312,129
100,000	450,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,539	243,448	0,016	3,473	926,930	1097,050	2357,045	4627,962	333,213
100,000	450,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	17,479	224,641	0,016	3,763	873,929	1097,050	2180,585	4379,984	315,359
100,000	450,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,579	208,635	0,016	4,052	828,972	1097,050	2031,569	4170,294	300,261
100,000	450,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,808	194,847	0,016	4,339	790,391	1097,050	1903,105	3989,748	287,262
100,000	450,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	15,139	182,847	0,016	4,624	756,952	1097,050	1791,032	3832,521	275,941
100,000	450,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,554	172,308	0,016	4,906	727,720	1097,050	1693,076	3695,076	266,045
100,000	450,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	14,039	162,978	0,016	5,187	701,974	1097,050	1607,286	3574,491	257,363

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	450,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,583	154,660	0,016	5,466	679,151	1097,050	1527,232	3463,576	249,377
100,000	450,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	13,176	147,199	0,016	5,743	658,803	1097,050	1458,776	3367,588	242,466
100,000	450,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,811	140,468	0,016	6,018	640,571	1097,050	1393,924	3278,048	236,019
100,000	450,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	12,483	134,366	0,016	6,292	624,160	1097,050	1338,594	3200,477	230,434
100,000	450,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	12,187	128,808	0,016	6,563	609,330	1097,050	1283,737	3125,504	225,036
100,000	450,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	11,918	123,724	0,016	6,833	595,882	1097,050	1237,316	3060,821	220,379
100,000	450,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,673	119,056	0,016	7,101	583,648	1097,050	1192,635	2999,507	215,964
100,000	450,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	11,450	114,756	0,016	7,367	572,489	1097,050	1150,475	2942,153	211,835
100,000	450,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	11,246	110,781	0,016	7,631	562,284	1097,050	1114,074	2891,837	208,212
100,000	450,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	11,059	107,095	0,016	7,894	552,932	1097,050	1080,174	2845,162	204,852
100,000	450,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,635	201,796	0,022	4,700	731,767	793,611	1763,706	3495,602	251,683
100,000	450,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,871	186,377	0,022	5,089	693,571	793,611	1635,252	3313,923	238,602
100,000	450,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	13,225	173,255	0,022	5,474	661,235	793,611	1525,193	3158,790	227,433
100,000	450,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,671	161,952	0,022	5,856	633,544	793,611	1430,790	3025,775	217,856
100,000	450,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	12,192	152,114	0,022	6,235	609,603	793,611	1350,645	2912,230	209,681
100,000	450,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,775	143,474	0,022	6,610	588,730	793,611	1275,108	2807,555	202,144
100,000	450,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	11,408	135,825	0,022	6,983	570,403	793,611	1213,337	2720,181	195,853
100,000	450,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	11,084	129,007	0,022	7,352	554,212	793,611	1152,765	2636,968	189,862
100,000	450,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,797	122,890	0,022	7,718	539,831	793,611	1103,299	2567,371	184,851
100,000	450,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,540	117,372	0,022	8,080	526,999	793,611	1054,693	2500,777	180,056
100,000	450,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	10,310	112,369	0,022	8,440	515,502	793,611	1011,193	2441,137	175,762
100,000	450,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	10,103	107,812	0,022	8,797	505,166	793,611	974,705	2390,113	172,088
100,000	450,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	9,917	103,644	0,022	9,151	495,846	793,611	938,088	2340,361	168,506
100,000	450,000	6,714	10,688	0,662	6,599	0,638	306,271	0,099	4,751	9,748	99,818	0,022	9,501	487,420	793,611	903,164	2293,536	165,135
100,000	450,000	6,714	11,125	0,659	6,627	0,638	320,007	0,100	4,925	9,596	96,292	0,022	9,849	479,786	793,611	872,958	2252,518	162,181
100,000	450,000	6,714	11,563	0,657	6,655	0,638	333,863	0,100	5,097	9,457	93,033	0,022	10,194	472,858	793,611	846,911	2216,629	159,597

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	450,000	6,714	12,000	0,654	6,683	0,639	347,843	0,101	5,268	9,331	90,012	0,022	10,536	466,561	793,611	821,677	2182,420	157,134
100,000	450,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,516	177,556	0,029	5,868	625,788	621,662	1427,997	2858,900	205,841
100,000	450,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	11,922	164,151	0,029	6,347	596,080	621,662	1326,749	2715,018	195,481
100,000	450,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	11,420	152,743	0,029	6,821	570,998	621,662	1239,230	2591,483	186,587
100,000	450,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	10,992	142,916	0,029	7,290	549,589	621,662	1162,084	2483,569	178,817
100,000	450,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,623	134,363	0,029	7,754	531,144	621,662	1098,881	2393,833	172,356
100,000	450,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	10,303	126,852	0,029	8,213	515,131	621,662	1037,784	2309,669	166,296
100,000	450,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	10,023	120,202	0,029	8,668	501,136	621,662	987,209	2238,904	161,201
100,000	450,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,777	114,274	0,029	9,117	488,837	621,662	941,656	2175,574	156,641
100,000	450,000	8,571	8,500	0,656	6,471	0,643	302,422	0,131	4,781	9,560	108,956	0,029	9,562	477,979	621,662	897,573	2115,759	152,335
100,000	450,000	8,571	8,938	0,653	6,496	0,643	319,236	0,132	5,001	9,367	104,159	0,029	10,003	468,355	621,662	860,919	2065,125	148,689
100,000	450,000	8,571	9,375	0,650	6,521	0,643	336,209	0,132	5,219	9,196	99,809	0,029	10,439	459,798	621,662	830,085	2021,821	145,571
100,000	450,000	8,571	9,813	0,646	6,546	0,643	353,347	0,133	5,435	9,043	95,848	0,029	10,870	452,172	621,662	794,889	1975,469	142,234
100,000	450,000	8,571	10,250	0,643	6,573	0,643	370,654	0,134	5,649	8,907	92,224	0,029	11,297	445,362	621,662	764,513	1935,086	139,326
100,000	450,000	8,571	10,688	0,640	6,599	0,643	388,135	0,135	5,860	8,785	88,897	0,029	11,720	439,274	621,662	738,337	1899,918	136,794
100,000	450,000	8,571	11,125	0,636	6,627	0,642	405,796	0,135	6,069	8,677	85,832	0,029	12,138	433,826	621,662	715,842	1869,330	134,592
100,000	450,000	8,571	11,563	0,633	6,655	0,642	423,641	0,136	6,276	8,579	82,999	0,029	12,553	428,953	621,662	695,535	1841,730	132,605
100,000	450,000	8,571	12,000	0,630	6,683	0,642	441,675	0,137	6,481	8,492	80,372	0,029	12,963	424,596	621,662	670,951	1810,572	130,361
100,000	500,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	27,576	334,895	0,010	2,188	1378,815	1776,176	3679,259	7171,344	516,337
100,000	500,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,856	308,762	0,010	2,374	1292,804	1776,176	3400,414	6780,539	488,199
100,000	500,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	24,395	286,521	0,010	2,558	1219,737	1776,176	3162,765	6447,767	464,239
100,000	500,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	23,139	267,363	0,010	2,741	1156,928	1776,176	2958,517	6161,736	443,645
100,000	500,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	22,048	250,689	0,010	2,923	1102,387	1776,176	2779,822	5912,007	425,665
100,000	500,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	21,092	236,044	0,010	3,105	1054,607	1776,176	2623,909	5693,851	409,957
100,000	500,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	20,249	223,080	0,010	3,285	1012,427	1776,176	2485,758	5500,736	396,053
100,000	500,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	19,499	211,523	0,010	3,465	974,941	1776,176	2361,937	5328,051	383,620
100,000	500,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,828	201,155	0,010	3,643	941,425	1776,176	2250,191	5172,600	372,427
100,000	500,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	18,226	191,803	0,010	3,821	911,299	1776,176	2149,143	5032,253	362,322
100,000	500,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	17,682	183,324	0,010	3,998	884,092	1776,176	2058,089	4905,689	353,210
100,000	500,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	17,188	175,600	0,010	4,174	859,415	1776,176	1976,838	4792,214	345,039
100,000	500,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,739	168,536	0,010	4,348	836,948	1776,176	1899,128	4685,147	337,331
100,000	500,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	16,328	162,050	0,010	4,523	816,420	1776,176	1830,101	4589,281	330,428
100,000	500,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	15,952	156,075	0,010	4,696	797,605	1776,176	1765,141	4499,703	323,979
100,000	500,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	15,606	150,551	0,010	4,868	780,311	1776,176	1706,360	4418,277	318,116
100,000	500,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	15,287	145,431	0,010	5,039	764,374	1776,176	1650,070	4341,100	312,559
100,000	500,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,643	243,448	0,016	3,473	932,141	1097,050	2357,045	4633,173	333,588

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	500,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	17,583	224,641	0,016	3,763	879,132	1097,050	2180,585	4385,187	315,733
100,000	500,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,683	208,635	0,016	4,052	834,167	1097,050	2031,569	4175,489	300,635
100,000	500,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,912	194,847	0,016	4,339	795,578	1097,050	1903,105	3994,935	287,635
100,000	500,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	15,243	182,847	0,016	4,624	762,131	1097,050	1791,032	3837,700	276,314
100,000	500,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,658	172,308	0,016	4,906	732,891	1097,050	1693,076	3700,247	266,418
100,000	500,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	14,143	162,978	0,016	5,187	707,137	1097,050	1607,286	3579,654	257,735
100,000	500,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,686	154,660	0,016	5,466	684,307	1097,050	1527,232	3468,732	249,749
100,000	500,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	13,279	147,199	0,016	5,743	663,951	1097,050	1458,776	3372,736	242,837
100,000	500,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,914	140,468	0,016	6,018	645,710	1097,050	1393,924	3283,188	236,390
100,000	500,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	12,586	134,366	0,016	6,292	629,291	1097,050	1338,594	3205,609	230,804
100,000	500,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	12,289	128,808	0,016	6,563	614,453	1097,050	1283,737	3130,627	225,405
100,000	500,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	12,020	123,724	0,016	6,833	600,996	1097,050	1237,316	3065,935	220,747
100,000	500,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,775	119,056	0,016	7,101	588,754	1097,050	1192,635	3004,612	216,332
100,000	500,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	11,552	114,756	0,016	7,367	577,585	1097,050	1150,475	2947,250	212,202
100,000	500,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	11,347	110,781	0,016	7,631	567,371	1097,050	1114,074	2896,924	208,579
100,000	500,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	11,160	107,095	0,016	7,894	558,009	1097,050	1080,174	2850,239	205,217
100,000	500,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,733	201,796	0,022	4,700	736,646	793,611	1763,706	3500,480	252,035
100,000	500,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	13,969	186,377	0,022	5,089	698,437	793,611	1635,252	3318,788	238,953
100,000	500,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	13,322	173,255	0,022	5,474	666,087	793,611	1525,193	3163,642	227,782
100,000	500,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,768	161,952	0,022	5,856	638,383	793,611	1430,790	3030,614	218,204
100,000	500,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	12,289	152,114	0,022	6,235	614,428	793,611	1350,645	2917,055	210,028
100,000	500,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,871	143,474	0,022	6,610	593,541	793,611	1275,108	2812,366	202,490
100,000	500,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	11,504	135,825	0,022	6,983	575,200	793,611	1213,337	2724,978	196,198
100,000	500,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	11,180	129,007	0,022	7,352	558,994	793,611	1152,765	2641,751	190,206
100,000	500,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,892	122,890	0,022	7,718	544,599	793,611	1103,299	2572,138	185,194
100,000	500,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,635	117,372	0,022	8,080	531,751	793,611	1054,693	2505,529	180,398
100,000	500,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	10,405	112,369	0,022	8,440	520,238	793,611	1011,193	2445,874	176,103
100,000	500,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	10,198	107,812	0,022	8,797	509,886	793,611	974,705	2394,833	172,428
100,000	500,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	10,011	103,644	0,022	9,151	500,549	793,611	938,088	2345,064	168,845
100,000	500,000	6,714	10,688	0,662	6,599	0,638	306,271	0,099	4,751	9,842	99,818	0,022	9,501	492,105	793,611	903,164	2298,222	165,472
100,000	500,000	6,714	11,125	0,659	6,627	0,638	320,007	0,100	4,925	9,689	96,292	0,022	9,849	484,454	793,611	872,958	2257,186	162,517
100,000	500,000	6,714	11,563	0,657	6,655	0,638	333,863	0,100	5,097	9,550	93,033	0,022	10,194	477,507	793,611	846,911	2221,279	159,932
100,000	500,000	6,714	12,000	0,654	6,683	0,639	347,843	0,101	5,268	9,424	90,012	0,022	10,536	471,191	793,611	821,677	2187,050	157,468
100,000	500,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,611	177,556	0,029	5,868	630,526	621,662	1427,997	2863,637	206,182
100,000	500,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	12,016	164,151	0,029	6,347	600,798	621,662	1326,749	2719,736	195,821
100,000	500,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	11,514	152,743	0,029	6,821	575,696	621,662	1239,230	2596,181	186,925

