**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»**

**Факультет механизации**

**Кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка**

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ**

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ**

**АГРЕГАТОВ**

Методические указания

к практическим занятиям по дисциплине В.2.ДВ.1. «Прикладная физика»

для студентов, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия»

с профилем подготовки «Технические системы в агробизнесе»

Краснодар

2014

*Коллектив авторов:*А. П. Карабаницкий, Е. М. Юдина,

В. В. Цыбулевский, О. А.Левшукова, Н. А Ринас

**Т33 Теоретическое** обоснование параметров энергосберегающих

машинно-тракторных агрегатов: метод. указания / под общ. ред. д-ра

техн. наук, профессора Г. Г. Маслова. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 83с.

В методических указаниях рассматривается последовательность расчета параметров потенциальных тяговых характеристик современных тракторов и их использования при комплектовании (моделировании) машинно-тракторных агрегатов.

Указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия» с профилем подготовки «Технические системы в агробизнесе».

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методической комиссией факультета механизации, протокол № 10

от 17. 06. 2014

Председатель методической комиссии\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. А. Титученко

© Коллектив авторов, 2014

© ФГБОУ ВПО «Кубанский

государственный аграрный

университет», 2014

Оглавление

|  |  |
| --- | --- |
| Введение ……………………………………………….................................. | 4 |
| 1 Расчет и анализ составляющих тягового баланса трактора………............ | 5 |
| 1.1 Исходные данные………………………………………………………. | 5 |
| 1.2 Расчет составляющих тягового баланса трактора…………………. | 5 |
| 1.3 Пример расчета составляющих тягового баланса трактора……… | 8 |
| 2 Разработка потенциальных тяговых характеристик тракторов……….. | 13 |
| 2.1 Исходные данные..…………………………………………………... | 13 |
| 2.2Расчет параметров, характеризующих тяговые свойства трактора … | 13 |
| 2.3 Пример разработки потенциальной характеристики трактора…....... | 17 |
| 3 Расчет (моделирование) машинно-тракторных агрегатов ………………. | 22 |
| 3.1 Первое направление ………………………………………………………. | 23 |
| 3.2 Второе направление …………………………………………………....... | 31 |
| 3.3 Третье направление …………………………………………………… | 33 |
| 4 Примеры расчетов по моделированию энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов …………………………………………………….. | 34 |
| 4.1 Пример первый. Выбор сельскохозяйственной машины при известном энергетическом средстве……………………………………… | 34 |
| 4.2 Пример второй. Выбор трактора для работы с известной сельскохозяйственной машиной…………………………………………………. | 40 |
| 4.3 Пример третий. Определение рационального режима работы существующего агрегата в заданных условиях……………………………….. | 47 |
| 5 Расчет технико-экономических показателей работы машинно-трактор-  ных агрегатов……………………………………………………………… | 52 |
| Список использованных источников……………………………………. | 58 |
| Приложения………………………………………………………………... | 59 |

**Введение**

Современное сельскохозяйственное производство России характеризуется качественно новым этапом технического перевооружения. В сельскохозяйственные предприятия поступает большое количество новых тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин отечественного и импортного производства. Эта техника отличается высокой степенью надежности, наличием автоматизированных систем управления и контроля за работой узлов и механизмов машин, обеспечивает экономичный режим работы и высокое качество выполняемого процесса.

Вместе с тем, возможности современных машинно-тракторных агрегатов (МТА) выполнения работы в конкретных условиях эксплуатации с максимальной производительностью и минимальным расходом топлива зачастую недоиспользуются из-за ошибок в агрегатировании. Для устранения этих ошибок следует выполнять предварительное моделирование составов агрегатов и рассчитывать рациональные режимы их работы.

Для решения задач по комплектованию МТА необходимо иметь сведения о тяговых свойствах тракторов в различных условиях работы. В настоящее время для современных тракторов таких сведений нет. Информация, предлагаемая заводами-изготовителями техники и содержащаяся в каталогах, проспектах, рекламных изданиях и интернет-ресурсах, содержит лишь краткую техническую характеристику, включающую сведения об эффективной мощности двигателя, номинальной частоте вращения коленчатого вала, запасе крутящего момента, удельным расходе топлива, эксплуатационным весе трактора и его габаритных размерах.

В учебном пособии [2] изложены теоретические аспекты определения и анализа тяговых свойств тракторов на основе имеющейся технической информации. Предложена методика разработки потенциальных тяговых характеристик и их использования при моделировании агрегатов, а также определения технико-экономических показателей работы МТА.

Настоящие методические указания базируются на этом пособии и определяют четкую последовательность инженерных расчетов.

**1 Расчет и анализ составляющих тягового баланса трактора**

1.1 Исходные данные

Марка (модель) трактора – задается преподавателем.

Почвенный фон (агрофон) – залежь, стерня, культивированное поле.

Уклон поля *i*, % - задается преподавателем.

Номинальная эффективная (или эксплуатационная) мощность двигателя трактора , кВт – таблица П1.

*Э*ксплуатационный вес трактора *G*, кН - таблица П1.

Механический КПД трансмиссии трактора *ηм -* для колесных тракторов *ηм*=0,91…0,92; для гусеничных – *ηм*=0,86…0,88 (принимаются средние значения).

Доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движитель -

для колесных тракторов с формулой 4К2 - ≈0,67; для колесных с формулой 4К4 и для гусеничных тракторов - =1.

Коэффициент сцепления движителя трактора с почвой *μ* – таблица П2.

Коэффициент сопротивления качению трактора *-* таблица П2.

Допустимый коэффициент буксования движителя трактора - для колесных тракторов с формулой 4К2 =0,18; с формулой 4К4 – =0,15; для гусеничных тракторов *δ*д=0,05.

Скорости трактора, работающего в составе агрегата – задаются преподавателем (например, 5, 7, 9км/ч).

1.2 Расчет составляющих тягового баланса трактора

1.2.1 Определить движущую силу.

Вначале необходимо определить касательную силу тяги трактора

где - касательная сила тяги трактора при *i*-той скорости, кН;

- заданная скорость, км/ч.

Затем определяется величина максимальной силы сцепления движителя трактора с почвой (кН)

Сравнив значения касательной силы с максимальной слой сцепления движителя с почвой , определяют величину движущей силы .

Если (условие **достаточного сцепления** движителя с почвой), то ; если (условие **недостаточного сцепления** движителя с почвой), то

1.2.2 Рассчитать тяговое усилие трактора по формуле

(1.3)

где – движущая агрегат сила при *i*-той скорости, кН;

– усилие, затрачиваемое на допустимое буксование движителей

трактора при *i*-той скорости, кН;

– усилие, затрачиваемое на самопередвижение трактора и

преодоление подъема, кН.

где – коэффициент буксования (приближенно можно воспользоваться

допустимым значением этого коэффициента ).

где - коэффициент сопротивления качению трактора на *i*-том агрофоне.

Результаты расчетов свести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Составляющие тягового баланса трактора\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Агрофон | (кН) при  скорости (км/ч) | | |  | (кН) при  скорости (км/ч) | | | кН | кН | (кН) при  скорости (км/ч) | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Залежь |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Стерня |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Культив.  поле |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1.2.3 Построить графики тягового баланса трактора на заданных скоростях движения.



Рисунок1.1 - График тягового баланса трактора при заданной скорости

в различных почвенных условиях

1.2.4 Провести анализ тяговых свойств трактора при заданных скоростях движения и почвенных фонах (см. пример).

1.3 Пример расчета составляющих тягового баланса трактора

1.3.1 Исходные данные

Марка (модель) трактора – John Deere 620

Почвенный фон (агрофон) – залежь, стерня, культивированное поле.

Уклон поля *i*, % - 3.

Номинальная эффективная (или эксплуатационная) мощность двигателя трактора , кВт – 66 (таблица П1).

*Э*ксплуатационный вес трактора *G*, кН – 44 (таблица П1).

Механический КПД трансмиссии трактора *ηм*=0,915

Доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движитель

(для колесных тракторов с формулой 4К4 принимаем =1).

Коэффициент сцепления движителя трактора с почвой *μ.*

На залежи на стерне на культивированном поле

(таблица П2).

Коэффициент сопротивления качению трактора .

На залежи на стерне на культивированном поле

(таблица П2).

Допустимый коэффициент буксования движителя трактора - =0,15.

Скорости трактора, работающего в составе агрегата – =5км/ч; =7км/ч; =9км/ч.

1.3.2 Рассчитаем значения составляющих тягового баланса трактора.

1.3.2.1 Определим движущую агрегат силу.

Вначале определим касательную силу тяги трактора по формуле (1.1)

Затем определяем величину максимальной силы сцепления движителя трактора с почвой по формуле (1.2)

Сравнивая значения касательной силы с максимальной слой сцепления движителя с почвой , определяем величину движущей силы .

При (условие **достаточного сцепления** движителя с почвой) ; при (условие **недостаточного сцепления** движителя с почвой) . Результаты сравнений занесем в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Определение движущей силы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Агрофон | (кН) при  скорости (км/ч) | | |  | (кН) при  скорости (км/ч) | | |
| 5 | 7 | 9 | 5 | 7 | 9 |
| Залежь | 43,5 | 31,1 | 24,2 | 39,6 | 39,6 | 31,1 | 24,2 |
| Стерня | 43,5 | 31,1 | 24,2 | 37,4 | 37,4 | 31,1 | 24,2 |
| Культив.  поле | 43,5 | 31,1 | 24,2 | 28,6 | 28,6 | 28,6 | 24,2 |

1.3.2.2 Определим усилие трактора, затрачиваемое на буксование движителей, по формуле (1.4)

На залежи:;

На стерне:;

На культивированном поле:;

1.3.2.3 Определим усилие трактора, затрачиваемое на самопередвижение и преодоление подъема, по формуле (1.5)

На залежи:

На стерне:

На культивированном поле:

1.3.2.4 Рассчитаем тяговое (крюковое) усилие трактора по формуле(1.3)

и результаты расчетов сведем в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Составляющие тягового баланса трактора John Deere 620

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Агрофон | (кН) при  скорости (км/ч) | | | (кН) при  скорости (км/ч) | | | кН | (кН) при  скорости (км/ч) | | |
| 5 | 7 | 9 | 5 | 7 | 9 | 5 | 7 | 9 |
| Залежь | 39,6 | 31,1 | 24,2 | 5,9 | 4,7 | 3,6 | 3,5 | 30,2 | 22,9 | 17,1 |
| Стерня | 37,4 | 31,1 | 24,2 | 5,6 | 4,7 | 3,6 | 4,8 | 27,0 | 21,6 | 15,8 |
| Культив.  поле | 28,6 | 28,6 | 24,2 | 4,3 | 4,3 | 3,6 | 8,4 | 15,9 | 15,9 | 12,2 |

1.3.3 Построим графики тягового баланса трактора



Рисунок 1.2 – График тягового баланса трактора John Deere 620

при скорости 5км/ч



Рисунок 1.3 – График тягового баланса трактора John Deere 620

при скорости 7км/ч



Рисунок 1.4 – График тягового баланса трактора John Deere 620

при скорости 9км/ч

1.3.4 Анализ тяговых свойств трактора John Deere 620.

