

УДК 631.3.06

КОМПЛЕКТОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Анатолий Петрович Карабаницкий, к. техн. н., профессор,
Ольга Анатольевна Левшукова, ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Россия, г. Краснодар

Предложена методика выбора энергетического средства для работы с сельскохозяйственной машиной нужного назначения. Это обеспечивает создание энергосберегающих высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов.

Ключевые слова: тяговый КПД трактора, тяговая мощность, тяговое сопротивление, оценочные показатели, машинно-тракторный агрегат.

Комплектование энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов предусматривает выбор трактора и сельскохозяйственной машины (машин), которые обеспечивают в конкретных условиях работы требуемое качество выполняемой технологической операции, максимальную производительность и минимальный расход топлива. Это может быть достигнуто в том случае, когда тяговый (или полный) КПД трактора, работающего в составе агрегата, будет близок к максимально возможному в заданных условиях [1], т.е.

$$\eta_T = \frac{N_{ag}}{N_e^n} \rightarrow \eta_T^{max} = \frac{N_{kp}^{max}}{N_e^n}, \quad (1)$$

где N_{ag} – мощность, требуемая для работы агрегата в заданных условиях, кВт;

N_e^n – номинальная эффективная мощность двигателя трактора, кВт;

η_T^{max} – максимальный тяговый КПД трактора для заданных условий работы;

N_{kp}^{max} – максимальная тяговая мощность трактора в заданных условиях работы, кВт.

Критерий (1) определяет и другие критерии:

$$\eta_{им} = \frac{N_{ag}}{N_{кр}^{max}} \rightarrow 1, \quad (2)$$

где $\eta_{им}$ – коэффициент использования тяговой мощности;

$$\eta_u = \frac{R_{ag}}{P_{кр}^{opt}} \rightarrow \eta_{opt}, \quad (3)$$

где η_u – коэффициент использования тягового усилия трактора;

η_{opt} – оптимальный коэффициент использования тягового усилия трактора;

R_{ag} – тяговое сопротивление агрегата, кН;

$P_{кр}^{opt}$ – оптимальное тяговое усилие трактора, кН.

Основными параметрами, характеризующими работу агрегата, являются его ширина захвата B и скорость движения V . Методика определения рациональных величин этих параметров зависит от поставленной задачи и имеет ряд направлений [3]:

- первое направление – для заданного трактора требуется подобрать сельскохозяйственную машину нужного назначения (вспашки, глубокого рыхления, дискования, культивации, боронования, прикатывания почвы, посева и т.п.);

- второе направление – для заданной сельскохозяйственной маши-

ны выбирается марка (модель) трактора, обеспечивающая максимальную производительность агрегата при минимальных энергозатратах на выполнение технологической операции;

- третье направление – при известном составе машинно-тракторного агрегата задача сводится к определению рациональной скорости движения, при которой наиболее полно используются тяговые возможности трактора в рассматриваемых условиях.

В настоящей статье излагается методика решения задач второго направления [1] – выбор марки (модели) трактора для работы с заданной сельскохозяйственной машиной (машинами).

При решении задач этого направления вначале определяют допустимый диапазон скоростей движения рассматриваемой машины (машин) $V_{min} \dots V_{max}$.

Затем рассчитывают тяговое сопротивление агрегата по формуле:

для тяговых агрегатов –

$$R_{a2} = B_{a2} \sum k_m, \quad (4)$$

для пахотных агрегатов –

$$R_{nл} = B_{nл} k_{nл} a, \quad (5)$$

где $R_{a2}, R_{nл}$ – тяговое сопротивление агрегата, плуга, кН;

$\sum k_m, k_{nл}$ – удельное тяговое сопротивление машин, входящих в состав агрегата [1, 6] и плуга соответственно, кН/м, кН/м²;

a – глубина вспашки, м.

Расчетное значение мощности, требуемой для работы агрегата N_{a2}^p , определяют по формуле

$$N_{a2}^p = \frac{V_{max} R_{a2}}{3,6}, \quad (6)$$

Расчетная мощность двигателя трактора $N_{e max}^p$ определяется по формуле

$$N_{e max}^p = \frac{N_{a2}^p}{\eta_m (1 - \delta_\delta - \frac{f}{\lambda \mu})} \quad (7)$$

где η_m – механический КПД трансмиссии трактора (для колесных тракторов $\eta_m = 0,91 \dots 0,92$; для гусеничных – $\eta_m = 0,86 \dots 0,88$);

δ_δ – допустимое буксование движителя трактора (для колесных тракторов с формулой 4К2 $\delta_\delta = 0,18$; с формулой 4К4 – $\delta_\delta = 0,15$; для гусеничных тракторов $\delta_\delta = 0,05$);

f – коэффициент сопротивления качению трактора;

λ – доля эксплуатационного веса трактора, приходящаяся на движитель (для колесных тракторов с формулой 4К2 – $\lambda \approx 0,75$; для колесных с формулой 4К4 и для гусеничных тракторов – $\lambda = 1$);

μ – коэффициент сцепления движителя трактора с почвой.

