

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭНЕРГОЕМКОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТРАКТОРНЫХ РАБОТ

А.П. Ляхов,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.И. Кошля,

ассистент каф. эксплуатация машинно-тракторного парка БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы энергосбережения при производстве механизированных работ в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: энергоёмкость, почвообработка, сопротивление.

The article deals with energy saving issues while performing mechanized works in agriculture.

Keywords: energy intensity, soil cultivation, resistance.

Введение

Сельскохозяйственное производство является потребителем значительного количества энергии, до 80 % которой расходуется в растениеводстве при выполнении работ, связанных с обработкой почвы, поэтому снижение затрат энергии в значительной мере сказывается на себестоимости производимой продукции и, как следствие, на эффективности работы всего аграрного сектора.

Предлагаемые в литературных источниках [1, 2] аналитические зависимости для расчета энергоёмкости имеют сложную структуру с использованием в них экспериментальных данных, как по трактору, так и по сельскохозяйственной машине. В связи с этим на стадии комплектования машинно-тракторных агрегатов и при выборе менее энергоёмкого варианта важно иметь возможность определить энергозатраты расчетным методом, так как таких данных в литературных источниках не приводится.

Цель настоящей работы – получение расчетных данных удельной энергоёмкости при работе МТА на наиболее энергоёмких операциях – вспашке и культивации. Результаты представлены в виде графиков, с анализом факторов, существенно влияющих на удельную энергоёмкость указанных работ.

Основная часть

Энергосбережение является актуальной задачей любого производства, в том числе и сельскохозяйственного, где потребляется значительное количество энергии. Оценку эффективности технологического процесса, связанного с почвообработкой, производят по удельным энергозатратам на единицу выполненной работы. Единицей измерения удельной энергоёмкости является кВт·ч или Дж на 1 га обработанной площади.

В технологиях механизированных работ [1, 2] при расчетах используют следующие виды удельной энергоёмкости: полезную, тяговую, эффективную, полную.

Наибольший практический интерес представляет величина полезной и полной удельной энергоёмкости,

причем полезная удельная энергоёмкость определяет затраты энергии, связанные с почвообработкой и сопротивлением передвижению сельскохозяйственной машины, полная – все виды затрат, имеющие место при работе агрегата.

Полезные удельные энергозатраты агрегата определяются по зависимости:

$$A = \frac{N_{\text{тр}} \cdot T_{\text{р}}}{W_{\text{см}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{тр}}$ – тяговая (полезная) мощность трактора при работе агрегата, кВт;

$T_{\text{р}}$ – время чистой работы агрегата, ч;

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность агрегата, га/см.

Сменная производительность агрегата равна

$$W_{\text{см}} = 0,36 \frac{N_{\text{тр}}}{K} \cdot T_{\text{р}},$$

где K – удельное сопротивление сельхозмашины, кН/м.

Подставляя это выражение в формулу (1), получим:

$$A = \frac{K}{0,36}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га}. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что полезная удельная энергоёмкость агрегата изменяется пропорционально удельному сопротивлению сельскохозяйственной машины.

Значение K учитывает сопротивление почвообработке и передвижению сельскохозяйственной машины. Для того чтобы учесть сопротивление, связанное только с обработкой почвы, для всех машин, кроме плугов, следует применить соотношение:

$$K_{\text{д}} = K \cdot \eta_{\text{м}},$$

где $\eta_{\text{м}}$ – КПД рабочей машины.

Для плугов

$$K_{\text{дпл}} = K_{\text{пл}} \cdot \eta_{\text{пл}},$$

где $K_{\text{пл}}$ – удельное сопротивление плуга, кН/м²

По данным источника [5], рекомендуется принимать среднее значение КПД плуга $\eta_{пл} = 0,7$.

Тогда выражение (2) для всех типов почвообрабатывающих машин имеет вид

$$A = \frac{K_{gi} \cdot \eta_{mi}}{0,36}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га.} \quad (3)$$

Полную удельную энергоёмкость, связанную со всеми видами затрат энергии при работе МТА, определяют по величине израсходованного топлива. В этом случае полная удельная энергоёмкость определяется по зависимости [2]:

$$A_n = H_n \cdot \Theta, \quad (4)$$

где H_n – низшая теплотворная способность дизельного топлива, Дж/кг ,

θ – удельный (гектарный) расход топлива на единицу выполненной работы, кг/га .

Учитывая, что низшая теплотворная способность дизельного топлива равна $H_n = 4,27 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$, а также, что $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то формула (4) принимает следующий вид:

$$A_n = 11,9 \cdot \Theta \text{ кВт} \cdot \text{ч/га.} \quad (5)$$

Энергия сгоревшего в цилиндре двигателя топлива расходуется на тепловые и механические потери в двигателе.

Суммарные потери в двигателе оцениваются эффективным КПД, значение которого по данным [4] для дизельных двигателей при полной нагрузке и степени сжатия $\varepsilon = 16 - 17$ равно:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \approx 0,32 \dots 0,45,$$

где η_i – индикаторный КПД;

η_m – механический КПД двигателя.