Результаты расчетов показывают, что при использовании трактора John Deere 620 в машинно-тракторных агрегатах со скоростями 5км/ч и ниже движущая сила и тяговые усилия ограничены сцепными свойствами этого трактора на всех почвенных фонах. Т.е., при всех значениях коэффициента сцепления движителя с почвой (сцепление недостаточное). Максимальные значения тяговых усилий трактора достигаются на плотных почвах (стерня, залежь), минимальные значения – на рыхлых, малосвязанных почвах (культивированное, вспаханное поле). При необходимости использования трактора в этом диапазоне скоростей можно увеличить тяговые усилия за счет увеличения сцепного веса путем балластирования (навешивание дополнительных грузов, заполнение шин водой и т.п.).

При скорости агрегата с этим трактором 7км/ч на плотных почвах (стерня, залежь) сцепление движителей с почвой достаточное (). Движущая сила и тяговые усилия трактора ограничены касательной силой тяги (мощностью двигателя). На культивированном, вспаханном поле движущая сила и тяговые усилия трактора ограничены максимальной силой сцепления движителя с почвой () – сцепление недостаточное. В этих условиях также возможно (при необходимости) увеличение тягового усилия трактора за счет применения балласта.

При скоростях 9км/ч и выше на всех почвенных фонах тяговые возможности трактора определяются мощностью его двигателя, так как

(сцепление движителя с почвой достаточное). Касательная сила тяги трактора полностью реализуется в движущую. Величина тяговых усилий трактора в этом случае зависит лишь от непроизводительных затрат сил на самопередвижение трактора (с учетом уклона поля) и на буксование движителей. Непроизводительные затраты сил ( ) достигают своих максимальных значений на малосвязанных почвах (культивированное, вспаханное поле). Снизить их можно путем установки дополнительных почвозацепов, арочных шин, выравнивания полей.

1. **Разработка потенциальных тяговых характеристик тракторов**

2.1 Исходные данные

Марка (модель) трактора – задается преподавателем.

Почвенные условия (агрофон) - задается преподавателем.

Уклон поля *i*, % - задается преподавателем.

Номинальная эффективная (или эксплуатационная) мощность двигателя трактора , кВт – таблица П1.

*Э*ксплуатационный вес трактора *G*, кН - таблица П1.

Механический КПД трансмиссии трактора *ηм -* для колесных тракторов *ηм*=0,91…0,92; для гусеничных – *ηм*=0,86…0,88 (принимаются средние значения).

Доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движитель -

для колесных тракторов с формулой 4К2 - ≈0,67; для колесных с формулой 4К4 и для гусеничных тракторов - =1.

Коэффициент сцепления движителя трактора с почвой *μ* – таблица П2.

Коэффициент сопротивления качению трактора *-* таблица П2.

Допустимый коэффициент буксования движителя трактора - для колесных тракторов с формулой 4К2 =0,18; с формулой 4К4 – =0,15; для гусеничных тракторов *δ*д=0,05.

Интервал рабочих скоростей трактора , км/ч – для большинства сельскохозяйственных работ можно ограничиться 1…20 км/ч.

* 1. Расчет параметров, характеризующих тяговые свойства трактора

2.2.1 Определить скорость трактора, при которой достигается максимальное тяговое усилие

Скорость является пограничной. При меньших скоростях будет **недостаточное** сцепление движителя трактора с почвой, при больших - **достаточное.**

2.2.2 Определить максимальное тяговое усилие трактора , ограниченное сцепными свойствами трактора. Во всем диапазоне скоростей от до (зона **недостаточного** сцепления движителя с почвой) тяговое усилие будет постоянным и рассчитывается по формуле

Величина , определенная при работе на стерне колосовых культур нормальной влажности, характеризует тяговый класс трактора.

2.2.3 Рассчитать оптимальную скоростью трактора , при которой достигается максимальная тяговая мощность

Если расчетное значение скорости больше, чем , то принимается

, если , то принимается .

2.2.4 Определить максимальную тяговую мощность

где - коэффициент буксования при оптимальной скорости

2.2.5 Определить оптимальное тяговое усилие трактора , соответствующее максимальной тяговой мощности

2.2.6 Определить изменения тяговой мощности в интервале скоростей от до

Поскольку зависимость (2.7) прямолинейная, то достаточно рассчитать два значения - при минимальной скорости и при

2.2.5 Определить изменения коэффициента буксования, тяговой мощности и тягового усилия трактора в интервале скоростей от

до

Чтобы выявить характер изменений коэффициентов буксования , тяговой мощности трактора , и тягового усилия трактора , следует вычислить значения этих параметров при нескольких значениях скоростей из рассматриваемого диапазона. Результаты расчетов свести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Значения , , в рассматриваемом диапазоне скоростей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | =  = | | = | |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.2.6 Построить потенциальную тяговую характеристику трактора

(рисунок 2.1)



Рисунок 2.1- Общий вид потенциальной тяговой характеристика трактора

По потенциальной тяговой характеристике можно определить значения и при любой скорости в рассматриваемом диапазоне. Если на тракторе установлена ступенчатая коробка передач, то эти параметры определяются по скоростям, соответствующим передачам КПП трактора.

2.2.7 Провести анализ тяговых свойств трактора в заданных условиях работы (см. пример в пункте 2.3).

2.2.8 Вычислить максимальный (условный) тяговый КПД трактора по формуле

* 1. Пример разработки потенциальной характеристики трактора

Исходные данные

Марка (модель) трактора – МТЗ-920.

Почвенные условия (агрофон) – стерня зерновых колосовых культур.

Уклон поля *i*, % - 0.

Номинальная эффективная мощность двигателя трактора , кВт – 56,9 (таблица П1).

*Э*ксплуатационный вес трактора *G*, кН – 41 (таблица П1).

Механический КПД трансмиссии трактора *ηм*=0,915.

Доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движитель

=1

Коэффициент сцепления движителя трактора с почвой *μ=*0,85

(таблица П2).

Коэффициент сопротивления качению трактора(таблица П2).

Колесная формула 4К4 (таблица П1)

Допустимый коэффициент буксования движителя трактора =0,15.

Интервал рабочих скоростей трактора =1…20 км/ч.

Расчет параметров, характеризующих тяговые свойства трактора

2.3.1 Определим скорость трактора, при которой достигается максимальное тяговое усилие (формула 2.1)

Скорость является пограничной. При меньших скоростях будет недостаточное сцепление движителя трактора с почвой, при больших ̶ достаточное.

2.3.2 Определим максимальное тяговое усилие трактора . Во всем диапазоне скоростей от до тяговое усилие будет постоянным и рассчитывается по формуле (2.2)

2.3.3 Рассчитаем оптимальную скорость трактора , при которой достигается максимальная тяговая мощность по формуле (2.3).

Так как расчетное значение скорости больше, чем , то принимаем

.

2.3.4 Определим значение коэффициента буксования при оптимальной скорости по формуле (2.5)

2.3.5 Определим максимальную тяговую мощность по формуле (2.4)

2.3.6 Определим оптимальное тяговое усилие трактора , соответствующее максимальной тяговой мощности по формуле (2.7)

2.3.7 Определим значения коэффициентов буксования, тяговой мощности и тягового усилия трактора при различных скоростях в рассматриваемом диапазоне (формулы 2.8-2.10). Результаты расчетов сведем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры потенциальной тяговой характеристики

трактора МТЗ-920 на стерне зерновых колосовых культур

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры |  | | | | | | |
| *,* км/ч | 1,00 | 5,38 | 8, 00 | 10,00 | 13,00 | 16,00 | 20,00 |
|  | 0,15 | 0,15 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
|  | 7,4 | 40,0 | 40,4 | 39,9 | 38,5 | 36,7 | 34,0 |
| , кН | 26,8 | 26,8 | 18,2 | 14,4 | 10,7 | 8,3 | 6,1 |

2.3.8 Построим потенциальную тяговую характеристику трактора

МТЗ-920 для рассматриваемых условий (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 - Потенциальная тяговая характеристика трактора МТЗ-920

(агрофон - стерня зерновых колосовых культур)

По потенциальной тяговой характеристике можно определить значения и при любой скорости в рассматриваемом диапазоне. При ступенчатом изменении скорости эти параметры определяются на каждой передаче КПП трактора.

2.3.9 Проведем анализ тяговых свойств трактора МТЗ-920 в заданных условиях работы.

При работе трактора МТЗ-920 в составе агрегата для рассматриваемых условий скорость является границей между зонами достаточного и недостаточного сцепления движителя с почвой. В интервале скоростей от 1 до 5,38 км/ч (зона недостаточного сцепления движителя с почвой) тяговое усилие ограничено сцепными свойствами трактора. Величина тягового усилия трактора в этом интервале скоростей постоянна и является максимальной

При скорости достигается максимальная тяговая мощность , определяющая максимальный (условный) КПД трактора (см. формулу 2.11).

При оптимальной скорости номинальное тяговое усилие трактора и коэффициент буксования также оптимальны (

. Эти величины являются основополагающими при комплектовании сельскохозяйственных агрегатов с трактором МТЗ-920 для работ на стерневом почвенном фоне.

В зоне скоростей выше 5,38 км/ч (зона достаточного сцепления движителя с почвой) значения и уменьшаются по мере увеличения скорости движения агрегатов.

**3 Расчет (моделирование) машинно-тракторных агрегатов**

Расчет энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов преследует цель выбора энергетического средства и агрегатируемых с ним сельскохозяйственных машин, которые обеспечивают в конкретных условиях работы требуемое качество выполняемой технологической операции, максимальную производительность и минимальный расход топлива, т.е. минимальные энергетические затраты. Эта цель может быть достигнута в том случае, когда тяговый (или полный) КПД трактора, работающего в составе агрегата, будет близок к максимально возможному (условному) в заданных условиях, т.е.

где – мощность, необходимая для работы агрегата в заданных условиях,

кВт;

– номинальная эффективная (или, в зависимости от имеющейся

информации, эксплуатационная) мощность двигателя трактора, кВт;

– условный тяговый КПД трактора в заданных условиях работы;

– максимальная тяговая мощность трактора, кВт.

Критерию 3.1 соответствуют следующие критерии:

где - коэффициент использования максимальной тяговой мощности;

где - коэффициент использования тягового усилия трактора;

– тяговое сопротивление агрегата, кН;

- номинальное тяговое усилие трактора в заданных условиях, кН;

- оптимальный коэффициент использования тягового усилия

трактора (учитывая запас тягового усилия на преодоление

временных перегрузок, в среднем можно принимать ).

Основными параметрами, определяющими рациональность выбранного агрегата, являются его ширина захвата и скорость движения . Методика расчета этих параметров зависит от поставленной задачи и имеет несколько направлений.

**3.1 Первое направление**

При известном тракторе необходимо подобрать машину для выполнения конкретной сельскохозяйственной работы (вспашки, рыхления, дискования, культивации, боронования, прикатывания почвы, посева и т.п.).

Исходные данные формируют согласно указаниям преподавателя и справочных материалов, представленных в приложении.

3.1.1 Определяют параметры потенциальной тяговой характеристики заданного трактора в рассматриваемых условиях работы и строят график (см. раздел 2).

3.1.2 Определяют интервал скоростей движения агрегата, разрешенных при выполнении рассматриваемой сельскохозяйственной работы (технологически допустимые скорости) (таблица П3). Если нижний предел не определен, то можно условно ограничить (например, 3км/ч).

3.1.3 Определяют номинальное тяговое усилие трактора , возможное для реализации в агрегате при заданных условиях работы.

Если максимально возможная по агротехническим требованиям

скорость меньше (рисунок 3.1), то (формула 2.2)



Рисунок 3.1 - Графическое определение при

Если находится внутри диапазона (рисунок 3.2),

то (определяется по формуле 2.6).