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	500,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	11,085	142,916	0,029	7,290	554,266	621,662	1162,084	2488,246	179,154
100,000	500,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,716	134,363	0,029	7,754	535,801	621,662	1098,881	2398,489	172,691
100,000	500,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	10,395	126,852	0,029	8,213	519,766	621,662	1037,784	2314,305	166,630
100,000	500,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	10,115	120,202	0,029	8,668	505,749	621,662	987,209	2243,517	161,533
100,000	500,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,869	114,274	0,029	9,117	493,427	621,662	941,656	2180,164	156,972
100,000	500,000	8,571	8,500	0,656	6,471	0,643	302,422	0,131	4,781	9,651	108,956	0,029	9,562	482,545	621,662	897,573	2120,326	152,663
100,000	500,000	8,571	8,938	0,653	6,496	0,643	319,236	0,132	5,001	9,458	104,159	0,029	10,003	472,897	621,662	860,919	2069,668	149,016
100,000	500,000	8,571	9,375	0,650	6,521	0,643	336,209	0,132	5,219	9,286	99,809	0,029	10,439	464,315	621,662	830,085	2026,338	145,896
100,000	500,000	8,571	9,813	0,646	6,546	0,643	353,347	0,133	5,435	9,133	95,848	0,029	10,870	456,663	621,662	794,889	1979,960	142,557
100,000	500,000	8,571	10,250	0,643	6,573	0,643	370,654	0,134	5,649	8,997	92,224	0,029	11,297	449,825	621,662	764,513	1939,550	139,648
100,000	500,000	8,571	10,688	0,640	6,599	0,643	388,135	0,135	5,860	8,874	88,897	0,029	11,720	443,708	621,662	738,337	1904,353	137,113
100,000	500,000	8,571	11,125	0,636	6,627	0,642	405,796	0,135	6,069	8,765	85,832	0,029	12,138	438,231	621,662	715,842	1873,734	134,909
100,000	500,000	8,571	11,563	0,633	6,655	0,642	423,641	0,136	6,276	8,667	82,999	0,029	12,553	433,327	621,662	695,535	1846,103	132,919
100,000	500,000	8,571	12,000	0,630	6,683	0,642	441,675	0,137	6,481	8,579	80,372	0,029	12,963	428,937	621,662	670,951	1814,913	130,674
100,000	550,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,527	73,907	0,042	1,094	27,675	334,895	0,010	2,188	1383,741	1776,176	3679,259	7176,270	516,691
100,000	550,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,528	80,531	0,042	1,187	25,955	308,762	0,010	2,374	1297,726	1776,176	3400,414	6785,461	488,553
100,000	550,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,529	87,189	0,042	1,279	24,493	286,521	0,010	2,558	1224,655	1776,176	3162,765	6452,685	464,593
100,000	550,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,529	93,880	0,042	1,371	23,237	267,363	0,010	2,741	1161,843	1776,176	2958,517	6166,650	443,999
100,000	550,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,530	100,606	0,042	1,462	22,146	250,689	0,010	2,923	1107,298	1776,176	2779,822	5916,919	426,018
100,000	550,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,530	107,368	0,042	1,552	21,190	236,044	0,010	3,105	1059,515	1776,176	2623,909	5698,759	410,311
100,000	550,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,531	114,167	0,043	1,643	20,347	223,080	0,010	3,285	1017,333	1776,176	2485,758	5505,642	396,406
100,000	550,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,532	121,006	0,043	1,732	19,597	211,523	0,010	3,465	979,843	1776,176	2361,937	5332,954	383,973
100,000	550,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,532	127,883	0,043	1,822	18,926	201,155	0,010	3,643	946,324	1776,176	2250,191	5177,500	372,780
100,000	550,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,533	134,802	0,043	1,910	18,324	191,803	0,010	3,821	916,195	1776,176	2149,143	5037,149	362,675
100,000	550,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,534	141,762	0,043	1,999	17,780	183,324	0,010	3,998	888,986	1776,176	2058,089	4910,582	353,562
100,000	550,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,534	148,766	0,043	2,087	17,286	175,600	0,010	4,174	864,306	1776,176	1976,838	4797,105	345,392
100,000	550,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,535	155,813	0,044	2,174	16,837	168,536	0,010	4,348	841,836	1776,176	1899,128	4690,035	337,683
100,000	550,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,536	162,904	0,044	2,261	16,426	162,050	0,010	4,523	821,305	1776,176	1830,101	4594,166	330,780
100,000	550,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,537	170,042	0,044	2,348	16,050	156,075	0,010	4,696	802,488	1776,176	1765,141	4504,585	324,330
100,000	550,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,537	177,227	0,044	2,434	15,704	150,551	0,010	4,868	785,191	1776,176	1706,360	4423,157	318,467
100,000	550,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,538	184,459	0,044	2,520	15,385	145,431	0,010	5,039	769,251	1776,176	1650,070	4345,977	312,910
100,000	550,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,603	104,725	0,068	1,736	18,728	243,448	0,016	3,473	936,397	1097,050	2357,045	4637,429	333,895
100,000	550,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,603	114,159	0,068	1,882	17,668	224,641	0,016	3,763	883,380	1097,050	2180,585	4389,435	316,039
100,000	550,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,603	123,648	0,068	2,026	16,768	208,635	0,016	4,052	838,407	1097,050	2031,569	4179,730	300,941
100,000	550,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,604	133,196	0,068	2,169	15,996	194,847	0,016	4,339	799,812	1097,050	1903,105	3999,169	287,940
100,000	550,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,604	142,803	0,069	2,312	15,327	182,847	0,016	4,624	766,358	1097,050	1791,032	3841,926	276,619

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt,kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	550,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,605	152,472	0,069	2,453	14,742	172,308	0,016	4,906	737,111	1097,050	1693,076	3704,467	266,722
100,000	550,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,605	162,206	0,069	2,594	14,227	162,978	0,016	5,187	711,350	1097,050	1607,286	3583,867	258,038
100,000	550,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,606	172,006	0,069	2,733	13,770	154,660	0,016	5,466	688,512	1097,050	1527,232	3472,937	250,051
100,000	550,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,606	181,874	0,070	2,872	13,363	147,199	0,016	5,743	668,149	1097,050	1458,776	3376,934	243,139
100,000	550,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,606	191,812	0,070	3,009	12,998	140,468	0,016	6,018	649,901	1097,050	1393,924	3287,379	236,691
100,000	550,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,607	201,821	0,070	3,146	12,669	134,366	0,016	6,292	633,474	1097,050	1338,594	3209,792	231,105
100,000	550,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,607	211,905	0,070	3,282	12,373	128,808	0,016	6,563	618,629	1097,050	1283,737	3134,803	225,706
100,000	550,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,608	222,064	0,071	3,417	12,103	123,724	0,016	6,833	605,165	1097,050	1237,316	3070,104	221,047
100,000	550,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,608	232,300	0,071	3,550	11,858	119,056	0,016	7,101	592,914	1097,050	1192,635	3008,773	216,632
100,000	550,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,609	242,614	0,071	3,684	11,635	114,756	0,016	7,367	581,738	1097,050	1150,475	2951,402	212,501
100,000	550,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,609	253,010	0,072	3,816	11,430	110,781	0,016	7,631	571,516	1097,050	1114,074	2901,068	208,877
100,000	550,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,610	263,487	0,072	3,947	11,243	107,095	0,016	7,894	562,145	1097,050	1080,174	2854,375	205,515
100,000	550,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,635	137,428	0,094	2,350	14,813	201,796	0,022	4,700	740,628	793,611	1763,706	3504,462	252,321
100,000	550,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,635	149,852	0,095	2,544	14,048	186,377	0,022	5,089	702,407	793,611	1635,252	3322,759	239,239
100,000	550,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,635	162,359	0,095	2,737	13,401	173,255	0,022	5,474	670,045	793,611	1525,193	3167,601	228,067
100,000	550,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,636	174,951	0,095	2,928	12,847	161,952	0,022	5,856	642,330	793,611	1430,790	3034,561	218,488
100,000	550,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,636	187,632	0,096	3,117	12,367	152,114	0,022	6,235	618,362	793,611	1350,645	2920,990	210,311
100,000	550,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,636	200,406	0,096	3,305	11,949	143,474	0,022	6,610	597,464	793,611	1275,108	2816,289	202,773
100,000	550,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,636	213,274	0,096	3,491	11,582	135,825	0,022	6,983	579,110	793,611	1213,337	2728,888	196,480
100,000	550,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,636	226,241	0,097	3,676	11,258	129,007	0,022	7,352	562,892	793,611	1152,765	2645,648	190,487
100,000	550,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,637	239,310	0,097	3,859	10,970	122,890	0,022	7,718	548,483	793,611	1103,299	2576,023	185,474
100,000	550,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,637	252,482	0,098	4,040	10,712	117,372	0,022	8,080	535,622	793,611	1054,693	2509,401	180,677
100,000	550,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,637	265,762	0,098	4,220	10,482	112,369	0,022	8,440	524,096	793,611	1011,193	2449,732	176,381
100,000	550,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,637	279,151	0,098	4,398	10,275	107,812	0,022	8,797	513,730	793,611	974,705	2398,677	172,705
100,000	550,000	6,714	10,250	0,665	6,573	0,638	292,654	0,099	4,575	10,088	103,644	0,022	9,151	504,378	793,611	938,088	2348,894	169,120
100,000	550,000	6,714	10,688	0,662	6,599	0,638	306,271	0,099	4,751	9,918	99,818	0,022	9,501	495,920	793,611	903,164	2302,036	165,747
100,000	550,000	6,714	11,125	0,659	6,627	0,638	320,007	0,100	4,925	9,765	96,292	0,022	9,849	488,253	793,611	872,958	2260,986	162,791
100,000	550,000	6,714	11,563	0,657	6,655	0,638	333,863	0,100	5,097	9,626	93,033	0,022	10,194	481,290	793,611	846,911	2225,062	160,204
100,000	550,000	6,714	12,000	0,654	6,683	0,639	347,843	0,101	5,268	9,499	90,012	0,022	10,536	474,958	793,611	821,677	2190,817	157,739
100,000	550,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,644	173,062	0,126	2,934	12,688	177,556	0,029	5,868	634,390	621,662	1427,997	2867,502	206,460
100,000	550,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,644	188,778	0,126	3,173	12,093	164,151	0,029	6,347	604,646	621,662	1326,749	2723,583	196,098
100,000	550,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,644	204,614	0,127	3,410	11,591	152,743	0,029	6,821	579,526	621,662	1239,230	2600,011	187,201
100,000	550,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,643	220,574	0,128	3,645	11,162	142,916	0,029	7,290	558,079	621,662	1162,084	2492,059	179,428
100,000	550,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,643	236,664	0,128	3,877	10,792	134,363	0,029	7,754	539,596	621,662	1098,881	2402,284	172,964
100,000	550,000	8,571	7,188	0,667	6,402	0,643	252,889	0,129	4,107	10,471	126,852	0,029	8,213	523,542	621,662	1037,784	2318,081	166,902
100,000	550,000	8,571	7,625	0,663	6,424	0,643	269,254	0,129	4,334	10,190	120,202	0,029	8,668	509,506	621,662	987,209	2247,275	161,804

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	550,000	8,571	8,063	0,660	6,448	0,643	285,763	0,130	4,559	9,943	114,274	0,029	9,117	497,165	621,662	941,656	2183,902	157,241
100,000	550,000	8,571	8,500	0,656	6,471	0,643	302,422	0,131	4,781	9,725	108,956	0,029	9,562	486,263	621,662	897,573	2124,044	152,931
100,000	550,000	8,571	8,938	0,653	6,496	0,643	319,236	0,132	5,001	9,532	104,159	0,029	10,003	476,595	621,662	860,919	2073,365	149,282
100,000	550,000	8,571	9,375	0,650	6,521	0,643	336,209	0,132	5,219	9,360	99,809	0,029	10,439	467,991	621,662	830,085	2030,014	146,161
100,000	550,000	8,571	9,813	0,646	6,546	0,643	353,347	0,133	5,435	9,206	95,848	0,029	10,870	460,317	621,662	794,889	1983,614	142,820
100,000	550,000	8,571	10,250	0,643	6,573	0,643	370,654	0,134	5,649	9,069	92,224	0,029	11,297	453,456	621,662	764,513	1943,180	139,909
100,000	550,000	8,571	10,688	0,640	6,599	0,643	388,135	0,135	5,860	8,946	88,897	0,029	11,720	447,315	621,662	738,337	1907,960	137,373
100,000	550,000	8,571	11,125	0,636	6,627	0,642	405,796	0,135	6,069	8,836	85,832	0,029	12,138	441,813	621,662	715,842	1877,316	135,167
100,000	550,000	8,571	11,563	0,633	6,655	0,642	423,641	0,136	6,276	8,738	82,999	0,029	12,553	436,883	621,662	695,535	1849,659	133,175
100,000	550,000	8,571	12,000	0,630	6,683	0,642	441,675	0,137	6,481	8,649	80,372	0,029	12,963	432,466	621,662	670,951	1818,442	130,928
122,857	250,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,488	79,819	0,034	1,094	26,858	373,937	0,010	2,188	1342,891	2337,158	3679,259	7735,443	556,952
122,857	250,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,489	86,959	0,034	1,187	25,139	344,757	0,010	2,374	1256,930	2337,158	3400,414	7341,643	528,598
122,857	250,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,490	94,130	0,034	1,279	23,678	319,924	0,010	2,558	1183,912	2337,158	3162,765	7006,326	504,455
122,857	250,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,490	101,335	0,034	1,371	22,423	298,532	0,010	2,741	1121,150	2337,158	2958,517	6718,108	483,704
122,857	250,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,491	108,574	0,034	1,462	21,333	279,914	0,010	2,923	1066,653	2337,158	2779,822	6466,481	465,587
122,857	250,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,492	115,849	0,035	1,552	20,378	263,562	0,010	3,105	1018,917	2337,158	2623,909	6246,661	449,760
122,857	250,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,492	123,161	0,035	1,643	19,536	249,087	0,010	3,285	976,781	2337,158	2485,758	6052,078	435,750
122,857	250,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,493	130,510	0,035	1,732	18,787	236,182	0,010	3,465	939,336	2337,158	2361,937	5878,088	423,222
122,857	250,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,494	137,898	0,035	1,822	18,117	224,606	0,010	3,643	905,861	2337,158	2250,191	5721,470	411,946
122,857	250,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,494	145,327	0,035	1,910	17,516	214,163	0,010	3,821	875,777	2337,158	2149,143	5580,072	401,765
122,857	250,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,495	152,797	0,035	1,999	16,972	204,695	0,010	3,998	848,611	2337,158	2058,089	5452,561	392,584
122,857	250,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,496	160,308	0,035	2,087	16,480	196,072	0,010	4,174	823,975	2337,158	1976,838	5338,227	384,352
122,857	250,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,497	167,863	0,035	2,174	16,031	188,184	0,010	4,348	801,549	2337,158	1899,128	5230,377	376,587
122,857	250,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,497	175,462	0,036	2,261	15,621	180,942	0,010	4,523	781,062	2337,158	1830,101	5133,796	369,633
122,857	250,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,498	183,106	0,036	2,348	15,246	174,270	0,010	4,696	762,290	2337,158	1765,141	5043,564	363,137
122,857	250,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,499	190,795	0,036	2,434	14,901	168,103	0,010	4,868	745,039	2337,158	1706,360	4961,537	357,231
122,857	250,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,500	198,532	0,036	2,520	14,583	162,385	0,010	5,039	729,145	2337,158	1650,070	4883,807	351,634
122,857	250,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,574	109,977	0,055	1,736	17,904	268,052	0,016	3,473	895,205	1443,539	2357,045	4967,329	357,648
122,857	250,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,574	119,863	0,055	1,882	16,845	247,344	0,016	3,763	842,260	1443,539	2180,585	4717,507	339,660
122,857	250,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,575	129,803	0,055	2,026	15,947	229,720	0,016	4,052	797,358	1443,539	2031,569	4506,254	324,450
122,857	250,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,575	139,799	0,056	2,169	15,177	214,539	0,016	4,339	758,832	1443,539	1903,105	4324,370	311,355
122,857	250,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,576	149,853	0,056	2,312	14,509	201,326	0,016	4,624	725,448	1443,539	1791,032	4165,984	299,951
122,857	250,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,576	159,969	0,056	2,453	13,925	189,721	0,016	4,906	696,270	1443,539	1693,076	4027,529	289,982
122,857	250,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,577	170,146	0,056	2,594	13,412	179,449	0,016	5,187	670,580	1443,539	1607,286	3906,056	281,236
122,857	250,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,577	180,388	0,056	2,733	12,956	170,291	0,016	5,466	647,812	1443,539	1527,232	3794,356	273,194
122,857	250,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,578	190,695	0,057	2,872	12,550	162,075	0,016	5,743	627,521	1443,539	1458,776	3697,671	266,232

