

## Abstract

### Economical efficiency of running in stand modernization

Economical efficiency of after repair stand running in of automotive diesels by working out the methods and hardware components of choosing the optimum running in regime by efficient control of technical state was calculated.

УДК 631.3:621.43

## ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

Войтов В.А., д.т.н., профессор; Шевченко С.А., к.т.н.; Ярохно С.Ю., магистр

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. П.Василенко, г. Харьков, Украина

В литературе [1-5] приведены зависимости рабочей скорости и производительности машинотракторных агрегатов от тяговых сопротивлений орудий и эффективной мощности двигателя; аналогичные зависимости для сельскохозяйственных машин, учитывающие потери мощности на холостой ход рабочих органов и мощность, расходуемую на технологический процесс, приведены в [5, 6]. При этом учитываются лишь линейные составляющие зависимостей рабочих скоростей от эффективной мощности двигателя.

Для планирования применения, технического обслуживания и ремонта машинотракторных агрегатов и сельскохозяйственных машин необходимо также учитывать их надежность, а влияние снижения мощности двигателя в эксплуатации целесообразно оценивать, в том числе, и по снижению производительности относительно потенциально возможной в данных условиях.

В связи с этим целью данного исследования является определение эффективности использования сельскохозяйственной техники (сельскохозяйственных машин и машинотракторных агрегатов) как отношение фактически обработанной площади к площади, которая теоретически могла бы быть обработана за то же эксплуатационное время при работе двигателя на номинальной мощности и отсутствии потерь времени на ремонт и техническое обслуживание:

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{S_{\Phi}(t_{\mathcal{E}})}{S_T(t_{\mathcal{E}})}, \quad (1)$$

где  $K_{\mathcal{E}}$  – коэффициент эффективности использования техники;

$S_{\Phi}$  – фактически обработанная площадь,  $m^2$ ;

$S_T$  – площадь, которая теоретически могла бы быть обработана при отсутствии потерь мощности двигателя и времени на ремонт и техническое обслуживание,  $m^2$ ;

$t_{\mathcal{E}}$  – эксплуатационное время, с.

Определим составляющие, которые входят в формулу (1), с учетом определения коэффициента технического использования, данного в ГОСТ 27.002-89 [7]:

$$S_T(t_{\mathcal{E}}) = V(N_{e \text{ nom}}) B \delta_{op} t_P = V(N_{e \text{ nom}}) B \delta_{op} t_{\mathcal{E}}, \quad (2)$$

$$S_{\Phi}(t_{\Theta}) = V(N_{e\phi}) B \delta_{op} t_P = V(N_{e\phi}) B \delta_{op} t_{\Theta} K_{TI}, \quad (3)$$

где  $V$  – рабочая скорость, м/с;

$N_{e\text{ном}}$  – номинальная эффективная мощность двигателя, Вт.

$B$  – ширина захвата СХМ, м;

$\delta_{op}$  – доля основного времени в продолжительности работоспособного состояния;

$t_P$  – продолжительность работоспособного состояния, с;

$N_{e\phi}$  – фактическая мощность двигателя, Вт;

$K_{TI}$  – коэффициент технического использования.

Преобразуем формулу (1) с учетом формул (2) и (3):

$$K_{\Theta} = \frac{V(N_{e\phi})}{V(N_{e\text{ном}})} \cdot K_{TI}, \quad (4)$$

Проанализируем взаимосвязь рабочей скорости и мощности двигателя. Согласно обобщению известных зависимостей мощности от рабочей скорости, сделанному в [2],

$$N(V) = C_0 + \sum_{i=1}^3 C_i V^i, \quad (5)$$

где  $C_0$  и  $C_i$  – постоянные коэффициенты, которые характеризуют влияние рабочей скорости на мощность.

Использование функции (5) для решения обратной задачи (т.е. определения рабочей скорости, соответствующей некоторой заданной мощности двигателя) затруднительно, т.к. точное решение уравнения (5) в радикалах имеет вид, затрудняющий его последующий анализ. Поэтому далее рассмотрим приближенное представление функции (5) при некоторой мощности двигателя  $N$ , близкой к его номинальной эффективной мощности.