Рисунок 3.2 - Графическое определение при

Если меньше (рисунок 3.3), то определяется при минимальной скорости , используя формулы (2.5 и 2.6).



Рисунок 3.3 - Графическое определение при

3.1.4 Определяют максимально возможную ширину захвата агрегата (м)

для пахотных агрегатов

где - удельное тяговое сопротивление соответственно машины необхо-

димого назначения ( кН/м) и плуга кН/м2; (задается преподавате-

лем или выбирается из таблицы П3). Для комплексных или ком-

бинированных агрегатов определяется путем суммирования

удельных тяговых сопротивлений отдельных машин (рабочих

органов), входящих в состав агрегата;

- глубина обработки почвы, м (задается преподавателем).

- оптимальный коэффициент использования тягового усилия

трактора (принимается =0,90).

3.1.5 Выбирают конкретную сельскохозяйственную машину (или машины) для выполнения заданной работы (таблица П6) по условию:

3.1.5.1 Если выбирается несколько однотипных машин, то определяется их число

(3.7)

где - количество однотипных машин, округленное до целого меньшего

числа;

- ширина захвата одной машины, м (таблица П6).

Ширина захвата многомашинного агрегата определится так:

. (3.8)

Для составления агрегата в этом случае необходимо подобрать сцепку. 3.1.5.2 Расчетный фронт сцепки определяют по формуле

(3.9)

Выбирают сцепку (таблица П6). Фронт выбранной сцепки должен удовлетворять условию: .

Тяговое сопротивление сцепки рассчитывают по формуле

, (3.10)

где – вес сцепки, кН (таблица П6);

- коэффициент сопротивления качению сцепки (таблица П2).

3.1.6 Тяговое сопротивление агрегата вычисляют по формуле

(3.11)

где – вес выбранной сельскохозяйственной машины, кН (таблица П6).

Тяговое сопротивление пахотных агрегатов определяют по формуле

где - вес плуга, кН (таблица П6).

3.1.7 Определяют рациональную скорость выбранного агрегата.

Если (рисунок 3.4) (диапазон скоростей находится в зоне **недостаточного** сцепления движителя трактора с почвой), то

(3.13)



Рисунок 3.4 – Графическое определение при

Если находится внутри диапазона скоростей (рисунок 3.5), т.е. , то расчетное значение рациональной скорости определяется по формуле

где -

При (рисунок 3.5) рациональная скорость равна расчетной величине, т.е. .

При (рисунок 3.6) рациональная скорость ограничивается максимально допустимой скоростью движения агрегата, т.е. .



Рисунок 3.5 – Графическое определение при

и



Рисунок 3.6 – Графическое определение при

и

Коэффициент буксования при скорости определяется по формуле

Если , то расчетная рациональная скорость определяется также по формуле (3.14). И в этом случае при (рисунок 3.7) рациональная скорость равна расчетной величине, т.е. , а при

(рисунок 3.8) рациональная скорость ограничивается максимально допустимой скоростью движения агрегата, т.е. .



Рисунок 3.7 – Графическое определение при

и



Рисунок 3.8 – Графическое определение при

и

3.1.8 Мощность, необходимую для работы агрегата в заданных условиях , определяют по формуле

Если у рассматриваемого трактора ступенчатая коробка передач, то в качестве основной рабочей передачи принимается та, скорость на которой наиболее близка к . В этом случае требуется уточнение расчетов по формуле (3.15).

3.1.9 Вычисляют тяговый КПД трактора , коэффициенты использования максимальной тяговой мощности и номинального тягового усилия трактора по формулам

3.1.10 Результаты расчетов целесообразно представить в графической форме и оценить по критериям 3.1 – 3.3 (см. примеры в разделе 4).

**3.2 Второе направление**

Для известной сельскохозяйственной машины (машин) выбирается трактор, обеспечивающий максимальную производительность агрегата при выполнении заданной технологической операции с минимальными энергетическими затратами. При этом руководствуются критериями (3.1) – (3.3).

Исходную информацию формируют на основании задания преподавателя и справочных материалов, представленных в приложении.

3.2.1 Определяют интервал скоростей движения агрегата, разрешенных при использовании заданной сельскохозяйственной машины (таблица П6). Если нижний предел не определен, то можно условно ограничить (например, 3км/ч).

3.2.2 Рассчитывают тяговое сопротивление агрегата по формуле 3.11 (для пахотных агрегатов – по формуле 3.12).

3.2.3 Определяют требуемую мощность для работы агрегата с известной

сельхозмашиной (машинами) при максимально возможной скорости .

3.2.4 Рассчитывают требуемую эффективную мощность двигателя трактора при максимально возможной скорости .

где - расчетная максимальная мощность двигателя трактора, кВт.

Значения коэффициентов , , , , , принимаются в зависимости от предполагаемого вида трактора (тип движителя, колесная формула) и условий его использования (агрофон, уклон поля). Исходные данные задает преподаватель и выбирают из справочных материалов таблицы П2 .

3.2.5 Определяют расчетный вес трактора , обеспечивающий достаточные сцепные свойства в рассматриваемых условиях при .

3.2.6 По известным техническим характеристикам (таблица П1) выбирают трактор, который удовлетворяет расчетным значениям и . Здесь возможен многовариантный путь, из которого, в конечном итоге, по критериям (3.1) – (3.3) выбирается лучший вариант.

3.2.7 Для выбранного трактора определяют параметры потенциальной тяговой характеристики и строят график (см раздел 2).

Дальнейшие расчеты и оценку выполненного решения поставленной задачи производят согласно указаниям пунктов 3.1.7 - 3.1.10.

**3.3 Третье направление**

При необходимости использования имеющегося трактора с конкретной сельскохозяйственной машиной задача сводится к определению рациональной скорости движения агрегата, при которой наиболее полно используются тяговые возможности трактора в рассматриваемых условиях. Исходные данные для расчетов задает преподаватель (вид сельскохозяйственной работы, агрофон, уклон поля, марку трактора, марку сельскохозяйственной машины, удельное тяговое сопротивление машины и т.п.), а также выбираются из справочных материалов приложения (см. подраздел 2.1).

3.3.1 Определяют параметры потенциальной тяговой характеристики заданного трактора в рассматриваемых условиях работы и строят график (см. раздел 2).

3.3.2 Определяют технологически допустимые скорости движения заданной сельскохозяйственной машины (таблица П6).

3.3.3 Вычисляют тяговое сопротивление агрегата ( формула 3.11 или, для пахотных агрегатов, 3.12).

3.3.4 Определяют рациональную скорость движения агрегата , сле-

дуя указаниям пункта 3.1.7.

3.3.5 Дальнейшие расчеты и оценку выполненного решения поставленной задачи производят согласно указаниям пунктов 3.1.8 - 3.1.10.

**4 Примеры расчетов при моделировании энергосберегающих**

**машинно-тракторных агрегатов**

4.1 **Пример первый.** Выбор сельскохозяйственной машины при известном энергетическом средстве

Задача – Требуется составить машинно-тракторный агрегат для дискования стерни тяжелыми боронами на глубину 0,06 – 0,08м на базе трактора New Holland (Т-7030).



Рисунок 4.1 – Трактор New Holland (Т-7030)

Исходная информация.

Для решения задачи формируем исходную информацию из справочных материалов, представленных в приложении.

**По трактору New Holland:** - колесная формула 4К4; эффективная мощность двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала (=2200 мин-1) 121кВт; эксплуатационный вес *G=*66кН (таблица П1); механический КПД трансмиссии= 0,915; допустимый коэффициент буксования δд=0,15 [2].

**По заданной работе.**

При дисковании стерни тяжелыми боронами на глубину 0,06 … 0,08м среднее значение удельного тягового сопротивления составляет: =5,0 кН/м. Технологически допустимые скорости движения … для таких агрегатов находятся в пределах 5…12км/ч (таблица П3).

**Условия работы агрегата:**

агрофон – стерня колосовых культур, коэффициент сцепления движителя трактора с почвой μ=0,80, коэффициент сопротивления качению трактора *f=*0,10 (таблица П2), уклон поля *i=*0%.

Решение задачи.

4.1.1 Определим параметры потенциальной тяговой характеристики трактора New Holland в заданных условиях работы (см. радел 2).

4.1.1.1 Определим скорость трактора, при которой достигается максимальное тяговое усилие (формула 2.1)

4.1.1.2 Определим максимальное тяговое усилие трактора по формуле (2.2).

4.1.1.3 Рассчитаем оптимальную скорость трактора , при которой достигается максимальная тяговая мощность , (формула 2.3)

Поскольку , то

4.1.1.4 Определим коэффициент буксования при оптимальной скорости по формуле (2.5)

4.1.1.5 Оптимальное тяговое усилие определим по формуле (2.6)

Максимальная тяговая мощность (формула 2.4) при этом составит:

4.1.2 Максимально возможную ширину захвата агрегата определим по формуле (3.4)

По справочным данным (таблица П6), для рассматриваемой сельскохозяйственной работы наиболее близко подходит дисковая борона БДМ-6х4ПК с конструктивной шириной захвата  *=*5,7м и весом *Gм*=57,9кН.

4.1.3 Тяговое сопротивление агрегата вычислим по формуле (3.11)



Рисунок 4.2 – Дисковая борона БДМ-6х4ПК

4.1.4 Определим рациональную скорость движения выбранного агрегата. Так как оптимальная скорость трактора находится внутри диапазона допустимых скоростей движения агрегата, т.е.,, то

рациональная скорость определяется по формуле (3.14).

Вначале рассчитаем параметры М и С (см. раздел 3)

М=3,6∙121∙0,915=398,6; С=28,5+66∙0,1=35,1.

Тогда

Так как , то .

Коэффициент буксования при этой скорости (формула 3.15) будет равен:

4.1.5 Необходимая для работы агрегата тяговая мощность трактора (согласно формулы 3.16) составит:

4.1.6 Тяговый КПД трактора (формулы 3.17) при этом будет равен:

а максимально возможный (условный) тяговый КПД трактора в рассматриваемых условиях работы агрегата (см. формулу 3.1) составит:

4.1.7 Коэффициенты использования максимальной тяговой мощности и номинального тягового усилия определим по формулам (3.17)

4.1.8 Анализ выполненных расчетов.

В рассматриваемых условиях работы агрегата значение тягового КПД трактора ( близко к максимально возможному (). Значения коэффициентов использования тяговой мощности и тягового усилия ( ) также удовлетворяют критериям энергосбережения (см. формулы 3.1-3.3). Поэтому можно заключить, что агрегат, состоящий из трактора New Holland Т-7030 и дисковой бороны БДМ-6х4ПК, работающий со скоростью 10,08км/ч, обеспечит в рассматриваемых условиях требования энергосбережения.

4.1.9 Графоаналитическое решение задачи представим на рисунке 4.3.

Для этого рассчитаем значения параметров потенциальной тяговой характеристики трактора New Holland Т-7030 в рассматриваемом диапазоне скоростей по формулам (2.8-2.10).

Таблица 4.1 – Значения параметров потенциальной тяговой характеристики

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | = 7,55км/ч  =8,27км/ч  0,137 | | =38,3кН | |  | |  | |
|  | 5,00 | 7,55 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 |
| δ | 0,150 | 0,150 | 0,142 | 0,126 | 0,113 | 0,103 | 0,094 | 0,087 |
|  | 53,2 | 80,3 | 80,4 | 80,3 | 79,8 | 79,2 | 78,3 | 77,2 |
|  | 38,30 | 38,3 | 36,2 | 32,1 | 28,7 | 25,9 | 23,5 | 21,4 |

Рисунок 4.3 – Графическое отображение расчета агрегата

New Holland Т-7030 + БДМ-6х4ПК

4.2 **Пример второй.** Выбор трактора для работы с известной сельскохозяйственной машиной

Задача – Требуется составить машинно-тракторный агрегат для «гладкой» вспашки почвы на глубину 0,25м полунавесным оборотным плугом Квернеланд PN – 100 по дискованной стерне на поле с уклоном 5%.