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	250,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,579	201,071	0,057	3,009	12,187	154,665	0,016	6,018	609,346	1443,539	1393,924	3607,509	259,741
122,857	250,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,579	211,517	0,057	3,146	11,860	147,945	0,016	6,292	592,995	1443,539	1338,594	3529,381	254,115
122,857	250,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,580	222,034	0,057	3,282	11,565	141,825	0,016	6,563	578,226	1443,539	1283,737	3453,907	248,681
122,857	250,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,580	232,624	0,057	3,417	11,297	136,228	0,016	6,833	564,842	1443,539	1237,316	3388,773	243,992
122,857	250,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,581	243,289	0,058	3,550	11,053	131,088	0,016	7,101	552,674	1443,539	1192,635	3327,053	239,548
122,857	250,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,616	141,533	0,076	2,350	13,964	219,975	0,022	4,700	698,183	1044,262	1763,706	3730,848	268,621
122,857	250,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,617	154,298	0,077	2,544	13,201	203,168	0,022	5,089	660,059	1044,262	1635,252	3547,852	255,445
122,857	250,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,617	167,142	0,077	2,737	12,556	188,863	0,022	5,474	627,794	1044,262	1525,193	3391,609	244,196
122,857	250,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,617	180,067	0,077	2,928	12,004	176,542	0,022	5,856	600,176	1044,262	1430,790	3257,648	234,551
122,857	250,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,618	193,077	0,077	3,117	11,526	165,818	0,022	6,235	576,307	1044,262	1350,645	3143,290	226,317
122,857	250,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,618	206,175	0,078	3,305	11,110	156,399	0,022	6,610	555,509	1044,262	1275,108	3037,911	218,730
122,857	250,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,619	219,363	0,078	3,491	10,745	148,061	0,022	6,983	537,259	1044,262	1213,337	2949,925	212,395
122,857	250,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,619	232,645	0,078	3,676	10,423	140,628	0,022	7,352	521,147	1044,262	1152,765	2866,176	206,365
122,857	250,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,619	246,022	0,078	3,859	10,137	133,961	0,022	7,718	506,848	1044,262	1103,299	2796,110	201,320
122,857	250,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,637	174,752	0,098	2,934	11,785	192,117	0,029	5,868	589,237	818,005	1427,997	3033,253	218,394
122,857	250,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,638	190,558	0,099	3,173	11,192	177,613	0,029	6,347	559,588	818,005	1326,749	2888,331	207,960
122,857	250,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,638	206,471	0,099	3,410	10,691	165,269	0,029	6,821	534,565	818,005	1239,230	2763,919	199,002
122,857	250,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,638	222,495	0,099	3,645	10,264	154,636	0,029	7,290	513,215	818,005	1162,084	2655,259	191,179
122,857	250,000	8,571	6,750	0,670	6,380	0,638	238,633	0,100	3,877	9,897	145,382	0,029	7,754	494,830	818,005	1098,881	2564,881	184,671
122,857	250,000	10,429	5,000	0,669	6,300	0,644	210,536	0,124	3,487	10,445	173,654	0,035	6,975	522,257	672,333	1214,712	2589,966	186,478
122,857	250,000	10,429	5,438	0,665	6,319	0,644	229,650	0,125	3,768	9,963	160,712	0,035	7,537	498,171	672,333	1126,536	2465,324	177,503
122,857	250,000	10,429	5,875	0,660	6,339	0,644	248,908	0,125	4,046	9,558	149,698	0,035	8,091	477,924	672,333	1053,284	2361,365	170,018
122,857	300,000	3,000	5,000	0,729	6,300	0,488	79,819	0,034	1,094	27,252	373,937	0,010	2,188	1362,599	2337,158	3679,259	7755,152	558,371
122,857	300,000	3,000	5,438	0,728	6,319	0,489	86,959	0,034	1,187	25,533	344,757	0,010	2,374	1276,637	2337,158	3400,414	7361,350	530,017
122,857	300,000	3,000	5,875	0,726	6,339	0,490	94,130	0,034	1,279	24,072	319,924	0,010	2,558	1203,618	2337,158	3162,765	7026,032	505,874
122,857	300,000	3,000	6,313	0,724	6,359	0,490	101,335	0,034	1,371	22,817	298,532	0,010	2,741	1140,856	2337,158	2958,517	6737,814	485,123
122,857	300,000	3,000	6,750	0,722	6,380	0,491	108,574	0,034	1,462	21,727	279,914	0,010	2,923	1086,359	2337,158	2779,822	6486,187	467,005
122,857	300,000	3,000	7,188	0,720	6,402	0,492	115,849	0,035	1,552	20,772	263,562	0,010	3,105	1038,624	2337,158	2623,909	6266,368	451,178
122,857	300,000	3,000	7,625	0,718	6,424	0,492	123,161	0,035	1,643	19,930	249,087	0,010	3,285	996,488	2337,158	2485,758	6071,786	437,169
122,857	300,000	3,000	8,063	0,716	6,448	0,493	130,510	0,035	1,732	19,181	236,182	0,010	3,465	959,045	2337,158	2361,937	5897,797	424,641
122,857	300,000	3,000	8,500	0,714	6,471	0,494	137,898	0,035	1,822	18,511	224,606	0,010	3,643	925,572	2337,158	2250,191	5741,180	413,365
122,857	300,000	3,000	8,938	0,713	6,496	0,494	145,327	0,035	1,910	17,910	214,163	0,010	3,821	895,489	2337,158	2149,143	5599,784	403,184
122,857	300,000	3,000	9,375	0,711	6,521	0,495	152,797	0,035	1,999	17,366	204,695	0,010	3,998	868,324	2337,158	2058,089	5472,274	394,004
122,857	300,000	3,000	9,813	0,709	6,546	0,496	160,308	0,035	2,087	16,874	196,072	0,010	4,174	843,690	2337,158	1976,838	5357,941	385,772
122,857	300,000	3,000	10,250	0,707	6,573	0,497	167,863	0,035	2,174	16,425	188,184	0,010	4,348	821,265	2337,158	1899,128	5250,093	378,007
122,857	300,000	3,000	10,688	0,705	6,599	0,497	175,462	0,036	2,261	16,016	180,942	0,010	4,523	800,780	2337,158	1830,101	5153,514	371,053

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	300,000	3,000	11,125	0,703	6,627	0,498	183,106	0,036	2,348	15,640	174,270	0,010	4,696	782,008	2337,158	1765,141	5063,282	364,556
122,857	300,000	3,000	11,563	0,702	6,655	0,499	190,795	0,036	2,434	15,295	168,103	0,010	4,868	764,758	2337,158	1706,360	4981,257	358,650
122,857	300,000	3,000	12,000	0,700	6,683	0,500	198,532	0,036	2,520	14,977	162,385	0,010	5,039	748,864	2337,158	1650,070	4903,527	353,054
122,857	300,000	4,857	5,000	0,715	6,300	0,574	109,977	0,055	1,736	18,237	268,052	0,016	3,473	911,842	1443,539	2357,045	4983,966	358,846
122,857	300,000	4,857	5,438	0,712	6,319	0,574	119,863	0,055	1,882	17,178	247,344	0,016	3,763	858,887	1443,539	2180,585	4734,134	340,858
122,857	300,000	4,857	5,875	0,710	6,339	0,575	129,803	0,055	2,026	16,280	229,720	0,016	4,052	813,976	1443,539	2031,569	4522,873	325,647
122,857	300,000	4,857	6,313	0,708	6,359	0,575	139,799	0,056	2,169	15,509	214,539	0,016	4,339	775,442	1443,539	1903,105	4340,979	312,550
122,857	300,000	4,857	6,750	0,705	6,380	0,576	149,853	0,056	2,312	14,841	201,326	0,016	4,624	742,048	1443,539	1791,032	4182,584	301,146
122,857	300,000	4,857	7,188	0,703	6,402	0,576	159,969	0,056	2,453	14,257	189,721	0,016	4,906	712,861	1443,539	1693,076	4044,120	291,177
122,857	300,000	4,857	7,625	0,700	6,424	0,577	170,146	0,056	2,594	13,743	179,449	0,016	5,187	687,160	1443,539	1607,286	3922,637	282,430
122,857	300,000	4,857	8,063	0,698	6,448	0,577	180,388	0,056	2,733	13,288	170,291	0,016	5,466	664,383	1443,539	1527,232	3810,927	274,387
122,857	300,000	4,857	8,500	0,696	6,471	0,578	190,695	0,057	2,872	12,882	162,075	0,016	5,743	644,081	1443,539	1458,776	3714,231	267,425
122,857	300,000	4,857	8,938	0,693	6,496	0,579	201,071	0,057	3,009	12,518	154,665	0,016	6,018	625,895	1443,539	1393,924	3624,057	260,932
122,857	300,000	4,857	9,375	0,691	6,521	0,579	211,517	0,057	3,146	12,191	147,945	0,016	6,292	609,531	1443,539	1338,594	3545,917	255,306
122,857	300,000	4,857	9,813	0,689	6,546	0,580	222,034	0,057	3,282	11,895	141,825	0,016	6,563	594,750	1443,539	1283,737	3470,430	249,871
122,857	300,000	4,857	10,250	0,686	6,573	0,580	232,624	0,057	3,417	11,627	136,228	0,016	6,833	581,351	1443,539	1237,316	3405,282	245,180
122,857	300,000	4,857	10,688	0,684	6,599	0,581	243,289	0,058	3,550	11,383	131,088	0,016	7,101	569,168	1443,539	1192,635	3343,547	240,735
122,857	300,000	4,857	11,125	0,682	6,627	0,582	254,030	0,058	3,684	11,161	126,353	0,016	7,367	558,061	1443,539	1150,475	3285,811	236,578
122,857	300,000	4,857	11,563	0,679	6,655	0,582	264,850	0,058	3,816	10,958	121,976	0,016	7,631	547,910	1443,539	1114,074	3235,147	232,931
122,857	300,000	4,857	12,000	0,677	6,683	0,583	275,749	0,058	3,947	10,772	117,919	0,016	7,894	538,613	1443,539	1080,174	3188,155	229,547
122,857	300,000	6,714	5,000	0,700	6,300	0,616	141,533	0,076	2,350	14,271	219,975	0,022	4,700	713,532	1044,262	1763,706	3746,198	269,726
122,857	300,000	6,714	5,438	0,697	6,319	0,617	154,298	0,077	2,544	13,508	203,168	0,022	5,089	675,387	1044,262	1635,252	3563,180	256,549
122,857	300,000	6,714	5,875	0,694	6,339	0,617	167,142	0,077	2,737	12,862	188,863	0,022	5,474	643,101	1044,262	1525,193	3406,916	245,298
122,857	300,000	6,714	6,313	0,691	6,359	0,617	180,067	0,077	2,928	12,309	176,542	0,022	5,856	615,460	1044,262	1430,790	3272,933	235,651
122,857	300,000	6,714	6,750	0,688	6,380	0,618	193,077	0,077	3,117	11,831	165,818	0,022	6,235	591,569	1044,262	1350,645	3158,551	227,416
122,857	300,000	6,714	7,188	0,685	6,402	0,618	206,175	0,078	3,305	11,415	156,399	0,022	6,610	570,747	1044,262	1275,108	3053,148	219,827
122,857	300,000	6,714	7,625	0,682	6,424	0,619	219,363	0,078	3,491	11,049	148,061	0,022	6,983	552,471	1044,262	1213,337	2965,136	213,490
122,857	300,000	6,714	8,063	0,679	6,448	0,619	232,645	0,078	3,676	10,727	140,628	0,022	7,352	536,331	1044,262	1152,765	2881,361	207,458
122,857	300,000	6,714	8,500	0,676	6,471	0,619	246,022	0,078	3,859	10,440	133,961	0,022	7,718	522,003	1044,262	1103,299	2811,265	202,411
122,857	300,000	6,714	8,938	0,673	6,496	0,620	259,499	0,079	4,040	10,185	127,946	0,022	8,080	509,225	1044,262	1054,693	2744,229	197,584
122,857	300,000	6,714	9,375	0,670	6,521	0,620	273,077	0,079	4,220	9,956	122,492	0,022	8,440	497,784	1044,262	1011,193	2684,194	193,262
122,857	300,000	6,714	9,813	0,668	6,546	0,620	286,759	0,079	4,398	9,750	117,525	0,022	8,797	487,506	1044,262	974,705	2632,817	189,563
122,857	300,000	8,571	5,000	0,685	6,300	0,637	174,752	0,098	2,934	12,079	192,117	0,029	5,868	603,932	818,005	1427,997	3047,947	219,452
122,857	300,000	8,571	5,438	0,681	6,319	0,638	190,558	0,099	3,173	11,485	177,613	0,029	6,347	574,247	818,005	1326,749	2902,990	209,015
122,857	300,000	8,571	5,875	0,677	6,339	0,638	206,471	0,099	3,410	10,984	165,269	0,029	6,821	549,187	818,005	1239,230	2778,541	200,055
122,857	300,000	8,571	6,313	0,674	6,359	0,638	222,495	0,099	3,645	10,556	154,636	0,029	7,290	527,797	818,005	1162,084	2669,841	192,229

Mt, kN	N, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	ES	CO
100,00	441,675	8,571	12,000	1810,572	130,361
122,85	537,026	10,429	12,000	1749,452	125,961
145,71	530,874	12,286	10,250	1809,002	130,248
168,57	526,378	14,143	8,938	1871,640	134,758
191,42	527,820	14,143	8,938	2029,876	146,151
214,28	532,752	14,143	8,938	2189,001	157,608
237,14	539,386	14,143	8,938	2337,410	168,294
260,00	547,030	14,143	8,938	2463,108	177,344

Расчеты закончены

Приложение Г

Расчет оптимальных параметров агрегата

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, Ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	200,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	42,185	307,691	0,007	1,417	2109,260	266,426	7029,119	9713,920	699,402
100,000	200,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	40,277	289,916	0,007	1,504	2013,842	266,426	6630,598	9202,293	662,565
100,000	200,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	38,585	274,115	0,007	1,591	1929,257	266,426	6276,940	8748,336	629,880
100,000	200,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	37,076	259,978	0,007	1,677	1853,803	266,426	5960,375	8342,266	600,643
100,000	200,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	35,722	247,254	0,007	1,763	1786,116	266,426	5675,153	7976,720	574,324
100,000	200,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	34,502	235,742	0,007	1,850	1725,094	266,426	5417,624	7646,743	550,565
100,000	200,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	33,397	225,277	0,007	1,935	1669,833	266,426	5182,932	7346,410	528,942
100,000	200,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	32,392	215,721	0,007	2,021	1619,588	266,426	4969,469	7073,234	509,273
100,000	200,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	31,475	206,962	0,007	2,107	1573,739	266,426	4772,368	6821,608	491,156
100,000	200,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	30,635	198,904	0,007	2,192	1531,762	266,426	4591,544	6590,836	474,540
100,000	200,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	29,864	191,466	0,007	2,277	1493,217	266,426	4424,745	6378,139	459,226
100,000	200,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	29,155	184,578	0,007	2,362	1457,728	266,426	4270,246	6181,348	445,057
100,000	200,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	28,499	178,183	0,007	2,447	1424,973	266,426	4126,756	5998,792	431,913
100,000	200,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	30,945	220,660	0,010	2,054	1547,275	177,618	4891,004	6838,621	492,381
100,000	200,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	29,672	207,964	0,010	2,180	1483,617	177,618	4617,331	6488,719	467,188
100,000	200,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	28,546	196,678	0,010	2,305	1427,317	177,618	4374,530	6178,457	444,849
100,000	200,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	27,544	186,580	0,010	2,429	1377,225	177,618	4156,099	5899,961	424,797
100,000	200,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	26,648	177,492	0,010	2,554	1332,417	177,618	3959,604	5649,694	406,778
100,000	200,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	25,843	169,270	0,010	2,678	1292,148	177,618	3782,203	5423,925	390,523
100,000	200,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	25,600	177,714	0,013	2,644	1280,001	133,213	3829,546	5423,131	390,465
100,000	250,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	43,378	307,691	0,007	1,417	2168,910	266,426	7029,119	9773,570	703,697
100,000	250,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	41,471	289,916	0,007	1,504	2073,532	266,426	6630,598	9261,983	666,863
100,000	250,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	39,780	274,115	0,007	1,591	1988,989	266,426	6276,940	8808,067	634,181
100,000	250,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	38,272	259,978	0,007	1,677	1913,579	266,426	5960,375	8402,042	604,947
100,000	250,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	36,919	247,254	0,007	1,763	1845,937	266,426	5675,153	8036,541	578,631
100,000	250,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	35,699	235,742	0,007	1,850	1784,962	266,426	5417,624	7706,611	554,876
100,000	250,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	34,595	225,277	0,007	1,935	1729,749	266,426	5182,932	7406,327	533,256
100,000	250,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	33,591	215,721	0,007	2,021	1679,554	266,426	4969,469	7133,199	513,590
100,000	250,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	32,675	206,962	0,007	2,107	1633,754	266,426	4772,368	6881,624	495,477
100,000	250,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	31,837	198,904	0,007	2,192	1591,829	266,426	4591,544	6650,902	478,865
100,000	250,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	31,067	191,466	0,007	2,277	1553,335	266,426	4424,745	6438,257	463,554
100,000	250,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	30,358	184,578	0,007	2,362	1517,898	266,426	4270,246	6241,517	449,389
100,000	250,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	29,704	178,183	0,007	2,447	1485,194	266,426	4126,756	6059,013	436,249
100,000	250,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	29,099	172,228	0,007	2,532	1454,945	266,426	3993,343	5889,481	424,043