Примем, что при работе двигателя с номинальной эффективной мощностью рабочая скорость является максимальной (в данных условиях работы и при данном передаточном отношении трансмиссии):

$$N(V_{\max}) = N_{e\text{ном}}, \quad (6)$$

где  $V_{\max}$  – максимальная рабочая скорость при данных условиях, м/с.

Приближенно определим влияние изменений скорости вблизи  $V_{\max}$  на мощность двигателя, необходимую для движения с рабочей скоростью  $V$ , применяя разложение функции (5) в ряд Тейлора и ограничиваясь первым членом ряда (рисунок 1):

$$N(V) \approx N(V_{\max}) + N'(V_{\max}) \cdot (V - V_{\max}). \quad (7)$$

Учитывая степенную зависимость (5), определим  $N'(V)$ :

$$N'(V_{\max}) = \sum_{i=1}^3 i C_i V_{\max}^{i-1}. \quad (8)$$

С учетом (7) и (8) приближенно определим обратную зависимость – зависимость рабочей скорости от эффективной мощности двигателя:

$$V(N) \approx V(N_{e\text{ nom}}) + V'(N_{e\text{ nom}}) \cdot (N_{e\phi} - N_{e\text{ nom}}). \quad (9)$$

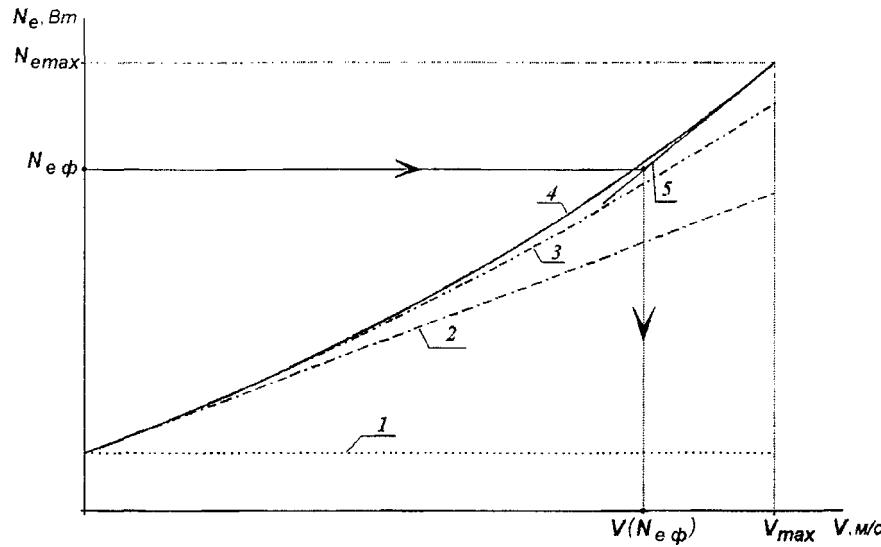


Рисунок 1 – Приближенное определение рабочей скорости по зависимости эффективной мощности двигателя от рабочей скорости: 1 – постоянная составляющая мощности; 2 – сумма постоянной составляющей мощности и составляющей, линейно зависящей от скорости; 3 – сумма постоянной составляющей мощности и составляющих, линейно и квадратично зависящих от скорости; 4 – результирующая мощность (с учетом составляющей, кубически зависящей от скорости); 5 – касательная к линии результирующей мощности в точке  $(V_{max}, N_{e\text{ nom}})$

Учитывая взаимосвязь первых производных функций  $V(N)$  и  $N(V)$  в точке  $(V_{max}, N_{e\text{ nom}})$ , получим:

$$V(N) \approx V(N_{e\text{ nom}}) + \frac{1}{N'(V_{max})} \cdot (N_{e\phi} - N_{e\text{ nom}}), \quad (10)$$

$$V(N) \approx V_{max} + \frac{1}{N'(V_{max})} \cdot (N_{e\phi} - N_{e\text{ nom}}). \quad (11)$$

Преобразуем формулу для коэффициента технического использования (4) с учетом (11):

$$K_{\Theta} = \frac{V_{max} - \frac{1}{N'(V_{max})} \cdot (N_{e\text{ nom}} - N_{e\phi})}{V_{max}} \cdot K_{TI} = \left( 1 - \frac{N_{e\text{ nom}} - N_{e\phi}}{V_{max} N'(V_{max})} \right) \cdot K_{TI}, \quad (12)$$

Таким образом, если полностью известна зависимость мощности от рабочей скорости, то можно определить коэффициент эффективности использования СХМ с учетом снижения мощности двигателя и потерь времени на ремонт и техническое обслуживание.