Рисунок 4.4- Плуг Квернеланд PN – 100

Исходная информация.

Плуг Квернеланд PN – 100 (7+1) со ступенчатой регулировкой ширины захвата корпусов (0,35; 0,40; 0,45м) и возможностью изменения их количества (7+1). Эксплуатационный вес базовой модели плуга *G*пл=36,4кН, технологически допустимые рабочие скорости движения находятся в пределах от 4 до 7 км/ч (таблица П6), удельное тяговое сопротивление плуга (тяжелые почвы) *k*пл=60кН/м2 (таблица П4).

Условия использования трактора:

предполагается использовать трактор, имеющий гусеничный движитель, у которого механический КПД трансмиссии ηм=0,87; допустимый коэффициент буксования =0,05; коэффициент использования сцепного веса λ=1, коэффициент сцепления движителя трактора с почвой μ= 0,85, коэффициент сопротивления качению трактора *f*=0,10 (таблица П2).

Решение задачи.

4.2.1 Рассмотрим восьмикорпусной вариант плуга с шириной захвата одного корпуса 0,4м. Конструктивная ширина захвата в этом случае будет равна *В*пл=3,2м. Тяговое сопротивление плуга определим по формуле (3.12)

*R*пл= 3,2∙60∙0,25+36,4∙5/100 = 49,8кН.

4.2.2 Мощность, необходимую для работы пахотного агрегата при

, определим по формуле (3.18)

4.2.3 Требуемую максимальную эффективную мощность двигателя трактора рассчитаем по формуле (3.19)

4.2.4 Определим расчетный вес трактора , обеспечивающий достаточные сцепные свойства в рассматриваемых условиях при по формуле (3.20)

4.2.5 Ориентируясь на технические характеристики тракторов (таблица П1), остановим свой выбор на тракторе тягового класса 5 Алтайского тракторного завода Т-501, у которого номинальная эффективная мощность двигателя кВт, эксплуатационный вес - кН.



Рисунок 4.5 – Трактор Т-501

4.2.6 Рассчитаем параметры потенциальной тяговой характеристики этого трактора.

Вначале определим скорость, при которой достигается максимальное тяговое усилие по формуле (2.1)

Далее рассчитаем оптимальную скорость , при которой достигается максимальная тяговая мощность (формула 2.3)

Поскольку , то принимаем .

Так как , то (формула 2.2)

Коэффициент буксования в этом случае будет равен допустимому, т.е.,

.

Максимальную тяговую мощность трактора определим по формуле (2.4)

Для построения графика потенциальной тяговой характеристики трактора вычислим промежуточные значения ее параметров в диапазоне рассматриваемых скоростей движения по формулам (2.8-2.10). Результаты расчетов сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Значения параметров потенциальной тяговой характеристики

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ; | | | | | |
|  | 3,00 | 4,76 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 |
|  | 0,050 | 0,050 | 0,048 | 0,040 | 0,034 | 0,030 |
|  | 62,46 | 99,06 | 98,22 | 94,49 | 90,46 | 86,26 |
|  | 75,0 | 75,0 | 70,7 | 56,7 | 46,5 | 38,8 |

4.2.7 Определим рациональную скорость пахотного агрегата .

Так как оптимальная скорость находится внутри рассматриваемого диапазона скоростей, т.е., , то рациональную скорость рассчитаем по формуле (3.14). Вначале вычислим параметры М и С.

М=3,6∙147,2∙0,87=461; С=49,8+114(0,1+5/100)=66,9

Тогда

Так как то

4.2.8 Требуемая для работы агрегата мощность (формула 3.20) при скорости составит:

4.2.9 Тяговый КПД трактора(формулы 3.21) будет равен:

а максимально возможный (условный)тяговый КПД трактора в рассматриваемых условиях работы агрегата (формула 3.1) составит:

Коэффициент использования максимальной тяговой мощности (формулы 3.20) будет равен:

Коэффициент использования номинального тягового усилия трактора составит:

4.2.10 Представим решение рассматриваемой задачи в графоаналитической форме (рисунок 4.6)

Рисунок 4.6 – Графическое отображение расчета агрегата Т-501+ PN-100

Пересечение линий, характеризующих изменения номинальных тяговых усилий трактора и тягового сопротивления плуга в установленном диапазоне скоростей движения, определяет рациональную скорость выбранного агрегата.

4.2.11 Анализ результатов расчетов.

Как видно из полученных результатов, выбранный трактор Т-501 для работы с плугом PN-100 (7+1) (восьмикорпусной вариант с шириной захвата корпуса 0,4м) при рабочей скорости 6,64км/ч в заданных условиях удовлетворяет условиям энергосбережения (критерии 3.1-3.3).

В тоже время, для нахождения оптимального решения следует рассмотреть и другие варианты агрегатов. Например, выбрать другую марку трактора, отвечающую требованиям, определенным в пунктах. 4.2.3, 4.2.4, или рассмотреть иную комплектацию плуга PN-100 (7+1) с меняющейся рабочей шириной захвата. Оптимальным, при заданных условиях работы, будет тот вариант агрегата, при котором достигается максимальная производительность и минимальный расход топлива на единицу выполняемой работы.

4.3 **Пример третий.**  Определение рационального скоростного режима работы агрегата известного состава

Задача – Определить рациональный скоростной режим работы агрегата, состоящего из трактора ХТЗ-150К-09 и дискового комбинированного агрегата ДАКН-3,3Н.



Рисунок 4.7 Трактор ХТЗ-150К-09



Рисунок 4.8 Комбинированный агрегат ДАКН-3,3Н

Исходная информация.

Сельскохозяйственная работа – предпосевная обработка почвы на глубину 0,14м.

Условия работы: агрофон – поле, мульчированное пожнивными остатками; рельеф ровный (*i*=0%).

Необходимые для расчетов данные по рассматриваемому агрегату формируем из справочных материалов, представленных в приложении:

- **по трактору ХТЗ-150К-09** – колесная формула 4К4; номинальная эффективная мощность двигателя =128,8кВт; эксплуатационный вес трактора *G*=83,5 кН; коэффициент использования сцепного веса *λ*=1; механический КПД трансмиссии *ηм*=0,915; коэффициент сцепления движителя с почвой *μ*=0,75; коэффициент сопротивления качению *f*=0,12; допустимый коэффициент буксования *δ*д =15%;

- **по агрегату ДАКН-3,3Н** – навесной комбинированный агрегат, включающий в себя дисковую борону с удельным тяговым сопротивлением *k*д=3,6кН/м, два ряда ножевых борон (*k*б=1,2кН/м), планчатый каток (*k*к=0,7кН/м). Конструктивная ширина захвата агрегата *В*аг=3,3м, агротехнически допустимые скорости движения

Решение задачи.

Решение поставленной задачи сводится к определению рациональной скорости движения агрегата, при которой выполняются критерии (3.1 –3.3).

4.3.1 Определим параметры потенциальной тяговой характеристики трактора в заданных условиях.

4.3.1.1 Скорость , при которой достигается максимальное тяговое усилие, определим по формуле (2.1)

4.3.1.2 Рассчитаем оптимальную скорость , при которой достигается максимальная тяговая мощность, по формуле (2.3)

Поскольку , то

4.3.1.3 Максимальную тяговую мощность трактора определим по формуле (2.4)

4.3.1.4 Номинальное тяговое усилие в этом случае определяется по формуле (2.5), т.к. . Коэффициент буксования при будет равен:

4.3.1.5 Определим промежуточные значения параметров тяговой характеристики трактора в установленном диапазоне скоростей по формулам (2.8-2.10) и занесем их в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Значения параметров потенциальной тяговой характеристики

трактора ХТЗ-150К в рассматриваемом диапазоне скоростей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ; | | | | | |
|  | 6,77 | 9,00 | 10,00 | 11,00 | 13,00 | 15,00 |
|  | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
|  | 81,3 | 79,5 | 78,0 | 76,3 | 72,5 | 68,1 |
|  | 43,2 | 31,8 | 28,1 | 25,0 | 20,1 | 16,3 |

4.3.2 Определим тяговое сопротивление агрегата по формуле (3.14), учитывая, что удельное тяговое сопротивление комбинированного агрегата складывается из отдельных удельных тяговых сопротивлений его рабочих органов

*Rаг=*3,3 (3,6+1,2+0,7)=18,8кН.

4.3.3 Рациональную скорость движения агрегата определим по формуле (3.14), так как . Для этого вначале вычислим значения параметров М и С: М=3,6∙128,8∙0,915=424,3; С= 18,8+83,5∙0,12=28,8

Так как , то

4.3.4 Необходимую тяговую мощность для работы агрегата при рациональной скорости определим по формуле (3.16),

4.3.5 Тяговый КПД трактора (формулы 3.17) составит:

при максимально возможном (условном) для данного трактора в рассматриваемых условиях работы (формула 3.1) –

4.3.6 Коэффициент использования максимальной тяговой мощности (формулы 3.17) будет равен:

Коэффициент использования тягового усилия трактора составит:

4.3.7 Графическое отображение решаемой задачи представим на рисунке 4.9.

Рисунок 4.9 – Графическое отображение расчета агрегата

ХТЗ-150К+ДАКН-3,3Н

4.3.8 Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод, что при работе рассматриваемого агрегата со скоростью 13,6км/ч будут наиболее полно использоваться тяговые возможности трактора.

Однако следует отметить, что рассматриваемый состав агрегата нельзя назвать оптимальным. Так коэффициент использования тягового усилия почти в 2 раза меньше оптимального, а тяговый КПД меньше условного на 16%.

**5 Расчет технико-экономических показателей работы**

**машинно-тракторных агрегатов**

Основными технико-экономическими показателями работы машинно-тракторных агрегатов являются производительность , расход топлива на единицу выполняемой работы , удельные затраты тепловой энергии Э и удельные затраты труда Зт.

5.1 Производительность агрегата за 1 час сменного времени рассчитывают по формуле

*,* (5.1)

где - рабочая ширина захвата агрегата, м;

- рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

- коэффициент использования времени смены.

(5.2)

где - конструктивная ширина захвата агрегата, м; (см. раздел 3);

- коэффициент использования ширины захвата (таблица П7).

Рабочую скорость агрегата можно принять равной рациональной, т.е.

(см. раздел 3). Если трактор, работающий в агрегате, имеет ступенчатую коробку передач, то рабочую скорость определяют по потенциальной тяговой характеристике на той передаче, где скорость наиболее близка к (см. раздел 2).

Коэффициент использования времени смены определяют по формуле

где – чистое рабочее время смены, ч;

– время смены, ч (в расчетах принимают ).

Чистое рабочее время определяется из баланса времени смены

где – затраты времени на повороты и переезды агрегата, ч;

– затраты времени на технологическое обслуживание агрегата, ч;

– затраты времени на ежесменное обслуживание агрегата, ч;

– затраты времени на физиологические потребности механизатора, ч.

Точные значения составляющих баланса времени смены определяют по «фотографии рабочего дня» экспериментально в конкретных производственных условиях. При отсутствии таких сведений для ориентировочных расчетов принимаются средние значения.