Следовательно, полезная удельная энергоёмкость, связанная с работой агрегата с учетом потерь в двигателе и тягового КПД трактора, составит:

$$A_n = H_n \cdot \Theta \cdot \eta_e \cdot \eta_{Ne} \cdot \eta_T, \quad (6)$$

где $\eta_e = 0,4$ – эффективный КПД двигателя;

η_{Ne} – коэффициент загрузки двигателя по мощности;

η_T – тяговый КПД трактора.

Для сравнения точности данных по формулам (3, 6) проведены расчеты, представленные на графиках (рис. 1, 2).

Для пахотных агрегатов в составе БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35 и БЕЛАРУС-80.1+ПЛН-3-35 получены расчетные данные по формулам (3, 6), которые представлены в виде графика (рис. 1). На графике зависимость (1) соответствует данным, рассчитанным по формуле (3) для обоих агрегатов, зависимость (2) соответствует расчету по формуле (6) для агрегата БЕЛАРУС-80.1+ПЛН-3-35, зависимость (3) – для агрегата БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35.

$A, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га}$

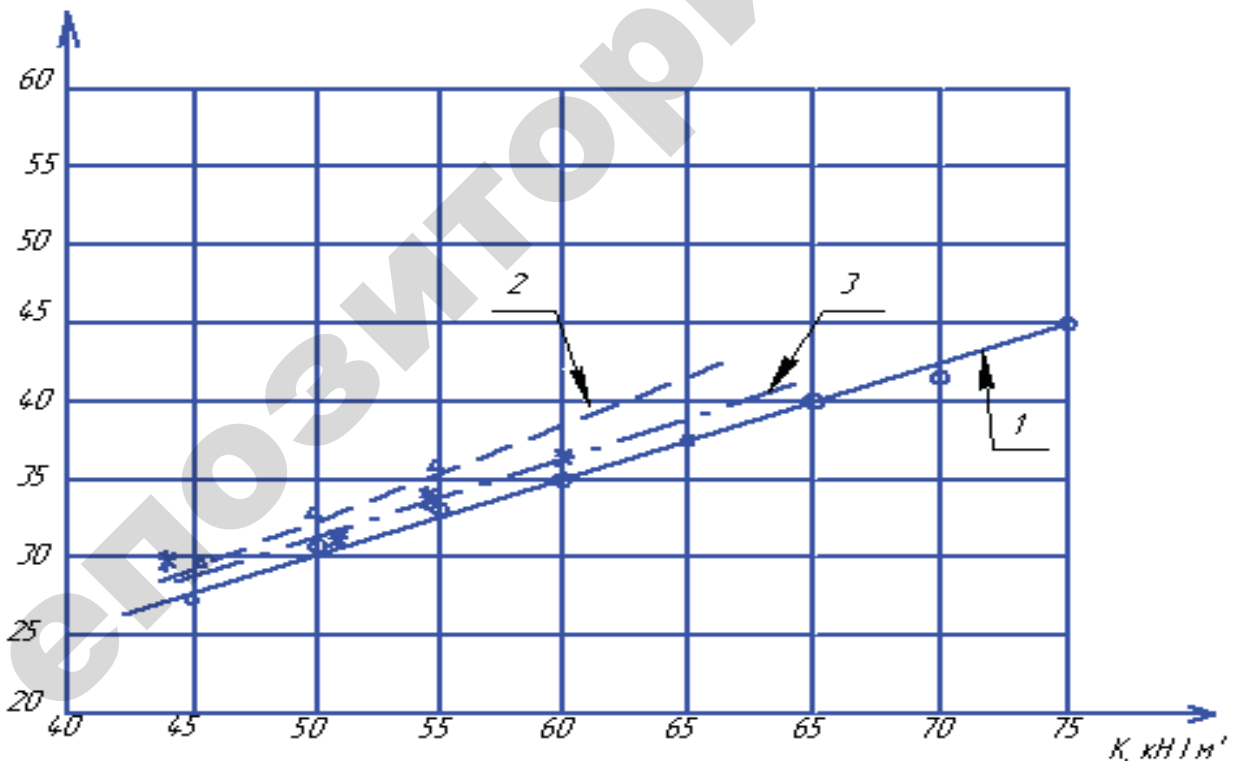


Рисунок 1. Зависимость полезной энергоёмкости на вспашке от удельного сопротивления: 1 – расчет по формуле (3); 2 – расчет по формуле (6), агрегат БЕЛАРУС 80.1+ПЛН-3-35; 3 – расчет по формуле (6), агрегат БЕЛАРУС 1522+ПЛН-6-35.