Зачастую будет известен лишь приближенный вид зависимости мощности от рабочей скорости (8), а именно – линейная, квадратичная и т.п. Рассмотрим составляющие, которые входят в (8).  $C_0$  – это мощность, расходуемая на привод активных рабочих органов при неподвижной машине. При вспашке плугом имеют место линейная и кубическая составляющие зависимости мощности от скорости [1, 8], но в приближенных расчетах учитывают лишь линейную составляющую [5]. Мощность, расходуемая на технологический процесс зерноуборочных комбайнов, пропорциональна рабочей скорости [6]; такая же зависимость свойственна прицепным и навесным уборочным машинам [5]. Мощность, необходимая для привода фрез при постоянном значении показателя кинематического режима, имеет и линейно-зависящую от рабочей скорости составляющую мощности (на деформацию почвы), и квадратично- зависящую от рабочей скорости составляющую мощности (на отbrasывание почвы) [1]. При движении по деформируемому грунту с образованием колеи мощность линейно зависит от рабочей скорости, а при движении по неровной дороге – имеет место сумма линейной и квадратичной зависимостей [9]. В каждом из этих случаев может быть уточнена зависимость коэффициента эффективности использования от фактической мощности двигателя.

Если в зависимости мощности от скорости преобладающей является линейная составляющая, то

$$N_{e\text{ nom}} \approx C_0 + C_1 V_{\max}, \quad (13)$$

$$N'(V_{\max}) \approx C_1 = \frac{(N_{e\text{ nom}} - C_0)}{V_{\max}}, \quad (14)$$

$$K_{\mathcal{E}} \approx \left(1 - \frac{N_{e\text{ nom}} - N_{e\phi}}{V_{\max} N'(V_{\max})}\right) \cdot K_{TI} \approx \left(1 - \frac{N_{e\text{ nom}} - N_{e\phi}}{N_{e\text{ nom}} - C_0}\right) \cdot K_{TI}. \quad (15)$$

Если же в зависимости мощности от скорости преобладающей является квадратичная составляющая, то

$$N_{e\text{ nom}} \approx C_0 + C_2 V_{\max}^2, \quad (16)$$

$$N'(V_{\max}) \approx 2C_2 V_{\max} \approx 2 \frac{(N_{e\text{ nom}} - C_0)}{V_{\max}}, \quad (17)$$

$$K_{\mathcal{E}} \approx \left(1 - \frac{N_{e\text{ nom}} - N}{V_{\max} N'(V_{\max})}\right) \cdot K_{TI} \approx \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{N_{e\text{ nom}} - N_{e\phi}}{N_{e\text{ nom}} - C_0}\right)\right) \cdot K_{TI}. \quad (18)$$

Если же в зависимости мощности от скорости ни одна из рассмотренных составляющих не является преобладающей, то формулы (15) и (18) могут быть использованы в качестве нижней и верхней оценок коэффициента эффективности использования техники.

Полученные формулы (15) и (18) не противоречат приведенной в работах [2-4] формуле для определения производительности машинно-тракторного агрегата:

$$W = 0,36 \frac{N_e}{K_a} \eta_{Ty} T_{cm} \tau, \quad (19)$$

где  $W$  – производительность машинно-тракторного агрегата, га;

$K_a$  – удельное сопротивление агрегата, Н/м;

$\eta_{Ty}$  – условный коэффициент полезного действия трактора;

$T_{cm}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$\tau$  – коэффициент эффективности использования рабочей смены.

Отличие между формулами (15), (18) и (19) состоит в том, что по формуле (19) определяется производительность агрегата, выраженная в гектарах за смену, а по формулам (15) и (18) – снижение производительности в безразмерных единицах по отношению к потенциально возможной. Коэффициент эффективности использования рабочей смены  $\tau$  в формуле (19) идентичен коэффициенту технического использования.