Коэффициент выбирают из таблицы П8. Тогда из формулы (5.3) имеем:

Затраты времени на технологическое и техническое обслуживание агрегата можно приближенно определить по выражению

где – доля времени остановок агрегата на техническое и технологическое

обслуживание, приходящаяся на 1 час сменного времени, ч

Для агрегатов с технологической емкостью (сеялки, подкормщики, машины для внесения удобрений и средств защиты растений) можно принять ; для агрегатов без технологической емкости (плуги, дискаторы, бороны, культиваторы, жатки, косилки, грабли и др.) - Значения приняты на основании обобщения производственного опыта.

Затраты времени на физиологические потребности механизатора (по данным нормативных служб России) составляют

Затраты времени на повороты и переезды агрегата определяются из формулы (5.4). С учетом (5.5-5.7), после преобразований можно записать:

5.2 Сменную производительность агрегата (норму выработки) определяют по формуле  
   
   
 5.3 Расчетный расход топлива на единицу выполняемой работы вычисляют по формуле

где - расчетный расход топлива на единицу выполняемой работы, кг/га;

– часовой расход топлива, соответственно, при рабочем ходе,

при холостом ходе и при остановках агрегата с работающим двига-

телем, кг/ч;

– затраты времени, соответственно, на рабочий ход, на холостой

ход и на остановки агрегата с работающим двигателем, ч.

Часовой расход топлива при рабочем ходе (при номинальной загрузке двигателя трактора) вычисляется по формуле

где – номинальная эффективная мощность двигателя трактора, кВт;

– удельный расход топлива двигателем трактора, г/кВт∙ч (таблица П1).

Часовой расход топлива при холостом ходе и при остановках агрегата с работающим двигателем, на основании обобщения известных данных [5, 6,7], можно приближенно определить по соотношениям:

Затраты времени на остановки агрегата с работающим двигателем складываются из суммы затрат времени на технологическое и техническое обслуживание агрегата, а также затрат времени на физиологические потребности механизатора [5], т.е.

С учетом выражений (5.5, 5.8, 5.9, 5.11-5.13), после преобразований, формулу (5.10) можно представить в виде:

5.4 Удельные затраты тепловой энергии определяют по формуле

где Э - удельные энергетические затраты, МДж/га;

42,7 – низшая теплотворная способность дизельного топлива, МДж/кг.

5.5 Удельные затраты труда определяют по формуле

- удельные затраты труда, чел.-ч/га;

– число, соответственно, механизаторов и вспомогательных рабочих,

обслуживающих агрегат.

5.6 Пример расчета технико-экономических показателей агрегата

New Holland Т-7030 + БДМ-6х4, рассмотренного в подразделе 4.1.

5.6.1 Исходные данные: конструктивная ширина захвата агрегата

; коэффициент использования ширины захвата (таблица П7); рациональная скорость движения ; эффективная мощность двигателя трактора ; удельный расход топлива двигателем трактора (таблица П1); агрегат обслуживает один механизатор; коэффициент использования времени смены (таблица П8).

5.6.2 Определим рабочую ширину захвата агрегата (формула 5.2)

5.6.3 Определим производительность агрегата за 1 час сменного времени (формула 5.1)

5.6.4 Сменная производительность агрегата составит

5.6.5 Расход топлива на единицу выполняемой работы определим по формуле (5.14). При этом будем иметь в виду, что агрегат без технологической емкости и доля времени остановок агрегата с работающим двигателем от одного часа сменного времени составляет (см. пункт 5.1).

5.6.6 Удельные затраты тепловой энергии определим по формуле (5.15)

5.6.7Удельные затраты труда будут равны (формула 5.16)

Полученные результаты расчетов позволяют установить нормы выработки и расхода топлива, а также удельные затраты труда и тепловой энергии на выполнение рассматриваемой работы конкретным машинно-тракторным агрегатом. Эти данные являются ориентировочными и требуют уточнения в производственных условиях.

**Список использованных источников**

1. Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника» [Электронный ресурс] / АГРОБИЗНЕС. КОНСАЛТИНГ. – Электрон. дан. [info@agrobase.ru](mailto:info@agrobase.ru). – Режим доступа: http //[**www\\ agrobase.ru**](http://www.agrobase.ru)**,** свободный. – Загл. с экрана.

2. Карабаницкий А. П. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: учеб. пособие / А. П. Карабаницкий, О. А. Левшукова. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 104 с.

3. Маслов Г. Г. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / Г. Г. Маслов [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 326 с.

4. Нормативно-справочные материалы по планированию работ в сельскохозяйственном производстве: сборник. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.

5. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. В 2 ч. Ч. 1 / под ред. С. М. Бунина – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 340 с.

6. Эксплуатационные показатели новых технических средств для растениеводства (рекомендации) / А. Т. Табашников [и др.] – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Справочные материалы**

(Сформированы на основе обобщения данных,

представленных в вышеуказанных источниках)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  (модель) | Модельный ряд | Колесная формула | Эффективная  мощность двигателя *Nе,* кВт | Эксплуатационный вес *G*, кН | Номинальная частота вращения к/в, мин-1. | Удельный расход  топлива *q,* /кВт∙ч | Кинематическая  длина *l*т*,* м |
| Т я г о в ы й к л а с с 2 | | | | | | | |
| New Holland  TDK | 80 | гусени-чный | 58,5 | 41,0 | 2500 | 213 | 1,6 |
| 100 | 69,0 | 49,5 | 201 |
| Т-70 | С, СМ-4 | то же | 51,5 | 42 | 2100 | 262 | 1,8 |
| СМ-В4 | 39 |
| Т я г о в ы й к л а с с 3 | | | | | | | |
| ВТЗ | ДТ-75М | то же | 66,2 | 61,1 | 1750 | 238 | 2,3 |
| ВТ-100Д | 88,0 | 77,0 | 234 | 2,4 |
| ХТЗ | Т-150 | то же | 110,4 | 69,8 | 2000 | 240 | 2,6 |
| Т-150-05-09 | 128,7 | 81,5 | 2100 | 220 |
| ХТЗ-181(07) | 139,7 | 90,5 | 2,8 |
| Т я г о в ы й к л а с с 4 | | | | | | | |
| МТЗ | 2102 | то же | 156,0 | 108,0 | 2100 | 227 | 3,0 |
| Алтайский трактор | Т-4-01 | то же | 95,7 | 80,8 | 2000\* | 224 | 2,4 |
| Т-402А(01) | 117(110) | 88,3 | 1850\* |
| Т404 | 110,0 | 109,5 | 2100\* | 238 | 3,1 |
| Т-501 | 147,2 | 114,0 | 234 |
| Т я г о в ы й к л а с с 5 и в ы ш е | | | | | | | |
| ВТ | 200 | то же | 158,0 | 92.0 | 2000 | 210 | 2,9 |
| Challenger | MF-700 | то же | 200 | 117,6 | 2100 | 210\* | 3,5 |
| MF-800 | 260 | >130\* |
| John Deere  9020T | 9320Т | то же | 280 | 176,9 |
| 9420Т | 317 | н/д |
| 9520Т | 336 | н/д |

Таблица П1 - Техническая характеристика тракторов

Продолжение таблицы П1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка  (модель) | Модельный ряд | Колесная формула | Эффективная  мощность двигателя ***Nе***, кВт | Эксплуатационный вес ***G*,** кН | Номинальная частота вращения к/в, мин-1. | Удельный расход  топлива q, г/кВт∙ч | Кинематическая  длина *l*т, м |
| Т я г о в ы й к л а с с 0,9 | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| ВТЗ | Т – 25А | 2К4 | 18,4 | 17,8 | 1800 | 247 | 1,0 |
| Т-30А-80 | 4К4 | 22,1 | 24,9 | 200 | 245 | 1,8 |
| Т я г о в ы й к л а с с о т 0,9 д о 1,4 | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| МТЗ-500 | 510 | 2К4 | 42,0 | 34,3 | 1700 | 225 | 1,1 |
| 522 | 4К4 | 46,0 | 36,4 | 1800 | 220 | 2,0 |
| ЛТЗ | 60А | 4К4 | 42.3 | 30\* | 2000 | 245 | 2,0 |
| Т я г о в ы й к л а с с о т 1,4 д о 2,0 | | | | | | | |
| Беларус | МТЗ-80 | 2К4 | 60,0 | 38,7 | 2200 | 220 | 1,2 |
| 82.1 | 4К4 | 60,0 | 40,0 | 2200 | 220 | 2,0 |
| 920 | 4К4 | 62,0 | 41,0 | 1800 | 220 | 1,2 |
| 1021 | 4К4 | 77,0 | 51,9 | 2200 | 226 | 2,2 |
| ЛТЗ | 65Б | 4К4 | 65 | 43,8 | 1800 | 230\* | 2,3 |
| 120Б | 91 | 44,3 |
| ЮМЗ | 6АКМ | 4К4 | 47,8 | 38,0 | 1800 | 235 | 2,3 |
| 10240 | 74,0 | 45,3 | 239 |
| New Holland | TND-A | 2К4 | 66,0 | 32,5 | 2300 | 220\* | 1,4 |
| T6000 | 4К4 | 93,0 | 50 | 2200 |  | 2,2 |
| Т я г о в ы й к л а с с о т 2,0 д о 3,0 | | | | | | | |
| Беларус | 1221 | 4К4 | 96 | 53 | 2100 | 226 | 2,5 |
| 1523 | 60,0 | 40,0 | 2200 | 220 | 2,4 |
| ЛТЗ | ЛТЗ-155.4 | 4К4 | 110 | 59,81 | 1850 | 230 | 2,6 |
| John Deere | 620 | 4К4 | 66 | 44 | 2200\* | 210\* | 2,4 |
| Продолжение таблицы П1 | | | | | | | |
| Марка  (модель) | Модельный ряд | Колесная формула | Эффективная  мощность двигателя ***Nе***, кВт | Эксплуатационный вес ***G*,** кН | Номинальная частота вращения к/в, мин-1. | Удельный расход  топлива q, г/кВт∙ч | Кинематическая  длина *l*т, м |
| New Holland | N-7500 | 4К4 | 104 | 63,9 | 2100 | 210\* | 2,4 |
| Challenger | WT-500 | 4К4 | 107,5 | 75,0 | 2300 | 220\* | 2,8 |
| Agrotrac | 125 | 4К4 | 92,4 | 49,4 | 2350 | 220\* | 2,3 |
| Т я г о в ы й к л а с с о т 3,0 д о 5,0 | | | | | | | |
| ХТЗ | 150К | 4К4 | 128,8 | 83,5 | 2100 | 234 | 3,1 |
| 17021 | 132,4 | 87,0 | 217 | 3,4 |
| МТЗ | 2022 | 4К4 | 156 | 55 | 2100 | 227 | 3,3 |
| Кировец | К-3140АТМ | 4К4 | 103 | 61 | 2100 | 200 | 2,6 |
| Challenger | MT-600B | 4К4 | 158 | 90,4 | 2200 | 210\* | 2,7 |
| New Holland | Т-7030 | 4К4 | 121 | 66 | 2200 | 205 | н/д |
| Т я г о в ы й к л а с с о т 5,0 и в ы ш е | | | | | | | |
| МТЗ | 2522(Д) | 4К4 | 184 | 108 | 2100 | 240 | 3,1 |
| Кировец | К-701 | 4К4 | 221 | 125 | 2200 | 240\* | 3,6 |
| К744(Р) | 184 | 134 | 1900 | 237 |
| К-9000 | 250 | 140 | 2000 | 213 | 3,8 |
| Claas | Axion 850 | 4К4 | 171 | 120 | 2200\* | 230 | 2,9 |
| Atles 946 | 202 | 2,6 |
| Xerion 3800 | 253 | 2100 | 3,5 |
| New Holland | Т-8000 | 4К4 | 182 | 134 | 2200 | 210 | н/д |
| Т-9000 |  | 286 | 207 | 2000 |
| Challenger | MT-900 | 4К4 | 425 | 140 | 2000 | 200\* | 4,2 |
| John Deere | 9030 | 4К4 | 390 | 255 | 2100 | 205\* | 3,8 |

Примечания

1 Справочные материалы подготовлены на основе информации Автоматизированной Справочной Системы «Сельхозтехника» (Выпуск 3).