Далее определяют максимальный вес трактора G_{max}^p , обеспечивающий достаточные сцепные свойства.

$$G_{max}^p = \frac{3,6 N_{e max}^p \eta_m}{V_{min} \lambda \mu} \quad (8)$$

По техническим характеристикам выбирается трактор, удовлетворяющий расчетным значениям $N_{e max}^p$ и G_{max}^p .

Для выбранного трактора определяют параметры потенциальной тяговой характеристики [2].

1 – Скорость V_μ , при которой достигается максимальное тяговое усилие трактора $P_{кр}^{max}$

$$V_\mu = 3,6 \frac{N_e^H \eta_m}{G \lambda \mu}, \quad (9)$$

$$P_{кр}^{max} = G [\lambda \mu (1 - \delta_\delta) - f] \quad (10)$$

2 – Расчетная скорость V_p^{onm} , при которой достигается максимальная тяговая мощность $N_{кр}^{max}$

$$V_p^{onm} = \sqrt{3,6 \frac{N_e^H \eta_m V_\mu \delta_\delta}{G f}}, \quad (11)$$

$$N_{кр}^{max} = N_e^H \eta_m \left(1 - \delta_{onm} - \frac{f}{\lambda \mu} \right) \quad (12)$$

При этом $\delta_{onm} = (V_\mu / V_p^{onm}) \delta_\delta$, а оптимальное тяговое усилие трактора

$P_{кр}^{онт}$ определяется по формуле

$$P_{кр}^{онт} = \frac{3,6N_e^H}{V_p^{онт}} \eta_m (1 - \delta_{онт}) - Gf \quad (13)$$

3 – Далее определяются параметры потенциальной тяговой характеристики при i -ых скоростях, входящих в допустимый диапазон:

$$P_{кр}^i = \frac{3,6N_e^H}{V_p^i} \eta_m (1 - \delta_i) - Gf \quad (14)$$

$$N_{кр}^i = N_e^H \eta_m (1 - \delta_i) - \frac{GfV_i}{3,6} \quad (15)$$

$$\delta_i = \frac{V_\mu}{V_i} \delta_\delta \quad (16)$$

По результатам расчетов строится график потенциальной тяговой характеристики трактора для рассматриваемых условий работы.

Пересечение линий, характеризующих изменение номинальных тяговых усилий трактора и тягового сопротивления агрегата, определяет рациональную скорость движения агрегата $V_{рац}^p$. Расчетное значение этой скорости можно определить по формуле

$$V_{рац}^p = \frac{M + \sqrt{M(M - CV_\mu \delta_\delta)}}{2C}, \quad (17)$$

где $M = 3,6N_e^H \eta_m$;

$C = R_{a2} + Gf$.

Если расчетная скорость находится внутри рассматриваемого диапазона скоростей, т.е. $V_{min} < V_{рац}^p \leq V_{max}$, то $V_{рац} = V_{рац}^p$.

Если $V_{рац}^p > V_{max}$, то $V_{рац} = V_{max}$.

Если $V_{рац}^p < V_{min}$, то $V_{рац} = V_{min}$.

Определившись с величиной рациональной скорости, рассчитывают мощность, используемую агрегатом N_{a2} .

$$N_{a2} = \frac{V_{рац} R_{a2}}{3,6} \quad (18)$$

Далее определяют оценочные показатели агрегата:

- тяговый КПД агрегата

$$\eta_T = \frac{N_{a2}}{N_e^H}, \quad (19)$$

- коэффициент использования тяговой мощности

$$\eta_{им} = \frac{N_{a2}}{N_{кр}^{max}}, \quad (20)$$

- коэффициент использования тягового усилия

$$\eta_{и} = \frac{R_{a2}}{P_{кр}^{онт}}, \quad (21)$$

и сравнивают их с критериями (1 – 3).

Определяют расчетные значения технико-экономических показателей работы агрегата.

Часовая производительность агрегата рассчитывается по формуле

$$W = 0,1 B_{a2} V_{рац} \tau, \quad (22)$$

где τ – коэффициент использования времени смены [1].

Сменная производительность

$$W_{см} = WT_{см}, \quad (23)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Удельный расход топлива

$$q = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_o T_o}{W_{см}}, \quad (24)$$

где G_p, G_x, G_o – часовой расход топлива при рабочем ходе, при холостом ходе и при остановках агрегата с работающим двигателем, кг/ч;

T_p, T_x, T_o – затраты времени на рабочий ход, на развороты агрегата и на остановки агрегата с работающим двигателем, ч.

Затраты труда определяются по формуле

$$H = \frac{n_m + n_{в.р}}{W}, \quad (25)$$

где $n_m, n_{в.р}$ – число механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат, чел.

Алгоритм решения задач рассматриваемого направления представлен на рисунке 1.