Преобразуя формулу (15) применительно к машинно-тракторному агрегату (т.е. при  $C_0 = 0$ ), получим, что при равенстве фактической мощности двигателя  $N_{e\phi}$  его номинальной эффективной мощности  $N_{e\text{ном}}$

$$K_{\mathcal{E}} = K_{TI}.$$

При снижении фактической мощности двигателя  $N_{e\phi}$  на 10% от  $N_{e\text{ном}}$  (т.е при  $N_{e\phi} = 0,9N_{e\text{ном}}$ ),  $K_{\mathcal{E}} = 0,9K_{TI}$ .

Для сельскохозяйственных машин, учитывая затраты мощности на привод рабочих органов, получим, что такое же снижение мощности двигателя (см. формулу (15)) приведет к еще большему уменьшению эффективности использования. Если же зависимость мощности от рабочей скорости имеет составляющие второй и более высоких степеней, то снижение эффективности использования будет меньшим, чем в предыдущем случае (см. формулу (18)).

**Выводы.** Получены расчетные зависимости, которые позволяют оценить потерю производительности сельскохозяйственной техники с учетом снижения мощности силовой установки и затрат времени на техническое обслуживание и ремонт, которые выполняются во время полевых работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Войтюк, Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку [Текст] / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. // К.: Вища освіта, 2005. –464 с.
2. Кугель, Р.В. Эксплуатационная надежность тракторов [Текст] / Р.В. Кугель // М.: Агропромиздат, 1990. –114 с.
3. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / С.А. Иофинов // М.: Колос, 1974. –400с.
4. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст] / Под ред. Н.Э.Фере. // М.: Колос, 1978. – 256 с.
5. Лімонт, А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин: Навч. посіб. [Текст] / А.С. Лімонт // Житомир: Держ. агроеколог. ун-т, 2008. –420 с.
6. Зерноуборочные комбайны [Текст] / Г.Ф.Серый, Н.И. Косилов, Ю.Н.Юрмашев, А.И. Русанов // М.: Агропромиздат, 1986. –248 с.
7. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: 1989.
8. Козаченко, О.В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах: наукове видання [Текст] / О.В. Козаченко // Харків: Торнадо, 2008. –272 с.
9. Говорущенко, Н.Я. Системотехника транспорта [Текст] / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко // Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. –468с.

## **Аннотация**

### **Оценка производительности сельскохозяйственной техники с учетом эксплуатационных факторов**

Приведены результаты теоретических исследований производительности машинно-тракторных агрегатов и сельскохозяйственных машин. Получены расчетные зависимости, которые позволяют оценить потерю производительности с учетом снижения мощности силовой установки и затрат времени на техническое обслуживание и ремонт, которые выполняются во время полевых работ.

## **Abstract**

### **Estimation of productivity of agricultural engineering in view of the operational factors**

The results of theoretical researches of productivity of agricultural machines and units are given. The settlement dependences are received which allow to estimate loss of productivity in view of decrease of capacity of power installation and expenses of time for maintenance service and repair, which are carried out during field works.

УДК 631.3.004.67

### **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕМОНТНЫХ УЧАСТКОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК**

**Науменко А.А., доцент, Омельченко Л.В., ассистент**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. П.Василенко, г. Харьков, Украина*

**Введение.** Интересы эффективного функционирования сельскохозяйственного производства требуют, чтобы инфраструктура технического сервиса, призванная поддерживать техническое состояние средств механизации труда в постоянной технической готовности, работала слаженно и эффективно. К сожалению, опыт последних лет ярко продемонстрировал, неспособность ранее существовавшей «Сельхозтехники» адаптироваться к работе в рыночных условиях. Большинство ее предприятий изменило вид деятельности или прекратило свою работу.

**Анализ публикаций.** Проблемы повышения эффективности системы технического сервиса АПК нашли свое отражение в ряде работ, авторами которых рассмотрены вопросы:

- оптимизации оснащенности ремонтных участков и размещения объектов ремонтно-обслуживающей базы [1];
- научного обоснования нормативных показателей надежности сельхозтехники для инженерного менеджмента в техническом сервисе [2].;
- нормирования труда в ремонтном производстве АПК [3];
- разработки концепции по защите прав потребителей промышленной продукции производственно-технического назначения для сельхозпроизводителей [4];
- повышения эффективности управления предприятиями технического сервиса в условиях рыночной экономики [5].