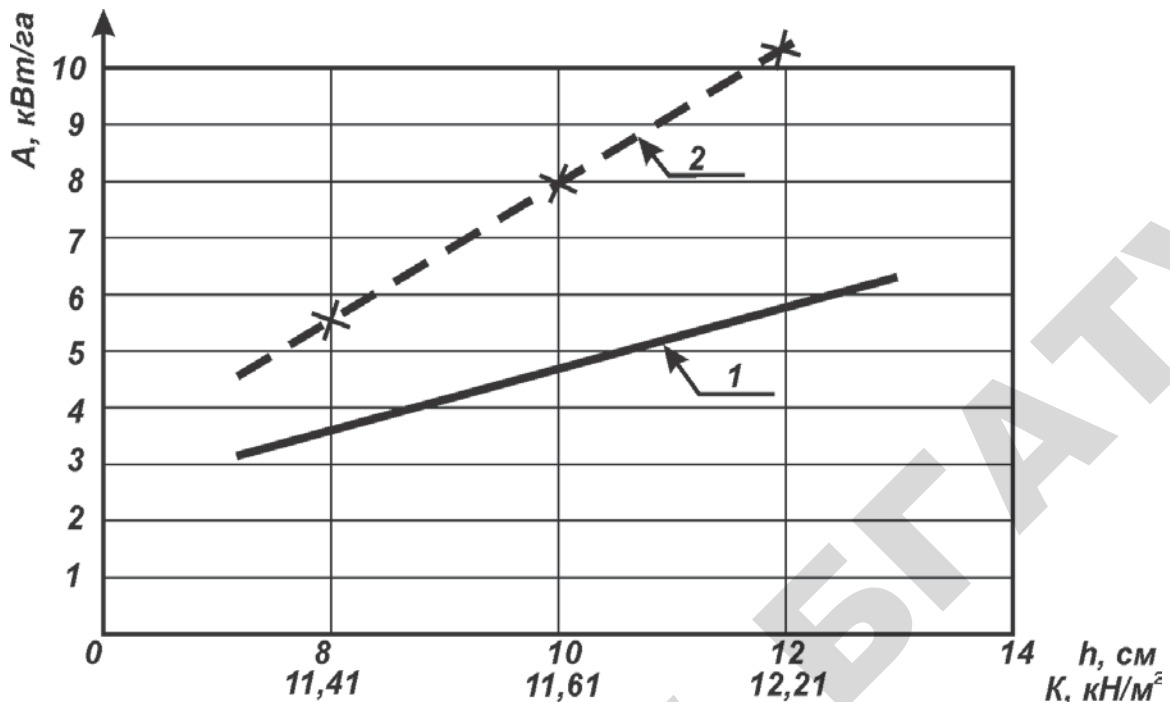


Рисунок 2. Зависимость энергоёмкости на культивации (агрегат БЕЛАРУС-80.1+КПС-4):
1 – расчет по формуле (3); 2 – расчет по формуле (6)

Следует отметить, что все данные по обоим типам пахотных агрегатов практически совпадают, поэтому расчеты, проводимые по формулам (3, 6) для вспашки, независимо от состава агрегата, являются приемлемыми и могут использоваться для оценки их удельной энергоёмкости.

Расчетные данные (рис. 2) соответствуют культивации агрегатом БЕЛАРУС- 80.1+КПС-4. Зависимость (1) соответствует данным, рассчитанным по формуле (3), зависимость (2) – по формуле (6).

Следует отметить, что расчеты по формуле (3, линия 1) показывают, что удельная энергоёмкость изменяется от 3,5 до 6 кВт · ч/га при изменении глубины обработки h от 8 до 14 см, а по формуле (6) – от 5,5 до 11 кВт · ч/га. Такое отличие данных можно объяснить тем, что в формуле (6) значение коэффициентов $\eta_e, \eta_{Ne}, \eta_T$ по разным источникам имеет значительный разброс. Так, коэффициент η_{Ne} изменяется от 0,65 при $h=8$ см, до 0,75 при $h=14$ см, η_e -- от 0,32 до 0,45, $\eta_T = 0,60$ до 0,70.

Заключение

1. Аналитические зависимости для расчетов удельной энергоёмкости МТА позволяют получить данные для оценки их эффективности на стадии комплектования агрегатов.

2. Выполненные расчеты по формулам (3, 6) для пахотных агрегатов БЕЛАРУС-1522+ПЛН-6-35 позволили получить данные по удельной энергоёмкости, незначительно отличающиеся в рассматриваемом диапазоне удельного сопротивления почв при вспаш-

ке. Значение удельной энергоёмкости колеблется в пределах 27-45 кВт · ч/га при $K_{пл} = 45-75$ кН/м².

3. При культивации почвы агрегатом БЕЛАРУС-80.1+КПС-4 расчетные данные имеют различные (до 2-х раз) значения при расчете по формулам (3, 6). Меньшее значение энергоёмкости получено по формуле (3) и большее – по формуле (6). Это объясняется значительным разбросом данных, входящих в формулу (6) коэффициентов, которые для повышения точности расчетов необходимо определять экспериментально для конкретного состава агрегата и почвенно-климатических и агротехнических условий работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляхов, А.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.П. Ляхов, А.В. Новиков; под ред. Ю.В. Будько. – Минск: Ураджай, 1991. – 334 с.
2. Коженкова, К.И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ / К.И. Коженкова, Ю.В. Будько, Г.Ф. Добыш. – Минск: Ураджай, 1988. – 375 с.
3. Единые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
4. Автомобильные и тракторные двигатели / И.М. Ленин [и др.]; под общ. ред. проф. И.М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1969. – 655 с.
5. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 308 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 07.06.2017