

УДК 631.3

РАБОТА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА С КОЛЕСНЫМИ И ГУСЕНИЧНЫМИ ТРАКТОРАМИ

Соколов В.В., – к.т.н., доцент
Добродомова Т.В., – аспирантка

Алтайский государственный аграрный университет

В статье проанализированы выходные эксплуатационные технико-экономические показатели работы почвообрабатывающих посевных агрегатов в составе с колесным трактором К-701 и гусеничной машиной МТ-5. In article target operational technical and economic parameters of work of soil-cultivating sowing units in structure with a wheel tractor К-701 and caterpillar machine МТ-5 are analysed.

В последнее время в области земледелия особенно острой становится проблема переуплотнения пахотных почв в связи с высоким давлением на почву сельскохозяйственной техники. Современные технологии возделывания полевых культур предусматривают многократные проходы (3-8 кратные) сельскохозяйственной техники по полям. Поэтому в земледелии и растениеводстве всё больше используются технологии энергосбережения и минимизации воздействия на почву ходовых систем машин за счет совмещения при одном проходе агрегата операций посева, предпосевной и послепосевной обработки почвы. Для их реализации применяют почвообрабатывающие посевные комплексы, в том числе Рубцовского машиностроительного завода (Алтайский край). Эти комплексы с шириной захвата 12,4 и 8,2 м агрегируются с колесными тракторами К-701. Трактор буксирует культиватор-сеялку, а за ним автономный бункер на колесном ходу с семенами и удобрениями (технологические материалы), оборудованием - дозатор, вентиляторная установка пневмосистемы с двигателем привода вентилятора, загрузочный шнек и пр. К основным недостаткам комплекса такой компоновки и агрегатирования относятся большие затраты энергии на самопередвижение

и буксование трактора, на буксировку бункера по обработанному культиватором и засеянному полю, чрезмерное уплотнение почвы колесами трактора и бункера.

Значительно уменьшить энергоемкость и воздействие на почву позволяет агрегатирование комплекса с гусеничной машиной МТ-5 (рисунок) тягового класса 5 (ОАО «Алтайский трактор», г. Рубцовск). Конструкция машины позволяет разместить на ней бункер с оборудованием и буксировать только культиватор-сеялку. Кроме того, для привода вентиляторной установки вместо отдельного двигателя можно использовать часть мощности двигателя машины. В результате гусеничная машина выполняет функции тягового, транспортного и приводного средства.

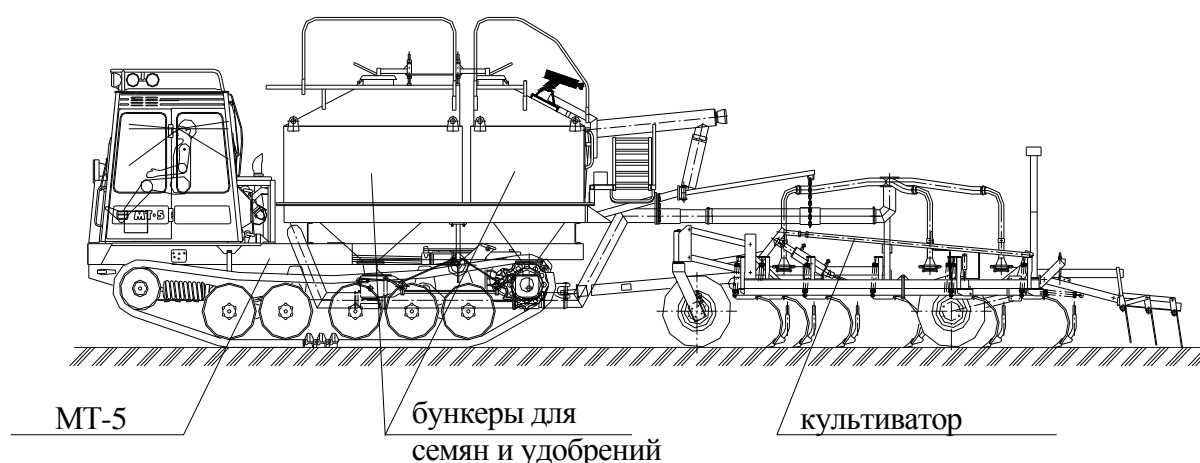


Рисунок – энергетический почвообрабатывающий посевной комплекс в составе гусеничной машины МТ-5 и ППК

Исследования работы такого агрегата, выполненные на кафедре «Тракторы и автомобили» Алтайского государственного аграрного университета, показывают следующее.