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Еper	Е_upr	Еtsm	Еup	Еua	ES	CO2
100,000	250,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	28,538	166,671	0,007	2,616	1426,912	266,426	3869,371	5732,003	412,704
100,000	250,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	28,018	161,472	0,007	2,700	1400,884	266,426	3752,485	5583,974	402,046
100,000	250,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	27,534	156,598	0,007	2,784	1376,678	266,426	3642,197	5444,691	392,018
100,000	250,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	32,047	220,660	0,010	2,054	1602,349	177,618	4891,004	6893,695	496,346
100,000	250,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	30,774	207,964	0,010	2,180	1538,700	177,618	4617,331	6543,802	471,154
100,000	250,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	29,648	196,678	0,010	2,305	1482,410	177,618	4374,530	6233,550	448,816
100,000	250,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	28,647	186,580	0,010	2,429	1432,326	177,618	4156,099	5955,062	428,764
100,000	250,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	27,751	177,492	0,010	2,554	1387,526	177,618	3959,604	5704,803	410,746
100,000	250,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	26,945	169,270	0,010	2,678	1347,264	177,618	3782,203	5479,042	394,491
100,000	250,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	26,219	161,795	0,010	2,801	1310,929	177,618	3620,799	5273,952	379,725
100,000	250,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	25,560	154,970	0,010	2,925	1278,018	177,618	3473,169	5086,709	366,243
100,000	250,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	24,962	148,713	0,010	3,048	1248,109	177,618	3337,777	4915,275	353,900
100,000	250,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	24,417	142,957	0,010	3,171	1220,851	177,618	3213,634	4758,241	342,593
100,000	250,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	26,675	177,714	0,013	2,644	1333,732	133,213	3829,546	5476,862	394,334
100,000	250,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	25,725	167,533	0,013	2,804	1286,260	133,213	3617,523	5207,347	374,929
100,000	250,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	24,889	158,483	0,013	2,964	1244,431	133,213	3429,766	4968,871	357,759
100,000	250,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	24,147	150,386	0,013	3,124	1207,368	133,213	3261,435	4755,539	342,399
100,000	250,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	23,487	143,098	0,013	3,283	1174,371	133,213	3109,153	4563,131	328,545
100,000	300,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	44,167	307,691	0,007	1,417	2208,347	266,426	7029,119	9813,007	706,536
100,000	300,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	42,259	289,916	0,007	1,504	2112,973	266,426	6630,598	9301,424	669,703
100,000	300,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	40,569	274,115	0,007	1,591	2028,437	266,426	6276,940	8847,515	637,021
100,000	300,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	39,061	259,978	0,007	1,677	1953,034	266,426	5960,375	8441,497	607,788
100,000	300,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	37,708	247,254	0,007	1,763	1885,401	266,426	5675,153	8076,005	581,472
100,000	300,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	36,489	235,742	0,007	1,850	1824,434	266,426	5417,624	7746,083	557,718
100,000	300,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	35,385	225,277	0,007	1,935	1769,231	266,426	5182,932	7445,809	536,098
100,000	300,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	34,381	215,721	0,007	2,021	1719,046	266,426	4969,469	7172,691	516,434
100,000	300,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	33,465	206,962	0,007	2,107	1673,257	266,426	4772,368	6921,127	498,321
100,000	300,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	32,627	198,904	0,007	2,192	1631,342	266,426	4591,544	6690,416	481,710
100,000	300,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	31,857	191,466	0,007	2,277	1592,859	266,426	4424,745	6477,781	466,400
100,000	300,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	31,149	184,578	0,007	2,362	1557,433	266,426	4270,246	6281,053	452,236
100,000	300,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	30,495	178,183	0,007	2,447	1524,740	266,426	4126,756	6098,559	439,096
100,000	300,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	29,890	172,228	0,007	2,532	1494,502	266,426	3993,343	5929,038	426,891
100,000	300,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	29,330	166,671	0,007	2,616	1466,479	266,426	3869,371	5771,570	415,553
100,000	300,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	28,809	161,472	0,007	2,700	1440,461	266,426	3752,485	5623,551	404,896
100,000	300,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	28,325	156,598	0,007	2,784	1416,264	266,426	3642,197	5484,277	394,868

100,000	300,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	32,773	220,660	0,010	2,054	1638,639	177,618	4891,004	6929,985	498,959
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Еper	Е_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	300,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	31,499	207,964	0,010	2,180	1574,968	177,618	4617,331	6580,070	473,765
100,000	300,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	30,373	196,678	0,010	2,305	1518,656	177,618	4374,530	6269,796	451,425
100,000	300,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	29,371	186,580	0,010	2,429	1468,549	177,618	4156,099	5991,286	431,373
100,000	300,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	28,475	177,492	0,010	2,554	1423,727	177,618	3959,604	5741,004	413,352
100,000	300,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	27,669	169,270	0,010	2,678	1383,441	177,618	3782,203	5515,219	397,096
100,000	300,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	26,942	161,795	0,010	2,801	1347,082	177,618	3620,799	5310,105	382,328
100,000	300,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	26,283	154,970	0,010	2,925	1314,144	177,618	3473,169	5122,836	368,844
100,000	300,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	25,684	148,713	0,010	3,048	1284,209	177,618	3337,777	4951,374	356,499
100,000	300,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	25,138	142,957	0,010	3,171	1256,921	177,618	3213,634	4794,311	345,190
100,000	300,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	24,640	137,644	0,010	3,293	1231,984	177,618	3100,194	4650,744	334,854
100,000	300,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	24,183	132,725	0,010	3,415	1209,143	177,618	2992,136	4515,047	325,083
100,000	300,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	23,764	128,157	0,010	3,537	1188,180	177,618	2893,113	4390,614	316,124
100,000	300,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	23,378	123,904	0,010	3,658	1168,907	177,618	2802,261	4276,357	307,898
100,000	300,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	23,023	119,934	0,010	3,779	1151,161	177,618	2714,635	4167,137	300,034
100,000	300,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	27,380	177,714	0,013	2,644	1369,005	133,213	3829,546	5512,136	396,874
100,000	300,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	26,430	167,533	0,013	2,804	1321,477	133,213	3617,523	5242,563	377,465
100,000	300,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	25,592	158,483	0,013	2,964	1279,589	133,213	3429,766	5004,029	360,290
100,000	300,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	24,849	150,386	0,013	3,124	1242,465	133,213	3261,435	4790,636	344,926
100,000	300,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	24,188	143,098	0,013	3,283	1209,402	133,213	3109,153	4598,163	331,068
100,000	300,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	23,597	136,504	0,013	3,442	1179,834	133,213	2970,658	4423,665	318,504
100,000	300,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	23,066	130,510	0,013	3,600	1153,295	133,213	2844,546	4265,178	307,093
100,000	300,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	22,588	125,037	0,013	3,757	1129,403	133,213	2730,078	4121,502	296,748
100,000	350,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	44,727	307,691	0,007	1,417	2236,358	266,426	7029,119	9841,018	708,553
100,000	350,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	42,820	289,916	0,007	1,504	2140,978	266,426	6630,598	9329,429	671,719
100,000	350,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	41,129	274,115	0,007	1,591	2056,436	266,426	6276,940	8875,514	639,037
100,000	350,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	39,621	259,978	0,007	1,677	1981,027	266,426	5960,375	8469,490	609,803
100,000	350,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	38,268	247,254	0,007	1,763	1913,390	266,426	5675,153	8103,994	583,488
100,000	350,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	37,048	235,742	0,007	1,850	1852,419	266,426	5417,624	7774,068	559,733
100,000	350,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	35,944	225,277	0,007	1,935	1797,213	266,426	5182,932	7473,790	538,113
100,000	350,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	34,940	215,721	0,007	2,021	1747,024	266,426	4969,469	7200,670	518,448
100,000	350,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	34,025	206,962	0,007	2,107	1701,232	266,426	4772,368	6949,102	500,335
100,000	350,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	33,186	198,904	0,007	2,192	1659,315	266,426	4591,544	6718,388	483,724
100,000	350,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	32,417	191,466	0,007	2,277	1620,830	266,426	4424,745	6505,751	468,414
100,000	350,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	31,708	184,578	0,007	2,362	1585,400	266,426	4270,246	6309,020	454,249
100,000	350,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	31,054	178,183	0,007	2,447	1552,705	266,426	4126,756	6126,524	441,110

100,000	350,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	30,449	172,228	0,007	2,532	1522,464	266,426	3993,343	5957,000	428,904
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Вр, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Еper	Е_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	350,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	29,889	166,671	0,007	2,616	1494,438	266,426	3869,371	5799,529	417,566
100,000	350,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	29,368	161,472	0,007	2,700	1468,416	266,426	3752,485	5651,506	406,908
100,000	350,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	28,884	156,598	0,007	2,784	1444,215	266,426	3642,197	5512,228	396,880
100,000	350,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	33,287	220,660	0,010	2,054	1664,357	177,618	4891,004	6955,704	500,811
100,000	350,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	32,013	207,964	0,010	2,180	1600,658	177,618	4617,331	6605,760	475,615
100,000	350,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	30,886	196,678	0,010	2,305	1544,317	177,618	4374,530	6295,457	453,273
100,000	350,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	29,884	186,580	0,010	2,429	1494,182	177,618	4156,099	6016,919	433,218
100,000	350,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	28,987	177,492	0,010	2,554	1449,331	177,618	3959,604	5766,608	415,196
100,000	350,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	28,180	169,270	0,010	2,678	1409,015	177,618	3782,203	5540,793	398,937
100,000	350,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	27,453	161,795	0,010	2,801	1372,626	177,618	3620,799	5335,649	384,167
100,000	350,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	26,793	154,970	0,010	2,925	1339,657	177,618	3473,169	5148,349	370,681
100,000	350,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	26,194	148,713	0,010	3,048	1309,689	177,618	3337,777	4976,855	358,334
100,000	350,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	25,647	142,957	0,010	3,171	1282,369	177,618	3213,634	4819,758	347,023
100,000	350,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	25,148	137,644	0,010	3,293	1257,397	177,618	3100,194	4676,157	336,683
100,000	350,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	24,690	132,725	0,010	3,415	1234,520	177,618	2992,136	4540,424	326,911
100,000	350,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	24,270	128,157	0,010	3,537	1213,519	177,618	2893,113	4415,953	317,949
100,000	350,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	23,884	123,904	0,010	3,658	1194,206	177,618	2802,261	4301,657	309,719
100,000	350,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	23,528	119,934	0,010	3,779	1176,419	177,618	2714,635	4192,395	301,852
100,000	350,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,638	303,235	0,099	1,950	23,200	116,221	0,010	3,900	1160,016	177,618	2636,258	4094,023	294,770
100,000	350,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,638	314,083	0,099	2,010	22,897	112,740	0,010	4,020	1144,873	177,618	2558,526	3997,786	287,841
100,000	350,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	27,879	177,714	0,013	2,644	1393,944	133,213	3829,546	5537,074	398,669
100,000	350,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	26,927	167,533	0,013	2,804	1346,359	133,213	3617,523	5267,445	379,256
100,000	350,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	26,088	158,483	0,013	2,964	1304,413	133,213	3429,766	5028,854	362,077
100,000	350,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	25,345	150,386	0,013	3,124	1267,230	133,213	3261,435	4815,401	346,709
100,000	350,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	24,682	143,098	0,013	3,283	1234,106	133,213	3109,153	4622,866	332,846
100,000	350,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	24,089	136,504	0,013	3,442	1204,474	133,213	2970,658	4448,305	320,278
100,000	350,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	23,557	130,510	0,013	3,600	1177,869	133,213	2844,546	4289,752	308,862
100,000	350,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	23,078	125,037	0,013	3,757	1153,907	133,213	2730,078	4146,006	298,512
100,000	350,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,642	303,325	0,137	1,957	22,645	120,021	0,013	3,914	1132,270	133,213	2627,040	4016,471	289,186
100,000	350,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,642	317,088	0,138	2,035	22,254	115,405	0,013	4,071	1112,688	133,213	2528,457	3893,848	280,357
100,000	350,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,642	330,974	0,139	2,113	21,899	111,145	0,013	4,227	1094,936	133,213	2439,806	3783,340	272,401
100,000	350,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	344,987	0,140	2,191	21,576	107,200	0,013	4,382	1078,821	133,213	2356,817	3680,447	264,992
100,000	400,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	45,146	307,691	0,007	1,417	2257,281	266,426	7029,119	9861,941	710,060
100,000	400,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	43,238	289,916	0,007	1,504	2161,891	266,426	6630,598	9350,342	673,225
100,000	400,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	41,547	274,115	0,007	1,591	2077,339	266,426	6276,940	8896,417	640,542