2. В таблицы включены основные марки и модели тракторов как отечественных, так и зарубежных производителей. Все представленные тракторы поступают на рынок России.

3. «Звездочкой» (\*) отмечены неуточненные (приблизительные) значения параметров.

4. Ориентировочные цены тракторов представлены по состоянию на 01.01.2010г.

5. При необходимости уточнения данных по сельскохозяйственной технике следует обратиться по адресу: [info@agrobase.ru](mailto:info@agrobase.ru).

Таблица П2 - Обобщенные значения коэффициентов сцепления ***μ* ,** сопротивления качению тракторов ***f*** и сельскохозяйственных машин (сцепок) ***f*м**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Агрофон | *μ* | | *f* | | *f*м |
| Колесный трактор | Гусеничный трактор | Колесный трактор | Гусеничный трактор |
| Залежь, пласт многолетних трав, уплотненная стерня | 0,90 | 1,00 | 0,05 | 0,07 | 0,05 |
| Стерня зерновых колосовых и однолетних трав | 0,85 | 0,95 | 0,07 | 0,08 | 0,08 |
| Поле после уборки кукурузы и подсолнечника | 0,80 | 0,90 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| Дискованная  (взлущенная) стерня | 0,75 | 0,85 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Поле, подготовленное под посев | 0,70 | 0,80 | 0,15 | 0,10 | 0,16 |
| Культивированное поле, дискованная пашня | 0,65 | 0,75 | 0,16 | 0,10 | 0,18 |
| Слежавшаяся, уплотненная пашня | 0,60 | 0,70 | 0,18 | 0,11 | 0,20 |
| Свежевспаханное поле | 0,55 | 0,65 | 0,20 | 0,12 | 0,25 |

Таблица П3 - Обобщенные данные по видам сельскохозяйственных работ (удельные тяговые сопротивления машин – kм, средний удельный вес машин – qм, интервал технологически допустимых скоростей движения – Vmin…Vmax).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид сельскохозяйственной работы | Глубина  обработки, см | kм,  кН/м | qм ,  кН/м | Vmin…Vmax,  км/ч |
| Лущение стерни дисковыми орудиями типа ЛДГ | 6-8 | 2,0-2,2 | 2,5 | 8-12 |
| 8-10 | 2,3-2,4 |
| Дискование стерни боронами типа БД | 6-8 | 3,0-3,2 | 4,1 | 8-11 |
| Лемешное лущение  стерни | 10-12 | 7,5-8,0 | 4,8 | 6-10 |
| 12-14 | 10,0-10,2 |
| Дискование стерни тяжелыми боронами типа БДТ | 6-8 | 4,4-5,1 | 10-12 | 6-12 |
| 8-10 | 6,5-6,7 |
| 10-12 | 6,7-6,9 |
| Дискование зяби боронами типа БД | 8-10 | 3,5-3,8 | 4,8 | 6-10 |
| Дискование зяби тяжелыми боронами типа БДТ | 8-10 | 4,5-4,6 | 10-12 | 6-12 |
| Обработка почвы комбинированными агрегатами типа АКП, АКВ, КМ | 8-10 | 9,0-9,1 | 8-10 | 6-12 |
| 10-12 | 9,5-9,7 |
| 12-14 | 10,0-10,5 |
| 16-18 | 11,0-11,3 |
| Рыхление почвы без оборота пласта агрегатами типа ОПО-4,25 | 6-8 | 3,6-3,7 | 6-7 | 5-10 |
| 14-16 | 7,1-7,2 |
| Выравнивание почвы агрегатами типа ВП | \_ | 3,2-3,3 | 2-4 | 5-9 |
| Прикатывание почвы:  гладкими катками,  кольчато-шпоровыми | - | 0,8-1,2 | 4,0 | 7-12 |
| - | 0,6-0,9 | 3,0 | 9-13 |
| Продолжение таблицы П3 | | | | |
| Вид сельскохозяйственной работы | Глубина  обработки, см | kм,  кН/м | qм ,  кН/м | Vmin…Vmax,  км/ч |
| Боронование почвы:  сетчатыми боронами;  зубовыми боронами;  ножевыми боронами;  пружинными боронами | 3-4 | 0,4-0,6 | 0,2-0,4 | 9-12 |
| 3-4 | 0,7-0,9 | 0,4-0,6 | до 12 |
| 6-8 | 1,1-1,3 | 0,8 | 9-15 |
| 4-6 | 1,2-1,5 | 0,5 | 7-12 |
| Сплошная культивация почвы культиваторами типа КТП, КТС, КПЭ, КШУ | 6-8 | 2,0-2,1 | 3,0-4,0 | 6-12 |
| 8-10 | 2,9-3,1 |
| 10-12 | 3,5-3,7 |
| 12-14 | 4,4-4,5 |
| 14-16 | 5,0-5,5 |
| Обработка почвы плоскорезами типа КПШ | 8-10 | 4,0-5,0 | 2,5-3,0 | 6-10 |
| 10-12 | 4,0-5,4 |
| Обработка почвы плоскорезами типа КПГ, ПГ | 25-27 | 10,0-11,5 | 2,0-3,3 | 6-10 |
| 28-30 | 12,4-13,0 |
| Глубокое рыхление почвы агрегатами типа ПРПВ | 27-30 | 12,8-13,0 | 5,0-5,5 | 6-10 |
| 30-35 | 13,0-13,5 |
| 40-43 | 14,0-14,5 |
| Чизельное рыхление почвы агрегатами типа ПЧНК, ПЧ | 14-16 | 7,8-8,0 | 4,0-4,5 | 5-8 |
| 30-35 | 11,0-14,0 |
| 35-40 | 16,0-18,0 |
| Посев зерновых колосовых сеялками типа СЗ: | 3-4 | 1,7-1,9 | 3,7-5,0 | до 12 |
| без внесения удобрений |
| с внесением удобрений | 3-4 | 2,1-2,2 |
|  |  |  |  |  |
| Продолжение таблицы П3 | | | | |
| Вид сельскохозяйственной работы | Глубина  обработки, см | kм,  кН/м | qм ,  кН/м | Vmin…Vmax,  км/ч |
| Посев зерновых колосовых по стерне комбинированными агрегатами типа АУП | 6-8 | 4,8-4,9 | 8,0-9,0 | до 11 |
| Посев кукурузы и подсолнечника сеялками типа СУПН | 4-6 | 1,2-1,4 | 2,2-2,5 | до 10 |
| Посев сахарной свеклы (сои) сеялками типа ССТ | 4-6 | 1,0-1,2 | 2,0-2,5 | 4-9 |
| Прикатывание посевов | - | 1,2-1,4 | 2,5-3,0 | 9-13 |
| Боронование до и после всходов | - | 0,7-1,0 | 0,4-0,6 | 3-9 |
| Междурядная культивация без внесения удобрений | 4-6 | 1,5-1,8 | 2,7-3,5 | 6-13 |
| 6-8 | 1,6-1,9 |
| 8-10 | 2,2-2,3 |
| 10-12 | 2,4-2,5 |
| Междурядная культивация с внесением удобрений | 4-6 | 1,7-1,9 | 2,7-3,5 | 6-13 |
| 6-8 | 1,8-2,0 |
| 8-10 | 2,5-2,6 |
| 10-12 | 2,6-2,9 |
| 12-14 | 2,7-2,9 |
|  |  |
|  | | | | |
| Таблица П4 - Обобщенные данные по пахотным агрегатам | | | | |
| Вид сельскохозяйственной работы | Тип почв | kпл,  кН/м2 | qпл ,  кН/м | Vmin…Vmax *,*  км/ч |
| Вспашка почвы прицепными плугами | легкие | до 35 | 8-9 | 4,5-8,5 |
| средние | 35-50 |
| тяжелые | 50-85 |
| весьма тяжелые | свыше 85 |
| Вспашка почвы навесными и полунавесными плугами | легкие | до 30 | 5-8 | 7,0-12,0 |
| средние | 30-42 |
| тяжелые | 42-72 |
| весьма тяжелые | свыше 72 |

Таблица П5 – Мощность N*вом*, необходимая для привода рабочих органов сельскохозяйственных машин

|  |  |
| --- | --- |
| Тип сельскохозяйственной машины | N*вом*, кВт |
| Комбайн кормоуборочный | 20-25 |
| Косилка-измельчитель | 13-17 |
| Разбрасыватель органических удобрений, опрыскиватель | 10-15 |
| Разбрасыватель минеральных удобрений | 8-12 |
| Ботвоуборочная машина | 9-12 |
| Опрыскиватель штанговый | 10-12 |
| Опыливатель | 9-10 |
| Жатка валковая | 5-9 |