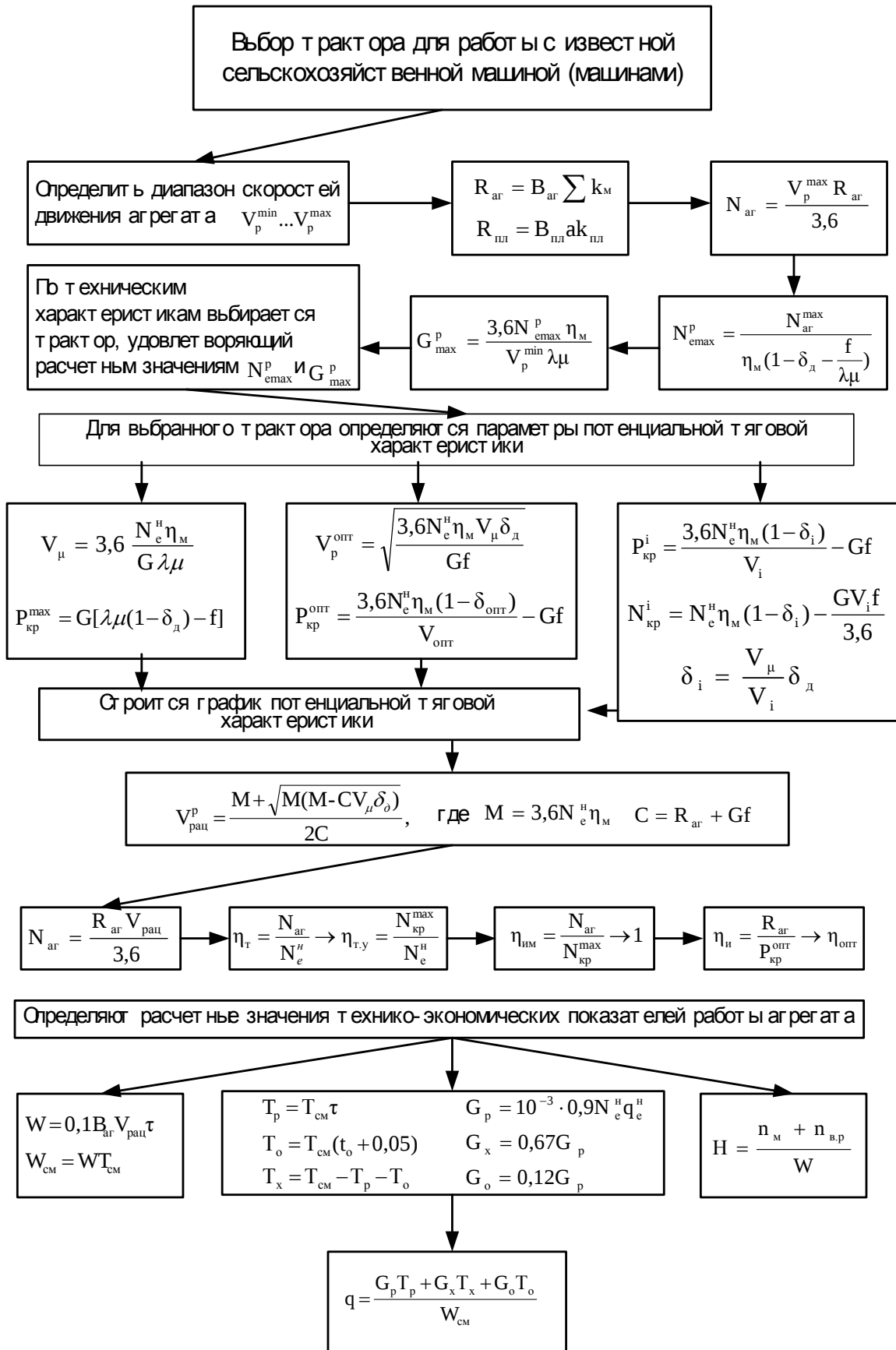


Рисунок 1 – Алгоритм решения задач по комплектованию энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов

Используя данную методику, можно решать задачи по комплектованию (моделированию)[4, 5] современ-

ных машинно-тракторных агрегатов на основе имеющейся технической информации.

Список литературы

1. Карабаницкий А.П., Левшукова О.А. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов. Учебное пособие // Краснодар, КГАУ. – 2014. - С. 104

2. Карабаницкий А.П., Остапченко В. А., Светличный П. В. Тяговые возможности современных тракторов.// Сельский механизатор. - №1. 2014. – С.6

3. Карабаницкий А.П., Жихарь Н.А., Шевченко Д.А. Современный подход к вопросу комплектования машинно-тракторных агрегатов // Труды кубанского государственного аграрного университета. – 2009. - №3(18) - 193-196 с.

4. Маслов Г. Г. и др. Комплексное проектирование механизированных произ-

водственных процессов в растениеводстве. -М. УМЦ Триада, 2006. – 255 с.

5. Оптимизация параметров и режимов работы пахотного агрегата. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613750 Авторы: Карабаницкий А.П., Цыбулевский В.В., Жихарь Н.А., Шевченко Д.А., Лахно А.Н.

6. Юдина Е.М., Холявко Л.В., Журый И.А. Комбинированный агрегат// Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 8 частях, часть 4: ООО «АР-Консалт». – М, 2015. - 147-149 с.

Е-mail: anatoly.karabanitscky@yandex.ru

350044, г.Краснодар, ул.Калинина, д. 13, ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ»

Тел.: 8 918 447 15 29