100,000	400,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	40,038	259,978	0,007	1,677	2001,921	266,426	5960,375	8490,384	611,308
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	400,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	38,685	247,254	0,007	1,763	1934,275	266,426	5675,153	8124,879	584,991
100,000	400,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	37,466	235,742	0,007	1,850	1873,296	266,426	5417,624	7794,945	561,236
100,000	400,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	36,362	225,277	0,007	1,935	1818,081	266,426	5182,932	7494,659	539,615
100,000	400,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	35,358	215,721	0,007	2,021	1767,885	266,426	4969,469	7221,530	519,950
100,000	400,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	34,442	206,962	0,007	2,107	1722,086	266,426	4772,368	6969,955	501,837
100,000	400,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	33,603	198,904	0,007	2,192	1680,160	266,426	4591,544	6739,234	485,225
100,000	400,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	32,833	191,466	0,007	2,277	1641,668	266,426	4424,745	6526,589	469,914
100,000	400,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	32,125	184,578	0,007	2,362	1606,231	266,426	4270,246	6329,851	455,749
100,000	400,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	31,471	178,183	0,007	2,447	1573,528	266,426	4126,756	6147,347	442,609
100,000	400,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	30,866	172,228	0,007	2,532	1543,280	266,426	3993,343	5977,815	430,403
100,000	400,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	30,305	166,671	0,007	2,616	1515,246	266,426	3869,371	5820,337	419,064
100,000	400,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	29,784	161,472	0,007	2,700	1489,216	266,426	3752,485	5672,306	408,406
100,000	400,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	29,300	156,598	0,007	2,784	1465,006	266,426	3642,197	5533,019	398,377
100,000	400,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	33,671	220,660	0,010	2,054	1683,538	177,618	4891,004	6974,885	502,192
100,000	400,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	32,396	207,964	0,010	2,180	1619,811	177,618	4617,331	6624,913	476,994
100,000	400,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	31,269	196,678	0,010	2,305	1563,442	177,618	4374,530	6314,582	454,650
100,000	400,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	30,266	186,580	0,010	2,429	1513,279	177,618	4156,099	6036,016	434,593
100,000	400,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	29,368	177,492	0,010	2,554	1468,399	177,618	3959,604	5785,676	416,569
100,000	400,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	28,561	169,270	0,010	2,678	1428,055	177,618	3782,203	5559,832	400,308
100,000	400,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	27,833	161,795	0,010	2,801	1391,636	177,618	3620,799	5354,659	385,535
100,000	400,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	27,173	154,970	0,010	2,925	1358,638	177,618	3473,169	5167,329	372,048
100,000	400,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	26,573	148,713	0,010	3,048	1328,639	177,618	3337,777	4995,805	359,698
100,000	400,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	26,026	142,957	0,010	3,171	1301,287	177,618	3213,634	4838,677	348,385
100,000	400,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	25,526	137,644	0,010	3,293	1276,283	177,618	3100,194	4695,043	338,043
100,000	400,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	25,067	132,725	0,010	3,415	1253,373	177,618	2992,136	4559,277	328,268
100,000	400,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	24,647	128,157	0,010	3,537	1232,337	177,618	2893,113	4434,771	319,304
100,000	400,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	24,260	123,904	0,010	3,658	1212,989	177,618	2802,261	4320,440	311,072
100,000	400,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	23,903	119,934	0,010	3,779	1195,165	177,618	2714,635	4211,140	303,202
100,000	400,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,638	303,235	0,099	1,950	23,574	116,221	0,010	3,900	1178,723	177,618	2636,258	4112,730	296,117
100,000	400,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,638	314,083	0,099	2,010	23,271	112,740	0,010	4,020	1163,540	177,618	2558,526	4016,453	289,185
100,000	400,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	28,250	177,714	0,013	2,644	1412,511	133,213	3829,546	5555,641	400,006
100,000	400,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	27,298	167,533	0,013	2,804	1364,875	133,213	3617,523	5285,962	380,589
100,000	400,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	26,458	158,483	0,013	2,964	1322,879	133,213	3429,766	5047,319	363,407
100,000	400,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	25,713	150,386	0,013	3,124	1285,643	133,213	3261,435	4833,814	348,035
100,000	400,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	25,049	143,098	0,013	3,283	1252,466	133,213	3109,153	4641,226	334,168

100,000	400,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	24,456	136,504	0,013	3,442	1222,778	133,213	2970,658	4466,609	321,596
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	400,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	23,922	130,510	0,013	3,600	1196,116	133,213	2844,546	4307,999	310,176
100,000	400,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	23,442	125,037	0,013	3,757	1172,096	133,213	2730,078	4164,194	299,822
100,000	400,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,642	303,325	0,137	1,957	23,008	120,021	0,013	3,914	1150,397	133,213	2627,040	4034,598	290,491
100,000	400,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,642	317,088	0,138	2,035	22,615	115,405	0,013	4,071	1130,752	133,213	2528,457	3911,911	281,658
100,000	400,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,642	330,974	0,139	2,113	22,259	111,145	0,013	4,227	1112,933	133,213	2439,806	3801,337	273,696
100,000	400,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	344,987	0,140	2,191	21,935	107,200	0,013	4,382	1096,749	133,213	2356,817	3698,375	266,283
100,000	450,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	45,470	307,691	0,007	1,417	2273,505	266,426	7029,119	9878,165	711,228
100,000	450,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	43,562	289,916	0,007	1,504	2178,103	266,426	6630,598	9366,554	674,392
100,000	450,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	41,871	274,115	0,007	1,591	2093,541	266,426	6276,940	8912,619	641,709
100,000	450,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	40,362	259,978	0,007	1,677	2018,113	266,426	5960,375	8506,576	612,473
100,000	450,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	39,009	247,254	0,007	1,763	1950,457	266,426	5675,153	8141,061	586,156
100,000	450,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	37,789	235,742	0,007	1,850	1889,468	266,426	5417,624	7811,117	562,400
100,000	450,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	36,685	225,277	0,007	1,935	1834,244	266,426	5182,932	7510,821	540,779
100,000	450,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	35,681	215,721	0,007	2,021	1784,039	266,426	4969,469	7237,684	521,113
100,000	450,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	34,765	206,962	0,007	2,107	1738,230	266,426	4772,368	6986,100	502,999
100,000	450,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	33,926	198,904	0,007	2,192	1696,296	266,426	4591,544	6755,369	486,387
100,000	450,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	33,156	191,466	0,007	2,277	1657,794	266,426	4424,745	6542,716	471,076
100,000	450,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	32,447	184,578	0,007	2,362	1622,349	266,426	4270,246	6345,969	456,910
100,000	450,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	31,793	178,183	0,007	2,447	1589,636	266,426	4126,756	6163,455	443,769
100,000	450,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	31,188	172,228	0,007	2,532	1559,379	266,426	3993,343	5993,915	431,562
100,000	450,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	30,627	166,671	0,007	2,616	1531,336	266,426	3869,371	5836,427	420,223
100,000	450,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	30,106	161,472	0,007	2,700	1505,297	266,426	3752,485	5688,387	409,564
100,000	450,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	29,622	156,598	0,007	2,784	1481,077	266,426	3642,197	5549,090	399,534
100,000	450,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	33,968	220,660	0,010	2,054	1698,393	177,618	4891,004	6989,740	503,261
100,000	450,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	32,693	207,964	0,010	2,180	1634,640	177,618	4617,331	6639,742	478,061
100,000	450,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	31,565	196,678	0,010	2,305	1578,246	177,618	4374,530	6329,386	455,716
100,000	450,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	30,561	186,580	0,010	2,429	1528,057	177,618	4156,099	6050,794	435,657
100,000	450,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	29,663	177,492	0,010	2,554	1483,151	177,618	3959,604	5800,428	417,631
100,000	450,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	28,856	169,270	0,010	2,678	1442,781	177,618	3782,203	5574,559	401,368
100,000	450,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	28,127	161,795	0,010	2,801	1406,336	177,618	3620,799	5369,359	386,594
100,000	450,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	27,466	154,970	0,010	2,925	1373,311	177,618	3473,169	5182,002	373,104
100,000	450,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	26,866	148,713	0,010	3,048	1343,285	177,618	3337,777	5010,450	360,752
100,000	450,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	26,318	142,957	0,010	3,171	1315,905	177,618	3213,634	4853,294	349,437
100,000	450,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	25,817	137,644	0,010	3,293	1290,872	177,618	3100,194	4709,632	339,093
100,000	450,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	25,359	132,725	0,010	3,415	1267,932	177,618	2992,136	4573,836	329,316

100,000	450,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	24,937	128,157	0,010	3,537	1246,867	177,618	2893,113	4449,301	320,350
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	450,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	24,550	123,904	0,010	3,658	1227,487	177,618	2802,261	4334,938	312,116
100,000	450,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	24,193	119,934	0,010	3,779	1209,631	177,618	2714,635	4225,607	304,244
100,000	450,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,638	303,235	0,099	1,950	23,863	116,221	0,010	3,900	1193,156	177,618	2636,258	4127,163	297,156
100,000	450,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,638	314,083	0,099	2,010	23,559	112,740	0,010	4,020	1177,938	177,618	2558,526	4030,852	290,221
100,000	450,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	28,537	177,714	0,013	2,644	1426,872	133,213	3829,546	5570,002	401,040
100,000	450,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	27,584	167,533	0,013	2,804	1379,194	133,213	3617,523	5300,280	381,620
100,000	450,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	26,743	158,483	0,013	2,964	1337,153	133,213	3429,766	5061,593	364,435
100,000	450,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	25,997	150,386	0,013	3,124	1299,872	133,213	3261,435	4848,043	349,059
100,000	450,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	25,333	143,098	0,013	3,283	1266,648	133,213	3109,153	4655,408	335,189
100,000	450,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	24,738	136,504	0,013	3,442	1236,914	133,213	2970,658	4480,744	322,614
100,000	450,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	24,204	130,510	0,013	3,600	1210,203	133,213	2844,546	4322,085	311,190
100,000	450,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	23,723	125,037	0,013	3,757	1186,132	133,213	2730,078	4178,231	300,833
100,000	450,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,642	303,325	0,137	1,957	23,288	120,021	0,013	3,914	1164,382	133,213	2627,040	4048,583	291,498
100,000	450,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,642	317,088	0,138	2,035	22,894	115,405	0,013	4,071	1144,684	133,213	2528,457	3925,843	282,661
100,000	450,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,642	330,974	0,139	2,113	22,536	111,145	0,013	4,227	1126,811	133,213	2439,806	3815,215	274,695
100,000	450,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	344,987	0,140	2,191	22,211	107,200	0,013	4,382	1110,569	133,213	2356,817	3712,195	267,278
100,000	500,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	45,729	307,691	0,007	1,417	2286,453	266,426	7029,119	9891,113	712,160
100,000	500,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	43,821	289,916	0,007	1,504	2191,041	266,426	6630,598	9379,491	675,323
100,000	500,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	42,129	274,115	0,007	1,591	2106,467	266,426	6276,940	8925,546	642,639
100,000	500,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	40,621	259,978	0,007	1,677	2031,029	266,426	5960,375	8519,492	613,403
100,000	500,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	39,267	247,254	0,007	1,763	1963,363	266,426	5675,153	8153,967	587,086
100,000	500,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	38,047	235,742	0,007	1,850	1902,365	266,426	5417,624	7824,014	563,329
100,000	500,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	36,943	225,277	0,007	1,935	1847,131	266,426	5182,932	7523,709	541,707
100,000	500,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	35,938	215,721	0,007	2,021	1796,917	266,426	4969,469	7250,562	522,040
100,000	500,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	35,022	206,962	0,007	2,107	1751,099	266,426	4772,368	6998,969	503,926
100,000	500,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	34,183	198,904	0,007	2,192	1709,156	266,426	4591,544	6768,229	487,313
100,000	500,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	33,413	191,466	0,007	2,277	1670,645	266,426	4424,745	6555,567	472,001
100,000	500,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	32,704	184,578	0,007	2,362	1635,190	266,426	4270,246	6358,810	457,834
100,000	500,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	32,049	178,183	0,007	2,447	1602,469	266,426	4126,756	6176,288	444,693
100,000	500,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	31,444	172,228	0,007	2,532	1572,203	266,426	3993,343	6006,739	432,485
100,000	500,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	30,883	166,671	0,007	2,616	1544,150	266,426	3869,371	5849,241	421,145
100,000	500,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	30,362	161,472	0,007	2,700	1518,102	266,426	3752,485	5701,192	410,486
100,000	500,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	29,877	156,598	0,007	2,784	1493,873	266,426	3642,197	5561,886	400,456
100,000	500,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	34,205	220,660	0,010	2,054	1710,238	177,618	4891,004	7001,585	504,114
100,000	500,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	32,929	207,964	0,010	2,180	1646,462	177,618	4617,331	6651,564	478,913

100,000	500,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	31,801	196,678	0,010	2,305	1590,045	177,618	4374,530	6341,185	456,565
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	500,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	30,797	186,580	0,010	2,429	1539,834	177,618	4156,099	6062,570	436,505
100,000	500,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	29,898	177,492	0,010	2,554	1494,904	177,618	3959,604	5812,182	418,477
100,000	500,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	29,090	169,270	0,010	2,678	1454,511	177,618	3782,203	5586,289	402,213
100,000	500,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	28,361	161,795	0,010	2,801	1418,042	177,618	3620,799	5381,066	387,437
100,000	500,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	27,700	154,970	0,010	2,925	1384,994	177,618	3473,169	5193,685	373,945
100,000	500,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	27,099	148,713	0,010	3,048	1354,944	177,618	3337,777	5022,109	361,592
100,000	500,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	26,551	142,957	0,010	3,171	1327,539	177,618	3213,634	4864,929	350,275
100,000	500,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	26,050	137,644	0,010	3,293	1302,482	177,618	3100,194	4721,241	339,929
100,000	500,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	25,590	132,725	0,010	3,415	1279,516	177,618	2992,136	4585,420	330,150
100,000	500,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	25,168	128,157	0,010	3,537	1258,424	177,618	2893,113	4460,858	321,182
100,000	500,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	24,780	123,904	0,010	3,658	1239,018	177,618	2802,261	4346,469	312,946
100,000	500,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	24,423	119,934	0,010	3,779	1221,134	177,618	2714,635	4237,110	305,072
100,000	500,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,638	303,235	0,099	1,950	24,093	116,221	0,010	3,900	1204,630	177,618	2636,258	4138,637	297,982
100,000	500,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,638	314,083	0,099	2,010	23,788	112,740	0,010	4,020	1189,383	177,618	2558,526	4042,297	291,045
100,000	500,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	28,766	177,714	0,013	2,644	1438,312	133,213	3829,546	5581,443	401,864
100,000	500,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	27,812	167,533	0,013	2,804	1390,596	133,213	3617,523	5311,683	382,441
100,000	500,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	26,970	158,483	0,013	2,964	1348,517	133,213	3429,766	5072,957	365,253
100,000	500,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	26,224	150,386	0,013	3,124	1311,197	133,213	3261,435	4859,368	349,875
100,000	500,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	25,559	143,098	0,013	3,283	1277,934	133,213	3109,153	4666,694	336,002
100,000	500,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	24,963	136,504	0,013	3,442	1248,159	133,213	2970,658	4491,990	323,423
100,000	500,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	24,428	130,510	0,013	3,600	1221,407	133,213	2844,546	4333,290	311,997
100,000	500,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	23,946	125,037	0,013	3,757	1197,294	133,213	2730,078	4189,393	301,636
100,000	500,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,642	303,325	0,137	1,957	23,510	120,021	0,013	3,914	1175,501	133,213	2627,040	4059,702	292,299
100,000	500,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,642	317,088	0,138	2,035	23,115	115,405	0,013	4,071	1155,758	133,213	2528,457	3936,917	283,458
100,000	500,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,642	330,974	0,139	2,113	22,757	111,145	0,013	4,227	1137,838	133,213	2439,806	3826,242	275,489
100,000	500,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	344,987	0,140	2,191	22,431	107,200	0,013	4,382	1121,549	133,213	2356,817	3723,175	268,069
100,000	550,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,591	107,262	0,062	0,709	45,941	307,691	0,007	1,417	2297,026	266,426	7029,119	9901,686	712,921
100,000	550,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,591	114,199	0,062	0,752	44,032	289,916	0,007	1,504	2201,604	266,426	6630,598	9390,055	676,084
100,000	550,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,592	121,173	0,062	0,795	42,340	274,115	0,007	1,591	2117,021	266,426	6276,940	8936,099	643,399
100,000	550,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,592	128,185	0,062	0,839	40,831	259,978	0,007	1,677	2041,573	266,426	5960,375	8530,036	614,163
100,000	550,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,593	135,236	0,063	0,882	39,478	247,254	0,007	1,763	1973,897	266,426	5675,153	8164,501	587,844
100,000	550,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,593	142,327	0,063	0,925	38,258	235,742	0,007	1,850	1912,890	266,426	5417,624	7834,539	564,087
100,000	550,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,593	149,459	0,063	0,968	37,153	225,277	0,007	1,935	1857,648	266,426	5182,932	7534,225	542,464
100,000	550,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,594	156,635	0,063	1,011	36,148	215,721	0,007	2,021	1807,424	266,426	4969,469	7261,069	522,797
100,000	550,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,594	163,854	0,063	1,053	35,232	206,962	0,007	2,107	1761,598	266,426	4772,368	7009,467	504,682