Таблица П6 - Техническая характеристика сельскохозяйственных машин

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Плуг лемешный отвальный | ПЛН-3-35П | 1,05 | 4,8 | 7-10 |
| ПЛН-4-35 | 1,40 | 7,4 | 7-10 |
| ПЛН-5-35 | 1,75 | 9,0 | 6-8 |
| ПЛП-6-35 | 2,1 | 12,3 | 6-8 |
| ПЛП-7-35 | 2,45 | 26,5 | 7-9 |
| ПН-8-35У | 2,80 | 21,0 | 7-9 |
| ПТК-9-35 | 3,15 | 33,85 | 7-11 |
| ПНТК-10-35 | 3,5 | 26,45 | 7-11 |
| ПН-3-40 | 1,2 | 4,8 | 6-8 |
| ПНА-4-40 | 1,6 | 6,8 | 7-9 |
| ПКМ-5-40Р | 1,5-2,5 | 18,5 | 7-9 |
| ПКМ-6-40Р | 1,8-3,0 | 20,5 | 7-9 |
| ПГБ-7-40Б-2 | 2,8 | 24,55 | 7-10 |
| ПНУ-8-40 | 3,2 | 23,15 | 5-12 |
| ПГУ-4-45 | 1,8 | 13,2 | 7-10 |
| ПГУ-5-45 | 2,25 | 15,9 | 7-10 |
| ПРК-7-45 | 3,05 | 20,0 | 6-10 |
| ПРК-8-45 | 3,50 | 22,0 | 6-10 |
|  |  |  |  |
| Плуг скоростной комбинированный | ПСК-4 | 2,4 | 8,7 | 5-10 |
| ПСК-5 | 3,0 | 9,8 | 5-10 |
| ПСК-6 | 3,6 | 13,5 | 5-10 |
| ПСК-8 | 1,6-3,6 | 17,5 | 4-9 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Плуг  лемешный  оборотный | ПГПО-2-35 | 0,7 | Н.Д | 6-7 |
| ПОН-3-35П | 1,05 | 8,85 | 5-7 |
| ПГПО-4-35 | 1,40 | Н.Д | 6-7 |
| ПГПО-5-35 | 1,75 | Н.Д | 6-7 |
| ПО-3-40 | 1,05-1,35 | 9,6 | 5-9 |
| ПО-4-40 | 1,40-1,8 | 13,1 | 5-9 |
| ПОН-5-40 | 1,75-2,40 | 22,3 | 5-9 |
| ПОН-7-40 | 2,45-3,50 | 26,0 | 5-9 |
| ППО-(4+1)-40К | 1,6-2,4 | 24,8 | 7-10 |
| PN-100(7+1) | 2,45-3,60 | 36,4 | 4-7 |
| Евро-Титан 10 8/3+1 | 2,64 -6,5 | 52,8 | 5-9 |
| Корморан 160 VII | 2,67-3,46 | 32,2 | 4-9 |
| Плуг  чизельный | ПЧН-2,3 | 2,3 | 7,7 | до 12 |
| ПЧН-3,2 | 3,2 | 15,4 | 7-10 |
| Артиглио-400 | 3,6 | 28,2 | 4-7 |
| ПЧН-4,5 | 4,5 | 18,6 | до 12 |
| Глубоко-  рыхлитель | КГ-2,5 | 2,25 | 20,5 | 8-10 |
| ПРБ-3А | 3,0 | 20,2 | 7-10 |
| ГЩ-4М | 3,9 | 17,5 | 2,5-7,0 |
| КНГ-6 | 4,0 | 25-30 | до 7 |
| ПРБ-4А | 4,0 | 20,2 | 7-10 |
| РН-4 | 4,4 | 20,0 | 7-8 |
| ГЧН-4,5Б | 4,5 | 22,8 | 5-10 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Борона  дисковая | БД-1,8 | 1,8 | 19,7 | 8-12 |
| БД-2,8 | 2,8 | 25,0 | 8-12 |
| БДК-3,0 | 3,0 | 43,0 | 10-13 |
| БДК-4,0 | 4,0 | 51,0 | 10-13 |
| БД-4,2 | 4,2 | 41,7 | 8-12 |
| БДК-5,4 | 5,4 | 71,0 | 10-13 |
| БД-6,6 | 6,6 | 65,0 | 9-12 |
| БД-10Б | 10 | 44,5 | до 12 |
| Борона  дисковая  тяжелая | БДТ-3 | 3,0 | 17,5 | до 12 |
| ДАКН-3,3Н | 3,3 | 22,8 | 9-15 |
| БДТМ-3,8В | 3,8 | 43,0 | 6-10 |
| БДТМ-4х4 | 4,0 | 27,8 | до 12 |
| БДТ-5/810ЭТМ | 5,0 | 76,5 | 6-10 |
| БДТМ-5,5Б | 5,5 | 60,1 | 7-12 |
| БДМ-6х4ПК | 5,7 | 57,9 | 7-13 |
| БДТ-6х3 | 5,5 | 60,1 | до 15 |
| БДТ-7К | 7,0 | 38,0 | до 12 |
| «Рубин  Гигант» 800 | 8,0 | 70,2 | 9-12 |
| «Карриер-820» | 8,2 | 70,6 | 10-15 |
| Мульчировщик  дисковый | ДМ-3,2 | 3,2 | 31,1 | до 15 |
| ДМ-4 | 4,0 | 39,5 | до 15 |
| ДМ-5х2 | 5,0 | 51,0 | 12-20 |
| ДМ-5,2 | 5,2 | 51,0 | 10-15 |
| ДМ-6 | 6,2 | 63,8 | 12-15 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Агрегат  комбинированный  дисковый | ДАКН-2,3П | 2,3 | 15,0 | 10-15 |
| ДАКН-3,3П | 3,3 | 23,0 | 10-15 |
| ДАКН-4 | 4,0 | 28,0 | 10-15 |
| ДА-4-2П | 4,0 | 29,0 | 10-15 |
| ДАКТ-4П | 4,0 | 32,0 | 10-15 |
| ДА-7,2П | 7,2 | 34,3 | 10-15 |
| Агрегат  комбинированный | КАО-2М | 1,4 | 10,8 | 7-11 |
| АЧУ-2,8 | 1,6 | 12,0 | до -12 |
| КНК-2300 | 2,3 | 9,3 | 8-14 |
| АПК-2,5 | 2,5 | 19,8 | 7-10 |
| АПК-3 | 3,0 | 14,0 | 7-10 |
| Агро-3 | 3,0 | 53,8 | до-9 |
| АПУ-3,5 | 3,5 | 16,0 | 7-10 |
| АПК-4 | 4,0 | 15,0 | 7-9 |
| АКСО-4 | 4,0 | 35,0 | до-10 |
| КУМ-4 | 4,0 | 18,8 | 7-8 |
| УНС-5 | 4,5 | 29,0 | 9-12 |
| АКП-5 | 5,0 | 14,0 | до-10 |
| КПК-5,4 | 5,4 | 17,2 | 7-10 |
| АКШ-6Г | 6,0 | 35,0 | до-10 |
| КНК-6000 | 6,0 | 29,5 | 9-12 |
| АПУ-6,5 | 6,5 | 33,0 | 7-10 |
| АКП-7,4 | 7,4 | 30,0 | 7-10 |
| ОПО-8,25 | 8,25 | 30,5 | 6-9 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Борона  зубовая | БЗСС-1 | 1,0 | 0,34 | до-12 |
| БЗТС-1 | 1,0 | 0,40 | до-12 |
| ЗБП-0,6А | 1,8 | 0,49 | до-7 |
| З-ОР-0,7 | 2,2 | 0,36 | до-8 |
| БЗШ-21 | 21,0 | 31,5 | до-10 |
| АБ-24 | 24,4 | 39,9 | до-12 |
| Борона  пружинная | БП-8 | 8,4 | 8,5 | 7-12 |
| БПП-8730 | 12,0 | 15,0 | 10-12 |
| Борона  ножевая | KUOSA-3,3B | 3,3 | 9,0 | до-12 |
| KUOSA-4,4B | 4,4 | 13,6 | до-12 |
| Борона  игольчатая | БИГ-3А | 3,0 | 10,1 | до-13 |
| Каток | 3КВГ-1,4 | 4,0 | 8,3 | 7-12 |
| ККЗ-6 | 6,0 | 24,5 | до-13 |
| 3ККШ-6А | 6,1 | 19,4 | 7-12 |
| ККЗ-10 | 10,0 | 55,0 | до-12 |
| Выравниватель  почвы | ГН-4А | 4,3 | 8,8 | до-7 |
| ВПН-5,6А | 5,6 | 7,7 | до-8 |
| МРН-8,4 | 8,4 | 16,5 | до-12 |
| ВП-8А | 9,7 | 13,9 | 6-8,5 |
| БМШ-15 | 14,8 | 66,7 | 7-12 |
| Сцепка | СП-10 | Фронт 10,0 | 11,3 | до-12 |
| СП-11 | Фронт 7,2 | 9,1 |
| СП-16 | Фронт 13,5 | 17,6 |
| СГ-21 | Фронт 21 | 18,0 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Культиватор  паровой | КПС-4 | 4,0 | 7,8 | 10-12 |
| КСПС-6 | 6,0 | 8,0 | до 12 |
| КПС-8Ш | 8,0 | 18,5 | 8-12 |
| ШККС-8 | 8,0 | 26,9 | 8-12 |
| ШККС-10 | 10,0 | 32,1 | 8-12 |
| ШККС-12 | 12,0 | 32,6 | 8-12 |
| КШУ-12 | 12,0 | 32,6 | до 12 |
| Культиватор  стерневой  тяжелый | КСТ-2,2 | 2,2 | 9,8 | 6-10 |
| КСТ-3,8 | 3,8 | 18,5 | 6-10 |
| КСТ-5,5 | 5,5 | 26,0 | 6-10 |
| Культиватор  стерневой  комбинированный | КСКН-3Н | 3,0 | 20,0 | 10-12 |
| КС-4 | 4,0 | 22,0 | 10-12 |
| КСКН-4 | 4,0 | 24,5 | 10-12 |
| КСКН-6 | 6,0 | 46,0 | 10-12 |
| Культиватор  комбинированный | КНК-4 | 4,0 | 22,2 | до 12 |
| КУК-4 | 4,1 | 9,0 | 8-12 |
| КНК-6 | 6,0 | 26,5 | до 12 |
| КПН-8 | 8,0 | 22,5 | 6-12 |
| ККШ-11,3АМ | 11,3 | 41,9 | 7-13 |
| Культиватор  для глубокой  обработки почвы | PEGASUS 3000 | 3,0 | 13,5 | 9-12 |
| КЕ 403 | 4,0 | 19,0 | 7-12 |
| ПБО-4,4 | 4,4 | 12,8 | 7-12 |
| КРГ-6,0 | 6,1 | 56,8 | 7-9 |
| СМАРАГД 1000 | 10,0 | 69,8 | 6-12 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Культиватор  плоскорез | КПШ-5 | 4,8 | 9,0 | 6-10 |
| КПШ-9 | 9,0 | 18,5 | 6-10 |
| КПШ-11 | 9,8 | 25,0 | 6-10 |
| Культиватор  противоэрозийный | КПЭ-3,8 | 3,9 | 10,2 | до 10 |
|  |  |  |  |
| Культиватор для  междурядной обработки сахарной свеклы, сои | УСМК-5,4Б | 5,4 | 11,2 | 7-9 |
| КГС-4,8А-01 | 5,4 | 26,9 | 5-9 |
| КФ-5,4 | 5,4 | 11,0 | до 7,5 |
| КРШ-8,1 | 8,1 | 30,7 | 6-8 |
| Прореживатель | УСМП-5,4А | 5,4 | 7,7 | до 8 |
| ПСА-5,4-01 | 5,4 | 14,9 | 2-6 |
| ПСА-2,7 | 2,7 | 10,0 | 3-6 |
| Культиватор для  междурядной обработки овощных культур | КОР-1,8 | 1,8 | 5,0 | 5-7 |
| КЧН-2,7 | 2,7 | 9,5 | до 9 |
| КУП-2,8 | 2,8 | 9,9 | до 10 |
| КОР-4,2 | 4,2 | 10,9 | до 9 |
| КОР-5,4 | 5,4 | 25,0 | 6-10 |
| Культиватор фрезерный для междурядной обработки овощных культур | КВС-1,4 | 1,4 | 5,0 | до 9 |
| КФО-1,8 | 1,8 | 5,5 | 5-7 |
| ФПУ-4,2 | 4,2 | 9,3 | 5-7 |
| КФО-4,2 | 4,2 | 13,9 | 5-7 |
| Культиватор для  междурядной обработки пропашных культур | КРН-4,2Б | 4,2 | 11,9 | 6-10 |
| КРН-5,6Б | 5,6 | 15,2 | 6-10 |
| КРН-8,4 | 8,4 | 21,0 | до 9 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Зернотуковая  сеялка | СЗНТ-1,8 | 1,8 | 2,5 | до 10 |
| СЗРС-2,1 | 1,9 | 15,0 | 5-15 |
| СЗТС-2 | 2,05 | 16,2 | 5-10 |
| СЗ-3,6А | 3,6 | 14,4 | до 15 |
| Rapid RDA400S | 4,0 | 37,0 | до 12 |
| СМП-4,2 | 4,2 | 29,0 | до 8 |
| Rapid RDA450S | 4,5 | 40,0 | до 12 |
| «Виктория» | 4,6 | 43,0 | 9-12 |
| СЗ-5,4 | 5,4 | 25,5 | 9-12 |
| СТВ-100 Аист | 5,4 | 12,2 | 4-9 |
| «Мультикорн» | 5,6 | 10,3 | до 10 |
| СЗМ-201 | 6,0 | 20,0 | 10-12 |
| СЗП-8 | 7,8 | 56,6 | до 12 |
| СТВ-110 Аист | 8,4 | 15,2 | 4-9 |
| СЗПЦ-12 | 12 | 51,6 | 10-12 |
| «Казачка» | 12,0 | 72,2 | 9-15 |
| Посевные  комплексы | Обь-4 | 4,0 | 21,0 | до 10 |
| Обь-8 | 7,4 | 45,0 | до 10 |
| Лидер-С | 8,0 | 45,0 | 10-12 |
| ППК-8,2 | 8,2 | 150,0 | 8-13 |
| ППК-12,4 | 12,4 | 184,0 | 8-13 |
| Посевные  агрегаты | АУП-18 | 4,5 | 31,6 | до 10 |
| «Топмастер» | 12,2 | 119,0 | до 9 |
| «Конкорд-4012/2000» | 12,2 | 115,4 | до 10 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Сеялка для  пропашных  культур | СУПН-6 | 4,2 | 8,0 | до-10 |
| СПЧ-6ФС | 4,2 | 8,2 | до-10 |
| СУПН-8А | 5,6 | 12,9 | 7-9 |
| Тс-М8000 | 5,6 | Н.д | 7-9 |
| Моносем NG | 5,6 | Н.д | 7-9 |
| СТВ-107 Аист | 5,6 | Н.д | 7-9 |
| СКПП-12 | 8,4 | 46,0 | до-12 |
| СУПН-12А | 8,4 | 21,6 | 6-7 |
|  |  |  |  |
| Свекловичная  сеялка | ССТ-12В | 5,4 | 11,9 | до 7 |
| СЛС-5,4 | 5,4 | 25,0 | 5-8 |
| ССТ-18Б | 8,1 | 20,6 | 4-8 |
| СПС-24 | 10,8 | 66,2 | до 10 |
| Сеялка для  овощных  культур | АГП-2,8 | 2,8 | 6,2 | 2,5-3,5 |
| АТВ-6 | 4,2 | 9,0 | 2,5-3,5 |
| СОЛ-4,2 | 4,2 | 10,0 | До-9 |
| СУПО-9А-01 | 1,8-5,4 | 9,6 | 2,5-3,5 |
| СУ-12 Оризон | 5,4 | 10,0 | 3-4 |
| Рассадопосадочная  машина | МРП-1,8 | 1,8 | 5,2 | 0,9 |
| МРУ-2 | 2,8 | 6,0 | до 1,8 |
| МРУ-6 | 4,2 | 11,0 | до 1,8 |
| МРГ-6 | 4,2 | 8,0 | до 5 |
| МПР-5,4 | 5,4 | 17,4 | 0,16-1,0 |
|  |  |  |  |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Машина для внесения минеральных удобрений | МВУ-1200 | Зависит от вида  удобрений | 3,1 | до-12 |
| Vikon-RS-M | 3,2 |
| СУ-12М | 6,7 |
| ССТ-10 | 24,5 |
| МВУ-5 | 21,7 |
| МВУ-8Б | 31,3 |
| Машина для внесения жидких  удобрений | ПЖУ-2,5 | 4-22 | 20,0 | до-12 |
| ПЖУ-5 | 7-22 | 48,0 |
| ПЖУ-9 | 18-22,5 | 44,9 |
| ПОМ-630-1 | 2,8-16,2 | 7,2 |
| МЖТ-6 | - | 30,4 | до-15 |
| МЖТ-10 | 40,2 | до-10 |
| МЖТ-16 | 57,0 | до-10 |
| МЖТ-19 | 73,6 | 7-12 |
| Машина для внесения твердых  органических  удобрений | МТТ-4 | 5-8 | 21,2 | до-10 |
| МТТ-7 | 34,0 | до-12 |
| МТТ-8 | 35,0 | до-12 |
| МТТ-Ф-10 | 82,0 | до-10 |
| МТТ-13 | 59,0 | до-13 |
| МТТ-19 | 82,0 | до-5 |
| ПРТ-7А | 6-8 | 28,5 | до-10 |
| ПРТ-10 | 40,0 | до-10 |
| ПРТ-11 | 39,0 | до-12 |
| ПРТ-16М | 53,3 | 2,8 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Косилка  с беспальцевым  рабочим органом | К-1,2 | 1,2 | 0,60 | 6-9 |
| К-1,5 | 1,5 | 0,78 | 2,5-6,3 |
| К-1,6 | 1,6 | 0,80 | 6-9 |
| КТБ-2,1 | 2,1 | 1,95 | до -12 |
| Косилка  с сегменто-пальцевым  рабочим органом | КТС-1,4 | 1,4 | 1,50 | 6-7 |
| КНТ-1,8 | 1,8 | 1,77 | 6-12 |
| КБН-2,1 | 2,1 | 2,10 | до -15 |
| КС-Ф-2,1М | 2,1 | 2,05 | до -12 |
| Косилка  с ротационным  рабочим органом | КР-1,5 | 1,5 | 2,6 | до -15 |
| КРН-2,1 | 2,1 | 5,1 |
| КДН-210 | 2,1 | 5,3 |
| Косилка-  плющилка | КПРН-3А | 3,0 | 14,5 | до -4,5 |
| КПП-3,1 | 3,1 | 15,0 | до -12 |
| ПН-530  «Простор» | 3,6 | 21,5 | 2,8 |
| КПП-4,2 | 4,2 | 32,2 | до -7 |
| КПН-5 | 4,95 | 18,0 | до -10 |
| Грабли  гидравлические | ГПГ-4,2 | 4,2 | 2,1 | до -12 |
| ГПГ-6 | 6,0 | 3,1 |
| ГПГ-10 | 10,0 | 7,0 |
| Грабли-  ворошилки | ГВР-420 | 4,2 | 6,5 | до -12 |
| ПН-600 | 3,8-4,2 | 6,0 |
| ГВД-Ф-6,0 | 6,0 | 10,8 |
| ГВР-630 | 6,3 | 11,0 |
| Сеноворошилка | МВС-4,2 | 4,2 | 5,4 | 8-11 |
| Продолжение таблицы П6 | | | | |
| Наименование  машины | Марка | Ширина  захвата, м | Вес, кН | Допустимая  рабочая  скорость,  км/ч |
| Машина  ботвоуборочная | ОГД-6М | 2,7 | 8,95 | до 9 |
| МБШ-6 | Н.д | 5-7 |
| MRF-6 | 12,5 | 7-9 |
| МБП-6 | 35,0 | 6-8 |
| БМ-6Б | 30,5 | 5-8 |
| Машина  корнеуборочная | РКМ-6 | 2,7 | 108,5 | 1,4-2,8 |
| МКП-6 | 50,9 | 4-7 |
| MRS-6 | 12,5 | до -6 |
| КНБ-6 | 41,5 | до -6 |
| КБ-6 | 115,0 | 2,9-3,7 |
| Комбайн  кормоуборочный  прицепной | КИР-1,5М | 1,5 | 8,5 | до -6 |
| ИР-1,5 «Енисей» | 1,5 | 17,0 | до -10 |
| «Дон-1,8» | 1,8 | 8,5 | до -8 |
| КИР-1,85 | 1,85 | 12,0 | до -10 |
| КП-Ф-2 | 2,0 | 12,5 | до -8 |
| «Енисей-720» | 2,1 | 17,0 | до -8 |
| КПИ-Ф-2,4А | 2,4 | 17,7 | до -10 |
| КИН-2,7 | 2,7 | 13,0 | до -8 |
| КДП-3000  «Полесье» | 3,0 | Н.д | до -12 |