100,000	550,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,595	171,118	0,064	1,096	34,393	198,904	0,007	2,192	1719,646	266,426	4591,544	6778,719	488,068
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	550,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,595	178,429	0,064	1,139	33,623	191,466	0,007	2,277	1681,126	266,426	4424,745	6566,048	472,755
100,000	550,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,596	185,787	0,064	1,181	32,913	184,578	0,007	2,362	1645,663	266,426	4270,246	6369,283	458,588
100,000	550,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,596	193,193	0,064	1,223	32,259	178,183	0,007	2,447	1612,933	266,426	4126,756	6186,752	445,446
100,000	550,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,597	200,649	0,065	1,266	31,653	172,228	0,007	2,532	1582,658	266,426	3993,343	6017,194	433,238
100,000	550,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,597	208,156	0,065	1,308	31,092	166,671	0,007	2,616	1554,597	266,426	3869,371	5859,688	421,898
100,000	550,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,597	215,715	0,065	1,350	30,571	161,472	0,007	2,700	1528,539	266,426	3752,485	5711,629	411,237
100,000	550,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,598	223,326	0,065	1,392	30,086	156,598	0,007	2,784	1504,302	266,426	3642,197	5572,314	401,207
100,000	550,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,634	149,884	0,094	1,027	34,398	220,660	0,010	2,054	1719,903	177,618	4891,004	7011,250	504,810
100,000	550,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,635	159,630	0,094	1,090	33,122	207,964	0,010	2,180	1656,108	177,618	4617,331	6661,210	479,607
100,000	550,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,635	169,436	0,094	1,152	31,993	196,678	0,010	2,305	1599,670	177,618	4374,530	6350,810	457,258
100,000	550,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,635	179,303	0,095	1,215	30,989	186,580	0,010	2,429	1549,438	177,618	4156,099	6072,175	437,197
100,000	550,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,635	189,233	0,095	1,277	30,090	177,492	0,010	2,554	1504,489	177,618	3959,604	5821,766	419,167
100,000	550,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,635	199,229	0,095	1,339	29,282	169,270	0,010	2,678	1464,075	177,618	3782,203	5595,853	402,901
100,000	550,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,636	209,293	0,095	1,401	28,552	161,795	0,010	2,801	1427,586	177,618	3620,799	5390,609	388,124
100,000	550,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,636	219,426	0,096	1,462	27,890	154,970	0,010	2,925	1394,516	177,618	3473,169	5203,208	374,631
100,000	550,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,636	229,631	0,096	1,524	27,289	148,713	0,010	3,048	1364,445	177,618	3337,777	5031,611	362,276
100,000	550,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,636	239,909	0,096	1,585	26,740	142,957	0,010	3,171	1337,019	177,618	3213,634	4874,409	350,957
100,000	550,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,636	250,263	0,097	1,647	26,239	137,644	0,010	3,293	1311,940	177,618	3100,194	4730,699	340,610
100,000	550,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,637	260,695	0,097	1,708	25,779	132,725	0,010	3,415	1288,952	177,618	2992,136	4594,856	330,830
100,000	550,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,637	271,206	0,098	1,768	25,357	128,157	0,010	3,537	1267,837	177,618	2893,113	4470,272	321,860
100,000	550,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,637	281,799	0,098	1,829	24,968	123,904	0,010	3,658	1248,408	177,618	2802,261	4355,858	313,622
100,000	550,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,637	292,474	0,098	1,890	24,610	119,934	0,010	3,779	1230,500	177,618	2714,635	4246,476	305,746
100,000	550,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,638	303,235	0,099	1,950	24,279	116,221	0,010	3,900	1213,972	177,618	2636,258	4147,979	298,654
100,000	550,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,638	314,083	0,099	2,010	23,974	112,740	0,010	4,020	1198,700	177,618	2558,526	4051,613	291,716
100,000	550,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,643	197,201	0,133	1,322	28,953	177,714	0,013	2,644	1447,640	133,213	3829,546	5590,771	402,535
100,000	550,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,643	210,114	0,133	1,402	27,998	167,533	0,013	2,804	1399,891	133,213	3617,523	5320,978	383,110

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
100,000	550,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,643	223,120	0,134	1,482	27,156	158,483	0,013	2,964	1357,779	133,213	3429,766	5082,220	365,920
100,000	550,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,643	236,223	0,134	1,562	26,409	150,386	0,013	3,124	1320,426	133,213	3261,435	4868,597	350,539
100,000	550,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,643	249,427	0,135	1,642	25,743	143,098	0,013	3,283	1287,129	133,213	3109,153	4675,889	336,664
100,000	550,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,642	262,736	0,135	1,721	25,146	136,504	0,013	3,442	1257,320	133,213	2970,658	4501,150	324,083
100,000	550,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,642	276,152	0,136	1,800	24,611	130,510	0,013	3,600	1230,532	133,213	2844,546	4342,415	312,654
100,000	550,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,642	289,681	0,137	1,879	24,128	125,037	0,013	3,757	1206,383	133,213	2730,078	4198,482	302,291
100,000	550,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,642	303,325	0,137	1,957	23,691	120,021	0,013	3,914	1184,553	133,213	2627,040	4068,753	292,950
100,000	550,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,642	317,088	0,138	2,035	23,295	115,405	0,013	4,071	1164,772	133,213	2528,457	3945,931	284,107
100,000	550,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,642	330,974	0,139	2,113	22,936	111,145	0,013	4,227	1146,813	133,213	2439,806	3835,217	276,136
100,000	550,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	344,987	0,140	2,191	22,610	107,200	0,013	4,382	1130,484	133,213	2356,817	3732,110	268,712
122,857	250,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,560	113,223	0,050	0,709	43,950	367,985	0,007	1,417	2197,503	350,574	7029,119	9946,604	716,155
122,857	250,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,560	120,528	0,051	0,752	42,044	346,726	0,007	1,504	2102,180	350,574	6630,598	9431,589	679,074
122,857	250,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,561	127,868	0,051	0,795	40,354	327,829	0,007	1,591	2017,693	350,574	6276,940	8974,633	646,174
122,857	250,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,561	135,244	0,051	0,839	38,847	310,922	0,007	1,677	1942,338	350,574	5960,375	8565,892	616,744
122,857	250,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,562	142,659	0,051	0,882	37,495	295,705	0,007	1,763	1874,752	350,574	5675,153	8197,954	590,253
122,857	250,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,562	150,113	0,051	0,925	36,277	281,937	0,007	1,850	1813,832	350,574	5417,624	7865,823	566,339
122,857	250,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,563	157,608	0,051	0,968	35,174	269,421	0,007	1,935	1758,675	350,574	5182,932	7563,544	544,575
122,857	250,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,563	165,144	0,051	1,011	34,171	257,993	0,007	2,021	1708,535	350,574	4969,469	7288,600	524,779
122,857	250,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,564	172,723	0,052	1,053	33,256	247,518	0,007	2,107	1662,792	350,574	4772,368	7035,364	506,546
122,857	250,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,564	180,346	0,052	1,096	32,418	237,880	0,007	2,192	1620,922	350,574	4591,544	6803,119	489,825
122,857	250,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,565	188,014	0,052	1,139	31,650	228,984	0,007	2,277	1582,485	350,574	4424,745	6589,072	474,413
122,857	250,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,565	195,728	0,052	1,181	30,942	220,747	0,007	2,362	1547,104	350,574	4270,246	6391,040	460,155
122,857	250,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,566	203,489	0,052	1,223	30,289	213,099	0,007	2,447	1514,456	350,574	4126,756	6207,338	446,928
122,857	250,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,566	211,299	0,053	1,266	29,685	205,977	0,007	2,532	1484,265	350,574	3993,343	6036,697	434,642
122,857	250,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,567	219,158	0,053	1,308	29,126	199,331	0,007	2,616	1456,289	350,574	3869,371	5878,187	423,229
122,857	250,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,568	227,067	0,053	1,350	28,606	193,113	0,007	2,700	1430,319	350,574	3752,485	5729,197	412,502
122,857	250,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,568	235,028	0,053	1,392	28,123	187,284	0,007	2,784	1406,170	350,574	3642,197	5589,017	402,409
122,857	250,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,616	154,432	0,076	1,027	32,343	262,254	0,010	2,054	1617,140	233,716	4891,004	7006,178	504,445
122,857	250,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,616	164,446	0,076	1,090	31,070	247,164	0,010	2,180	1553,500	233,716	4617,331	6653,900	479,081
122,857	250,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,616	174,516	0,076	1,152	29,944	233,751	0,010	2,305	1497,216	233,716	4374,530	6341,527	456,590
122,857	250,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,617	184,644	0,076	1,215	28,943	221,750	0,010	2,429	1447,138	233,716	4156,099	6061,142	436,402
122,857	250,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,617	194,833	0,077	1,277	28,047	210,949	0,010	2,554	1402,342	233,716	3959,604	5809,174	418,260
122,857	250,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,617	205,085	0,077	1,339	27,242	201,176	0,010	2,678	1362,082	233,716	3782,203	5581,864	401,894
122,857	250,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,618	215,401	0,077	1,401	26,515	192,292	0,010	2,801	1325,748	233,716	3620,799	5375,367	387,026
122,857	250,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,618	225,783	0,077	1,462	25,857	184,181	0,010	2,925	1292,836	233,716	3473,169	5186,836	373,452

122,857	250,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,618	236,233	0,078	1,524	25,258	176,745	0,010	3,048	1262,925	233,716	3337,777	5014,220	361,024
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, кН	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KPитяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	250,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,619	246,753	0,078	1,585	24,713	169,904	0,010	3,171	1235,663	233,716	3213,634	4856,097	349,639
122,857	250,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,639	198,266	0,102	1,322	26,728	210,034	0,013	2,644	1336,381	175,287	3829,546	5553,905	399,881
122,857	250,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,640	211,176	0,103	1,402	25,775	198,001	0,013	2,804	1288,759	175,287	3617,523	5282,388	380,332
122,857	250,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,640	224,167	0,103	1,482	24,935	187,306	0,013	2,964	1246,771	175,287	3429,766	5042,108	363,032
122,857	250,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,640	237,243	0,103	1,562	24,191	177,736	0,013	3,124	1209,539	175,287	3261,435	4827,133	347,554
122,857	250,000	5,000	5,000	0,637	14,000	0,642	246,741	0,136	1,593	23,599	179,272	0,017	3,185	1179,958	140,229	3199,221	4701,882	338,536
122,857	300,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,560	113,223	0,050	0,709	44,781	367,985	0,007	1,417	2239,063	350,574	7029,119	9988,164	719,148
122,857	300,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,560	120,528	0,051	0,752	42,875	346,726	0,007	1,504	2143,733	350,574	6630,598	9473,142	682,066
122,857	300,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,561	127,868	0,051	0,795	41,185	327,829	0,007	1,591	2059,241	350,574	6276,940	9016,180	649,165
122,857	300,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,561	135,244	0,051	0,839	39,678	310,922	0,007	1,677	1983,881	350,574	5960,375	8607,435	619,735
122,857	300,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,562	142,659	0,051	0,882	38,326	295,705	0,007	1,763	1916,291	350,574	5675,153	8239,493	593,243
122,857	300,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,562	150,113	0,051	0,925	37,107	281,937	0,007	1,850	1855,367	350,574	5417,624	7907,358	569,330
122,857	300,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,563	157,608	0,051	0,968	36,004	269,421	0,007	1,935	1800,206	350,574	5182,932	7605,075	547,565
122,857	300,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,563	165,144	0,051	1,011	35,001	257,993	0,007	2,021	1750,063	350,574	4969,469	7330,127	527,769
122,857	300,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,564	172,723	0,052	1,053	34,086	247,518	0,007	2,107	1704,316	350,574	4772,368	7076,889	509,536
122,857	300,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,564	180,346	0,052	1,096	33,249	237,880	0,007	2,192	1662,443	350,574	4591,544	6844,640	492,814
122,857	300,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,565	188,014	0,052	1,139	32,480	228,984	0,007	2,277	1624,002	350,574	4424,745	6630,590	477,402
122,857	300,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,565	195,728	0,052	1,181	31,772	220,747	0,007	2,362	1588,617	350,574	4270,246	6432,553	463,144
122,857	300,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,566	203,489	0,052	1,223	31,119	213,099	0,007	2,447	1555,966	350,574	4126,756	6248,848	449,917
122,857	300,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,566	211,299	0,053	1,266	30,515	205,977	0,007	2,532	1525,769	350,574	3993,343	6078,201	437,631
122,857	300,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,567	219,158	0,053	1,308	29,956	199,331	0,007	2,616	1497,788	350,574	3869,371	5919,686	426,217
122,857	300,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,568	227,067	0,053	1,350	29,436	193,113	0,007	2,700	1471,811	350,574	3752,485	5770,689	415,490
122,857	300,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,568	235,028	0,053	1,392	28,953	187,284	0,007	2,784	1447,655	350,574	3642,197	5630,501	405,396
122,857	300,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,616	154,432	0,076	1,027	33,090	262,254	0,010	2,054	1654,479	233,716	4891,004	7043,517	507,133
122,857	300,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,616	164,446	0,076	1,090	31,816	247,164	0,010	2,180	1590,806	233,716	4617,331	6691,206	481,767
122,857	300,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,616	174,516	0,076	1,152	30,690	233,751	0,010	2,305	1534,489	233,716	4374,530	6378,800	459,274
122,857	300,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,617	184,644	0,076	1,215	29,688	221,750	0,010	2,429	1484,376	233,716	4156,099	6098,380	439,083
122,857	300,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,617	194,833	0,077	1,277	28,791	210,949	0,010	2,554	1439,544	233,716	3959,604	5846,376	420,939
122,857	300,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,617	205,085	0,077	1,339	27,985	201,176	0,010	2,678	1399,248	233,716	3782,203	5619,031	404,570
122,857	300,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,618	215,401	0,077	1,401	27,258	192,292	0,010	2,801	1362,877	233,716	3620,799	5412,495	389,700
122,857	300,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,618	225,783	0,077	1,462	26,598	184,181	0,010	2,925	1329,925	233,716	3473,169	5223,925	376,123
122,857	300,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,618	236,233	0,078	1,524	25,999	176,745	0,010	3,048	1299,972	233,716	3337,777	5051,268	363,691
122,857	300,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,619	246,753	0,078	1,585	25,453	169,904	0,010	3,171	1272,667	233,716	3213,634	4893,101	352,303
122,857	300,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,619	257,345	0,078	1,647	24,954	163,590	0,010	3,293	1247,709	233,716	3100,194	4748,512	341,893
122,857	300,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,619	268,010	0,078	1,708	24,497	157,743	0,010	3,415	1224,844	233,716	2992,136	4611,864	332,054