Примечание: при необходимости уточнения данных по сельскохозяйственной технике следует обратиться по адресу:

[info@agrobase.ru](mailto:info@agrobase.ru).

Таблица П7 – Усредненные значения коэффициентов использования ширины захвата агрегатов

|  |  |
| --- | --- |
| Назначение агрегата |  |
| Вспашка отвальными плугами лемешное лущение стерни | 1,02…1,10 |
| Скашивание кукурузы (подсолнечника) на силос кормоуборочными комбайнами | 1,08…1,16 |
| Посев и посадка с.-х. культур, междурядная обработка пропашных культур | 1,0 |
| Боронование зубовыми боронами, прикатывание | 0,96…0,98 |
| Обработка почвы дисковыми орудиями и чизелями, сплошная культивация | 0,96 |
| Скашивание растений жатками и косилками | 0,93…0,96 |

Таблица П8 – Усредненные значения коэффициентов использования времени смены при выполнении сельскохозяйственных работ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид сельскохозяйственной работы | Значения при длине гона, м | | | | | | | | |
| 200 - 400 | 400 -800 | | 800 -1000 | | 1000-1500 | | более 1500 | |
| Вспашка отвальными плугами, лемешное лущение стерни, обработка почвы дисковыми орудиями, чизелями, плоскорезами и комбинированными агрегатами. | 0,70 | | 0,75 | | 0,80 | | 0,83 | | 0,85 |
| Прикатывание и выравнивание почвы, | 0,75 | | 0,81 | | 0,85 | | 0,88 | | 0,90 |
| Боронование зубовыми боронами, сплошная культивация | 0,70 | | 0,74 | | 0,78 | | 0,79 | | 0,80 |
| Скашивание растений жатками и косилками, сгребание и ворошение сена | 0,75 | | 0,79 | | 0,83 | | 0,86 | | 0,88 |
| Посев зерновых и пропашных культур | 0,58 | | 0,63 | | 0,68 | | 0,72 | | 0,75 |
| Продолжение таблицы П8 | | | | | | | | | |
| Вид сельскохозяйственной работы | Значения при длине гона, м | | | | | | | | |
| 200 - 400 | | 400 -800 | | 800 -1000 | | 1000-1500 | | более 1500 |
| Междурядная культивация с подкормкой растений | 0,55 | | 0,63 | | 0,69 | | 0,75 | | 0,78 |
| Посадка рассады, картофеля | 0,40 | | 0,48 | | 0,55 | | 0,58 | | 0,60 |
| Химическая обработка растений штанговыми опрыскивателями | 0,35 | | 0,45 | | 0,53 | | 0,58 | | 0,60 |
| Внесение минеральных удобрений | 0,52 | | 0,60 | | 0,65 | | 0,69 | | 0,70 |
| Внесение органических удобрений кузовными разбрасывателями | 0,40 | | 0,45 | | 0,48 | | 0,52 | | 0,57 |
| Уборка зерновых культур | 0,41 | | 0,46 | | 0,50 | | 0,53 | | 0,55 |
| Уборка кукурузы | 0,50 | | 0,55 | | 0,57 | | 0,59 | | 0,60 |
| Уборка сахарной свеклы, картофеля | 0,42 | | 0,46 | | 0,49 | | 0,51 | | 0,52 |

Карабаницкий А. П., Юдина Е. М., Цыбулевский В. В. и др.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ

АГРЕГАТОВ

*Методические указания*

Под общей редакцией д-ра техн. наук, профессора Г. Г. Маслова

Подписано в печать 30.06.2014. Формат 60˟841/16.

Усл. печ. л. – 4,8. Уч.-изд. л. – 3,8.

Тираж 200 экз. Заказ №\_\_\_

Типография Кубанского государственного

аграрного университета.

350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13