122,857	300,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,620	278,750	0,079	1,768	24,077	152,314	0,010	3,537	1203,856	233,716	2893,113	4486,545	323,031
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Ерег	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	300,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,620	289,568	0,079	1,829	23,691	147,259	0,010	3,658	1184,556	233,716	2802,261	4371,460	314,745
122,857	300,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,639	198,266	0,102	1,322	27,437	210,034	0,013	2,644	1371,832	175,287	3829,546	5589,356	402,434
122,857	300,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,640	211,176	0,103	1,402	26,483	198,001	0,013	2,804	1324,141	175,287	3617,523	5317,770	382,879
122,857	300,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,640	224,167	0,103	1,482	25,642	187,306	0,013	2,964	1282,081	175,287	3429,766	5077,417	365,574
122,857	300,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,640	237,243	0,103	1,562	24,895	177,736	0,013	3,124	1244,773	175,287	3261,435	4862,368	350,090
122,857	300,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,640	250,405	0,104	1,642	24,230	169,123	0,013	3,283	1211,516	175,287	3109,153	4668,374	336,123
122,857	300,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,640	263,658	0,104	1,721	23,635	161,330	0,013	3,442	1181,741	175,287	2970,658	4492,471	323,458
122,857	300,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,640	277,003	0,104	1,800	23,100	154,246	0,013	3,600	1154,984	175,287	2844,546	4332,675	311,953
122,857	300,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,640	290,444	0,105	1,879	22,617	147,777	0,013	3,757	1130,860	175,287	2730,078	4187,772	301,520
122,857	300,000	5,000	5,000	0,637	14,000	0,642	246,741	0,136	1,593	24,293	179,272	0,017	3,185	1214,648	140,229	3199,221	4736,572	341,033
122,857	300,000	5,000	5,313	0,636	14,037	0,642	262,911	0,137	1,689	23,537	169,049	0,017	3,378	1176,830	140,229	3023,469	4512,972	324,934
122,857	300,000	5,000	5,625	0,635	14,076	0,642	279,199	0,137	1,785	22,873	159,962	0,017	3,570	1143,629	140,229	2867,234	4314,641	310,654
122,857	300,000	5,000	5,938	0,633	14,116	0,642	295,612	0,138	1,880	22,287	151,831	0,017	3,761	1114,332	140,229	2727,466	4137,636	297,910
122,857	350,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,560	113,223	0,050	0,709	45,371	367,985	0,007	1,417	2268,573	350,574	7029,119	10017,674	721,273
122,857	350,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,560	120,528	0,051	0,752	43,465	346,726	0,007	1,504	2173,228	350,574	6630,598	9502,636	684,190
122,857	350,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,561	127,868	0,051	0,795	41,774	327,829	0,007	1,591	2088,719	350,574	6276,940	9045,659	651,287
122,857	350,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,561	135,244	0,051	0,839	40,267	310,922	0,007	1,677	2013,345	350,574	5960,375	8636,899	621,857
122,857	350,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,562	142,659	0,051	0,882	38,915	295,705	0,007	1,763	1945,740	350,574	5675,153	8268,942	595,364
122,857	350,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,562	150,113	0,051	0,925	37,696	281,937	0,007	1,850	1884,802	350,574	5417,624	7936,793	571,449
122,857	350,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,563	157,608	0,051	0,968	36,593	269,421	0,007	1,935	1829,628	350,574	5182,932	7634,497	549,684
122,857	350,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,563	165,144	0,051	1,011	35,589	257,993	0,007	2,021	1779,471	350,574	4969,469	7359,535	529,887
122,857	350,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,564	172,723	0,052	1,053	34,674	247,518	0,007	2,107	1733,710	350,574	4772,368	7106,283	511,652
122,857	350,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,564	180,346	0,052	1,096	33,836	237,880	0,007	2,192	1691,824	350,574	4591,544	6874,021	494,929
122,857	350,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,565	188,014	0,052	1,139	33,067	228,984	0,007	2,277	1653,369	350,574	4424,745	6659,956	479,517
122,857	350,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,565	195,728	0,052	1,181	32,359	220,747	0,007	2,362	1617,970	350,574	4270,246	6461,906	465,257
122,857	350,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,566	203,489	0,052	1,223	31,706	213,099	0,007	2,447	1585,303	350,574	4126,756	6278,186	452,029
122,857	350,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,566	211,299	0,053	1,266	31,102	205,977	0,007	2,532	1555,092	350,574	3993,343	6107,524	439,742
122,857	350,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,567	219,158	0,053	1,308	30,542	199,331	0,007	2,616	1527,095	350,574	3869,371	5948,993	428,328
122,857	350,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,568	227,067	0,053	1,350	30,022	193,113	0,007	2,700	1501,102	350,574	3752,485	5799,980	417,599
122,857	350,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,568	235,028	0,053	1,392	29,539	187,284	0,007	2,784	1476,929	350,574	3642,197	5659,775	407,504
122,857	350,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,616	154,432	0,076	1,027	33,619	262,254	0,010	2,054	1680,936	233,716	4891,004	7069,974	509,038
122,857	350,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,616	164,446	0,076	1,090	32,344	247,164	0,010	2,180	1617,225	233,716	4617,331	6717,625	483,669
122,857	350,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,616	174,516	0,076	1,152	31,217	233,751	0,010	2,305	1560,871	233,716	4374,530	6405,182	461,173
122,857	350,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,617	184,644	0,076	1,215	30,214	221,750	0,010	2,429	1510,720	233,716	4156,099	6124,724	440,980
122,857	350,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,617	194,833	0,077	1,277	29,317	210,949	0,010	2,554	1465,850	233,716	3959,604	5872,682	422,833

122,857	350,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,617	205,085	0,077	1,339	28,510	201,176	0,010	2,678	1425,514	233,716	3782,203	5645,297	406,461
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt,kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кн/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Ерег	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	350,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,618	215,401	0,077	1,401	27,782	192,292	0,010	2,801	1389,102	233,716	3620,799	5438,721	391,588
122,857	350,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,618	225,783	0,077	1,462	27,122	184,181	0,010	2,925	1356,109	233,716	3473,169	5250,110	378,008
122,857	350,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,618	236,233	0,078	1,524	26,522	176,745	0,010	3,048	1326,114	233,716	3337,777	5077,409	365,573
122,857	350,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,619	246,753	0,078	1,585	25,975	169,904	0,010	3,171	1298,764	233,716	3213,634	4919,199	354,182
122,857	350,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,619	257,345	0,078	1,647	25,475	163,590	0,010	3,293	1273,761	233,716	3100,194	4774,564	343,769
122,857	350,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,619	268,010	0,078	1,708	25,017	157,743	0,010	3,415	1250,849	233,716	2992,136	4637,869	333,927
122,857	350,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,620	278,750	0,079	1,768	24,596	152,314	0,010	3,537	1229,812	233,716	2893,113	4512,501	324,900
122,857	350,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,620	289,568	0,079	1,829	24,209	147,259	0,010	3,658	1210,460	233,716	2802,261	4397,364	316,610
122,857	350,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,620	300,464	0,079	1,890	23,853	142,541	0,010	3,779	1192,631	233,716	2714,635	4287,312	308,686
122,857	350,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,621	311,441	0,080	1,950	23,524	138,128	0,010	3,900	1176,184	233,716	2636,258	4188,196	301,550
122,857	350,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,621	322,500	0,080	2,010	23,220	133,991	0,010	4,020	1160,994	233,716	2558,526	4091,256	294,570
122,857	350,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,639	198,266	0,102	1,322	27,938	210,034	0,013	2,644	1396,895	175,287	3829,546	5614,419	404,238
122,857	350,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,640	211,176	0,103	1,402	26,983	198,001	0,013	2,804	1349,139	175,287	3617,523	5342,767	384,679
122,857	350,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,640	224,167	0,103	1,482	26,140	187,306	0,013	2,964	1307,011	175,287	3429,766	5102,348	367,369
122,857	350,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,640	237,243	0,103	1,562	25,393	177,736	0,013	3,124	1269,635	175,287	3261,435	4887,229	351,880
122,857	350,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,640	250,405	0,104	1,642	24,726	169,123	0,013	3,283	1236,306	175,287	3109,153	4693,165	337,908
122,857	350,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,640	263,658	0,104	1,721	24,129	161,330	0,013	3,442	1206,458	175,287	2970,658	4517,187	325,237
122,857	350,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,640	277,003	0,104	1,800	23,592	154,246	0,013	3,600	1179,624	175,287	2844,546	4357,315	313,727
122,857	350,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,640	290,444	0,105	1,879	23,108	147,777	0,013	3,757	1155,420	175,287	2730,078	4212,333	303,288
122,857	350,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,641	303,984	0,105	1,957	22,671	141,848	0,013	3,914	1133,527	175,287	2627,040	4081,629	293,877
122,857	350,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,641	317,625	0,106	2,035	22,274	136,393	0,013	4,071	1113,677	175,287	2528,457	3957,898	284,969
122,857	350,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,641	331,371	0,106	2,113	21,913	131,358	0,013	4,227	1095,641	175,287	2439,806	3846,332	276,936
122,857	350,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	345,223	0,106	2,191	21,585	126,696	0,013	4,382	1079,226	175,287	2356,817	3742,422	269,454
122,857	350,000	5,000	5,000	0,637	14,000	0,642	246,741	0,136	1,593	24,782	179,272	0,017	3,185	1239,113	140,229	3199,221	4761,038	342,795
122,857	350,000	5,000	5,313	0,636	14,037	0,642	262,911	0,137	1,689	24,024	169,049	0,017	3,378	1201,195	140,229	3023,469	4537,337	326,688
122,857	350,000	5,000	5,625	0,635	14,076	0,642	279,199	0,137	1,785	23,358	159,962	0,017	3,570	1167,889	140,229	2867,234	4338,900	312,401
122,857	350,000	5,000	5,938	0,633	14,116	0,642	295,612	0,138	1,880	22,770	151,831	0,017	3,761	1138,482	140,229	2727,466	4161,786	299,649
122,857	350,000	5,000	6,250	0,632	14,158	0,642	312,153	0,138	1,976	22,248	144,514	0,017	3,951	1112,403	140,229	2602,316	4003,431	288,247
122,857	350,000	5,000	6,563	0,631	14,200	0,642	328,827	0,139	2,071	21,784	137,893	0,017	4,141	1089,192	140,229	2488,928	3860,401	277,949
122,857	350,000	5,000	6,875	0,630	14,244	0,641	345,640	0,140	2,165	21,369	131,875	0,017	4,330	1068,472	140,229	2383,432	3728,355	268,442
122,857	400,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,560	113,223	0,050	0,709	45,812	367,985	0,007	1,417	2290,611	350,574	7029,119	10039,712	722,859
122,857	400,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,560	120,528	0,051	0,752	43,905	346,726	0,007	1,504	2195,248	350,574	6630,598	9524,656	685,775
122,857	400,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,561	127,868	0,051	0,795	42,214	327,829	0,007	1,591	2110,722	350,574	6276,940	9067,662	652,872
122,857	400,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,561	135,244	0,051	0,839	40,707	310,922	0,007	1,677	2035,330	350,574	5960,375	8658,885	623,440
122,857	400,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,562	142,659	0,051	0,882	39,354	295,705	0,007	1,763	1967,709	350,574	5675,153	8290,911	596,946

122,857	400,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,562	150,113	0,051	0,925	38,135	281,937	0,007	1,850	1906,755	350,574	5417,624	7958,746	573,030
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, кН	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Еper	Е_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	400,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,563	157,608	0,051	0,968	37,031	269,421	0,007	1,935	1851,564	350,574	5182,932	7656,433	551,263
122,857	400,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,563	165,144	0,051	1,011	36,028	257,993	0,007	2,021	1801,391	350,574	4969,469	7381,455	531,465
122,857	400,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,564	172,723	0,052	1,053	35,112	247,518	0,007	2,107	1755,614	350,574	4772,368	7128,187	513,229
122,857	400,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,564	180,346	0,052	1,096	34,274	237,880	0,007	2,192	1713,711	350,574	4591,544	6895,908	496,505
122,857	400,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,565	188,014	0,052	1,139	33,505	228,984	0,007	2,277	1675,240	350,574	4424,745	6681,827	481,092
122,857	400,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,565	195,728	0,052	1,181	32,796	220,747	0,007	2,362	1639,824	350,574	4270,246	6483,760	466,831
122,857	400,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,566	203,489	0,052	1,223	32,143	213,099	0,007	2,447	1607,141	350,574	4126,756	6300,023	453,602
122,857	400,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,566	211,299	0,053	1,266	31,538	205,977	0,007	2,532	1576,913	350,574	3993,343	6129,345	441,313
122,857	400,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,567	219,158	0,053	1,308	30,978	199,331	0,007	2,616	1548,898	350,574	3869,371	5970,796	429,897
122,857	400,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,568	227,067	0,053	1,350	30,458	193,113	0,007	2,700	1522,887	350,574	3752,485	5821,765	419,167
122,857	400,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,568	235,028	0,053	1,392	29,974	187,284	0,007	2,784	1498,696	350,574	3642,197	5681,542	409,071
122,857	400,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,616	154,432	0,076	1,027	34,013	262,254	0,010	2,054	1700,663	233,716	4891,004	7089,701	510,459
122,857	400,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,616	164,446	0,076	1,090	32,738	247,164	0,010	2,180	1636,918	233,716	4617,331	6737,318	485,087
122,857	400,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,616	174,516	0,076	1,152	31,611	233,751	0,010	2,305	1580,528	233,716	4374,530	6424,839	462,588
122,857	400,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,617	184,644	0,076	1,215	30,607	221,750	0,010	2,429	1530,342	233,716	4156,099	6144,346	442,393
122,857	400,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,617	194,833	0,077	1,277	29,709	210,949	0,010	2,554	1485,436	233,716	3959,604	5892,268	424,243
122,857	400,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,617	205,085	0,077	1,339	28,901	201,176	0,010	2,678	1445,065	233,716	3782,203	5664,847	407,869
122,857	400,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,618	215,401	0,077	1,401	28,172	192,292	0,010	2,801	1408,616	233,716	3620,799	5458,234	392,993
122,857	400,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,618	225,783	0,077	1,462	27,512	184,181	0,010	2,925	1375,585	233,716	3473,169	5269,585	379,410
122,857	400,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,618	236,233	0,078	1,524	26,911	176,745	0,010	3,048	1345,551	233,716	3337,777	5096,846	366,973
122,857	400,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,619	246,753	0,078	1,585	26,363	169,904	0,010	3,171	1318,162	233,716	3213,634	4938,596	355,579
122,857	400,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,619	257,345	0,078	1,647	25,862	163,590	0,010	3,293	1293,118	233,716	3100,194	4793,920	345,162
122,857	400,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,619	268,010	0,078	1,708	25,403	157,743	0,010	3,415	1270,164	233,716	2992,136	4657,184	335,317
122,857	400,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,620	278,750	0,079	1,768	24,982	152,314	0,010	3,537	1249,083	233,716	2893,113	4531,773	326,288
122,857	400,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,620	289,568	0,079	1,829	24,594	147,259	0,010	3,658	1229,687	233,716	2802,261	4416,591	317,995
122,857	400,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,620	300,464	0,079	1,890	24,236	142,541	0,010	3,779	1211,812	233,716	2714,635	4306,493	310,067
122,857	400,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,621	311,441	0,080	1,950	23,906	138,128	0,010	3,900	1195,316	233,716	2636,258	4207,329	302,928
122,857	400,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,621	322,500	0,080	2,010	23,602	133,991	0,010	4,020	1180,077	233,716	2558,526	4110,339	295,944
122,857	400,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,639	198,266	0,102	1,322	28,311	210,034	0,013	2,644	1415,554	175,287	3829,546	5633,078	405,582
122,857	400,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,640	211,176	0,103	1,402	27,355	198,001	0,013	2,804	1367,740	175,287	3617,523	5361,369	386,019
122,857	400,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,640	224,167	0,103	1,482	26,511	187,306	0,013	2,964	1325,555	175,287	3429,766	5120,891	368,704
122,857	400,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,640	237,243	0,103	1,562	25,762	177,736	0,013	3,124	1288,119	175,287	3261,435	4905,713	353,211
122,857	400,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,640	250,405	0,104	1,642	25,095	169,123	0,013	3,283	1254,729	175,287	3109,153	4711,588	339,234
122,857	400,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,640	263,658	0,104	1,721	24,496	161,330	0,013	3,442	1224,818	175,287	2970,658	4535,548	326,559
122,857	400,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,640	277,003	0,104	1,800	23,958	154,246	0,013	3,600	1197,920	175,287	2844,546	4375,611	315,044

122,857	400,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,640	290,444	0,105	1,879	23,473	147,777	0,013	3,757	1173,649	175,287	2730,078	4230,562	304,600
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Оптимизация массы трактора, мощности ДВС, ширины и скорости агрегата

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	КРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	400,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,641	303,984	0,105	1,957	23,034	141,848	0,013	3,914	1151,688	175,287	2627,040	4099,790	295,185
122,857	400,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,641	317,625	0,106	2,035	22,635	136,393	0,013	4,071	1131,766	175,287	2528,457	3975,987	286,271
122,857	400,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,641	331,371	0,106	2,113	22,273	131,358	0,013	4,227	1113,656	175,287	2439,806	3864,346	278,233
122,857	400,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	345,223	0,106	2,191	21,943	126,696	0,013	4,382	1097,164	175,287	2356,817	3760,360	270,746
122,857	400,000	4,000	8,750	0,648	14,533	0,641	359,184	0,107	2,269	21,643	122,366	0,013	4,537	1082,126	175,287	2280,153	3664,483	263,843
122,857	400,000	4,000	9,063	0,647	14,585	0,641	373,258	0,107	2,346	21,368	118,336	0,013	4,692	1068,397	175,287	2208,030	3574,755	257,382
122,857	400,000	4,000	9,375	0,646	14,638	0,641	387,447	0,108	2,423	21,117	114,574	0,013	4,846	1055,855	175,287	2142,633	3493,208	251,511
122,857	400,000	5,000	5,000	0,637	14,000	0,642	246,741	0,136	1,593	25,146	179,272	0,017	3,185	1257,298	140,229	3199,221	4779,222	344,104
122,857	400,000	5,000	5,313	0,636	14,037	0,642	262,911	0,137	1,689	24,386	169,049	0,017	3,378	1219,294	140,229	3023,469	4555,436	327,991
122,857	400,000	5,000	5,625	0,635	14,076	0,642	279,199	0,137	1,785	23,718	159,962	0,017	3,570	1185,900	140,229	2867,234	4356,912	313,698
122,857	400,000	5,000	5,938	0,633	14,116	0,642	295,612	0,138	1,880	23,128	151,831	0,017	3,761	1156,403	140,229	2727,466	4179,707	300,939
122,857	400,000	5,000	6,250	0,632	14,158	0,642	312,153	0,138	1,976	22,605	144,514	0,017	3,951	1130,231	140,229	2602,316	4021,258	289,531
122,857	400,000	5,000	6,563	0,631	14,200	0,642	328,827	0,139	2,071	22,138	137,893	0,017	4,141	1106,923	140,229	2488,928	3878,131	279,225
122,857	400,000	5,000	6,875	0,630	14,244	0,641	345,640	0,140	2,165	21,722	131,875	0,017	4,330	1086,101	140,229	2383,432	3745,984	269,711
122,857	450,000	2,000	5,000	0,709	14,000	0,560	113,223	0,050	0,709	46,154	367,985	0,007	1,417	2307,696	350,574	7029,119	10056,797	724,089
122,857	450,000	2,000	5,313	0,708	14,037	0,560	120,528	0,051	0,752	44,246	346,726	0,007	1,504	2212,316	350,574	6630,598	9541,724	687,004
122,857	450,000	2,000	5,625	0,707	14,076	0,561	127,868	0,051	0,795	42,555	327,829	0,007	1,591	2127,773	350,574	6276,940	9084,713	654,099
122,857	450,000	2,000	5,938	0,706	14,116	0,561	135,244	0,051	0,839	41,047	310,922	0,007	1,677	2052,365	350,574	5960,375	8675,919	624,666
122,857	450,000	2,000	6,250	0,705	14,158	0,562	142,659	0,051	0,882	39,695	295,705	0,007	1,763	1984,727	350,574	5675,153	8307,929	598,171
122,857	450,000	2,000	6,563	0,705	14,200	0,562	150,113	0,051	0,925	38,475	281,937	0,007	1,850	1923,756	350,574	5417,624	7975,748	574,254
122,857	450,000	2,000	6,875	0,704	14,244	0,563	157,608	0,051	0,968	37,371	269,421	0,007	1,935	1868,550	350,574	5182,932	7673,418	552,486
122,857	450,000	2,000	7,188	0,703	14,289	0,563	165,144	0,051	1,011	36,367	257,993	0,007	2,021	1818,361	350,574	4969,469	7398,425	532,687
122,857	450,000	2,000	7,500	0,702	14,336	0,564	172,723	0,052	1,053	35,451	247,518	0,007	2,107	1772,568	350,574	4772,368	7145,140	514,450
122,857	450,000	2,000	7,813	0,701	14,383	0,564	180,346	0,052	1,096	34,613	237,880	0,007	2,192	1730,649	350,574	4591,544	6912,846	497,725
122,857	450,000	2,000	8,125	0,701	14,432	0,565	188,014	0,052	1,139	33,843	228,984	0,007	2,277	1692,161	350,574	4424,745	6698,749	482,310
122,857	450,000	2,000	8,438	0,700	14,482	0,565	195,728	0,052	1,181	33,135	220,747	0,007	2,362	1656,729	350,574	4270,246	6500,665	468,048
122,857	450,000	2,000	8,750	0,699	14,533	0,566	203,489	0,052	1,223	32,481	213,099	0,007	2,447	1624,030	350,574	4126,756	6316,912	454,818
122,857	450,000	2,000	9,063	0,698	14,585	0,566	211,299	0,053	1,266	31,876	205,977	0,007	2,532	1593,785	350,574	3993,343	6146,217	442,528
122,857	450,000	2,000	9,375	0,698	14,638	0,567	219,158	0,053	1,308	31,315	199,331	0,007	2,616	1565,753	350,574	3869,371	5987,652	431,111
122,857	450,000	2,000	9,688	0,697	14,692	0,568	227,067	0,053	1,350	30,795	193,113	0,007	2,700	1539,725	350,574	3752,485	5838,604	420,379
122,857	450,000	2,000	10,000	0,696	14,747	0,568	235,028	0,053	1,392	30,310	187,284	0,007	2,784	1515,516	350,574	3642,197	5698,362	410,282
122,857	450,000	3,000	5,000	0,685	14,000	0,616	154,432	0,076	1,027	34,319	262,254	0,010	2,054	1715,940	233,716	4891,004	7104,978	511,558
122,857	450,000	3,000	5,313	0,684	14,037	0,616	164,446	0,076	1,090	33,043	247,164	0,010	2,180	1652,163	233,716	4617,331	6752,564	486,185
122,857	450,000	3,000	5,625	0,683	14,076	0,616	174,516	0,076	1,152	31,915	233,751	0,010	2,305	1595,743	233,716	4374,530	6440,054	463,684
122,857	450,000	3,000	5,938	0,682	14,116	0,617	184,644	0,076	1,215	30,910	221,750	0,010	2,429	1545,525	233,716	4156,099	6159,529	443,486

122,857	450,000	3,000	6,250	0,681	14,158	0,617	194,833	0,077	1,277	30,012	210,949	0,010	2,554	1500,588	233,716	3959,604	5907,419	425,334
---------	---------	-------	-------	-------	--------	-------	---------	-------	-------	--------	---------	-------	-------	----------	---------	----------	----------	---------

Mt, kN	Nen, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	tau_sm	K, кН/м	KРйтяг	N, л.с.	Букс.	W, га/ч	Gh, кг/га	Еам.ктр.то	Eper	E_upr	Etsm	Eup	Eua	ES	CO2
122,857	450,000	3,000	6,563	0,680	14,200	0,617	205,085	0,077	1,339	29,204	201,176	0,010	2,678	1460,184	233,716	3782,203	5679,966	408,958
122,857	450,000	3,000	6,875	0,679	14,244	0,618	215,401	0,077	1,401	28,474	192,292	0,010	2,801	1423,702	233,716	3620,799	5473,321	394,079
122,857	450,000	3,000	7,188	0,678	14,289	0,618	225,783	0,077	1,462	27,813	184,181	0,010	2,925	1390,638	233,716	3473,169	5284,639	380,494
122,857	450,000	3,000	7,500	0,677	14,336	0,618	236,233	0,078	1,524	27,211	176,745	0,010	3,048	1360,571	233,716	3337,777	5111,866	368,054
122,857	450,000	3,000	7,813	0,676	14,383	0,619	246,753	0,078	1,585	26,663	169,904	0,010	3,171	1333,147	233,716	3213,634	4953,581	356,658
122,857	450,000	3,000	8,125	0,675	14,432	0,619	257,345	0,078	1,647	26,161	163,590	0,010	3,293	1308,068	233,716	3100,194	4808,870	346,239
122,857	450,000	3,000	8,438	0,675	14,482	0,619	268,010	0,078	1,708	25,702	157,743	0,010	3,415	1285,078	233,716	2992,136	4672,098	336,391
122,857	450,000	3,000	8,750	0,674	14,533	0,620	278,750	0,079	1,768	25,279	152,314	0,010	3,537	1263,960	233,716	2893,113	4546,649	327,359
122,857	450,000	3,000	9,063	0,673	14,585	0,620	289,568	0,079	1,829	24,891	147,259	0,010	3,658	1244,525	233,716	2802,261	4431,430	319,063
122,857	450,000	3,000	9,375	0,672	14,638	0,620	300,464	0,079	1,890	24,532	142,541	0,010	3,779	1226,611	233,716	2714,635	4321,292	311,133
122,857	450,000	3,000	9,688	0,671	14,692	0,621	311,441	0,080	1,950	24,202	138,128	0,010	3,900	1210,075	233,716	2636,258	4222,088	303,990
122,857	450,000	3,000	10,000	0,670	14,747	0,621	322,500	0,080	2,010	23,896	133,991	0,010	4,020	1194,794	233,716	2558,526	4125,056	297,004
122,857	450,000	4,000	5,000	0,661	14,000	0,639	198,266	0,102	1,322	28,600	210,034	0,013	2,644	1429,986	175,287	3829,546	5647,510	406,621
122,857	450,000	4,000	5,313	0,660	14,037	0,640	211,176	0,103	1,402	27,642	198,001	0,013	2,804	1382,124	175,287	3617,523	5375,753	387,054
122,857	450,000	4,000	5,625	0,659	14,076	0,640	224,167	0,103	1,482	26,798	187,306	0,013	2,964	1339,889	175,287	3429,766	5135,225	369,736
122,857	450,000	4,000	5,938	0,658	14,116	0,640	237,243	0,103	1,562	26,048	177,736	0,013	3,124	1302,402	175,287	3261,435	4919,996	354,240
122,857	450,000	4,000	6,250	0,657	14,158	0,640	250,405	0,104	1,642	25,379	169,123	0,013	3,283	1268,961	175,287	3109,153	4725,819	340,259
122,857	450,000	4,000	6,563	0,656	14,200	0,640	263,658	0,104	1,721	24,780	161,330	0,013	3,442	1238,997	175,287	2970,658	4549,726	327,580
122,857	450,000	4,000	6,875	0,654	14,244	0,640	277,003	0,104	1,800	24,241	154,246	0,013	3,600	1212,044	175,287	2844,546	4389,735	316,061
122,857	450,000	4,000	7,188	0,653	14,289	0,640	290,444	0,105	1,879	23,754	147,777	0,013	3,757	1187,718	175,287	2730,078	4244,630	305,613
122,857	450,000	4,000	7,500	0,652	14,336	0,641	303,984	0,105	1,957	23,314	141,848	0,013	3,914	1165,699	175,287	2627,040	4113,801	296,194
122,857	450,000	4,000	7,813	0,651	14,383	0,641	317,625	0,106	2,035	22,914	136,393	0,013	4,071	1145,717	175,287	2528,457	3989,938	287,276
122,857	450,000	4,000	8,125	0,650	14,432	0,641	331,371	0,106	2,113	22,551	131,358	0,013	4,227	1127,546	175,287	2439,806	3878,237	279,233
122,857	450,000	4,000	8,438	0,649	14,482	0,641	345,223	0,106	2,191	22,220	126,696	0,013	4,382	1110,992	175,287	2356,817	3774,187	271,741
122,857	450,000	4,000	8,750	0,648	14,533	0,641	359,184	0,107	2,269	21,918	122,366	0,013	4,537	1095,888	175,287	2280,153	3678,245	264,834
122,857	450,000	4,000	9,063	0,647	14,585	0,641	373,258	0,107	2,346	21,642	118,336	0,013	4,692	1082,092	175,287	2208,030	3588,450	258,368
122,857	450,000	4,000	9,375	0,646	14,638	0,641	387,447	0,108	2,423	21,390	114,574	0,013	4,846	1069,480	175,287	2142,633	3506,833	252,492
122,857	450,000	4,000	9,688	0,645	14,692	0,642	401,753	0,108	2,500	21,159	111,054	0,013	5,000	1057,944	175,287	2078,064	3427,362	246,770
122,857	450,000	4,000	10,000	0,644	14,747	0,642	416,180	0,109	2,576	20,948	107,755	0,013	5,153	1047,391	175,287	2021,033	3356,631	241,677
122,857	450,000	5,000	5,000	0,637	14,000	0,642	246,741	0,136	1,593	25,427	179,272	0,017	3,185	1271,346	140,229	3199,221	4793,270	345,115
122,857	450,000	5,000	5,313	0,636	14,037	0,642	262,911	0,137	1,689	24,665	169,049	0,017	3,378	1233,271	140,229	3023,469	4569,413	328,998
122,857	450,000	5,000	5,625	0,635	14,076	0,642	279,199	0,137	1,785	23,996	159,962	0,017	3,570	1199,805	140,229	2867,234	4370,817	314,699
122,857	450,000	5,000	5,938	0,633	14,116	0,642	295,612	0,138	1,880	23,405	151,831	0,017	3,761	1170,232	140,229	2727,466	4193,537	301,935
122,857	450,000	5,000	6,250	0,632	14,158	0,642	312,153	0,138	1,976	22,880	144,514	0,017	3,951	1143,983	140,229	2602,316	4035,010	290,521
122,857	450,000	5,000	6,563	0,631	14,200	0,642	328,827	0,139	2,071	22,412	137,893	0,017	4,141	1120,595	140,229	2488,928	3891,803	280,210
122,857	450,000	5,000	6,875	0,630	14,244	0,641	345,640	0,140	2,165	21,994	131,875	0,017	4,330	1099,690	140,229	2383,432	3759,573	270,689

Mt, kN	N, л.с.	Bp, м	Vp, км/ч	ES	CO
100,000	344,987	4,000	8,438	3680,447	264,992
122,857	416,180	4,000	10,000	3356,631	241,677
145,714	519,017	5,000	10,000	2982,516	214,741
168,571	536,771	6,000	8,750	2959,930	213,115
191,429	540,277	6,000	8,750	3013,627	216,981
214,286	546,577	6,000	8,750	3070,550	221,080
237,143	536,730	7,000	7,500	3129,194	225,302
260,000	542,935	7,000	7,500	3174,341	228,553

Расчеты закончены