Замена колесного трактора как тягового средства гусеничной машиной приводит к уменьшению затрат энергии на:

- перекачивание трактора, поскольку коэффициент сопротивления качению колесного трактора равен на стерне 0,08...0,10, а гусеничной машины 0,06...0,08;

- вертикальную деформацию, потому, что она составляет у гусеничного трактора в нормальных условиях 25...30 % общих затрат энергии на перекачивание, а у колесного – примерно 90...95 % ;

- буксование движителя трактора, из-за того, что коэффициент буксования колесного пахотного трактора на стерне достигает 12...15 % и более, а у гусеничной машины не превышает 2...3 % [2].

Кроме того, размещение бункера для семян и удобрений на гусеничной машине, а также использование для привода вентилятора части мощности двигателя машины, позволяет:

- отказаться от колесной ходовой части бункера и отдельного двигателя, что, при прочих равных условиях, приводит к уменьшению общей массы агрегата и, следовательно, уменьшению затрат энергии на её перемещение;

- уменьшить затраты энергии на перемещение бункера, вертикальную деформацию почвы весом бункера из-за его уменьшения и за счет того, что бункер перемещается на гусеничном ходу по необработанному стерневому полю, а не на колесном шасси по прокультивированному полю. Коэффициенты сопротивления качению равны, соответственно, 0,06...0,08 и 0,12...0,18;

- увеличить ширину захвата культиватора за счет уменьшения, при других одинаковых условиях, затрат энергии на перекачивание и буксование тягового средства, перемещение бункера;

- уменьшить кинематическую длину и улучшить маневренность агрегата, сократить за счет этого затрачиваемое на повороты время и увеличить коэффициент использования времени смены.

Грузоподъемность гусеничной машины МТ-5 позволяет установить на ней штатный бункер комплекса. Это обеспечивает работу агрегата в течение смены без заправки бункера, увеличивая время чистой работы и, следовательно, производительность агрегата.

Разработанная математическая модель, описывающая агрегат как систему «почва-почвообрабатывающий посевной комплекс-двигатель-трансмиссия-двигатель», в зависимости от математического ожидания тягового сопротивления для группы полей $M(\bar{P})$, мощности двигателя, веса технологических материалов позволяет определять выходные эксплуатационные показатели работы тягового, тягово-транспортно-приводного МТА на базе колесного трактора К-701 и гусеничной машины МТ-5 по формулам [1]:

$$M(\bar{N}_{кр}) = N_m M(\bar{h}_m); \quad (1)$$

$$M(\bar{V}_p) \cong M(\bar{N}_{кр}) / M(\bar{P}); \quad (2)$$

$$B_p = \frac{M(\bar{P})}{M(\bar{K}_{np}) \left[1 + M(\bar{e}_{np}) \left(M(\bar{V}_p)^2 - V_{np}^2 \right) \right]}; \quad (3)$$

$$M(\bar{W}_ч) = 0,36 B_p M(\bar{V}_p); \quad (4)$$

$$M(\bar{W}_{см}) = M(\bar{W}_{час}) \times T_{см}; \quad (5)$$

$$M(\bar{W}_{час}) = M(\bar{W}_ч) \times t_{см}; \quad (6)$$

$$M(\bar{g}_w) = M(\bar{G}_{Tсм}) / M(\bar{W}_{см}), \quad (7)$$

где $M(\bar{N}_{кр})$ – математическое ожидание тяговой мощности тягового средства, кВт;

N_m – мощность двигателя, затрачиваемая на перемещение агрегата, кВт;

$M(\bar{h}_m)$ – математическое ожидание тягового к.п.д. тягового средства;

$M(\bar{V}_p)$ – математическое ожидание рабочей скорости агрегата, м/с;

B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$M(\bar{K}_{np})$ – математическое ожидание приведенного удельного тягового сопротивления агрегата для группы полей при постоянной скорости движения $V_{np} = \text{const}$, кН/м;

V_{np} – скорость приведения, м/с;

$M(\bar{W}_c)$, $M(\bar{W}_{cm})$ – математические ожидания чистой и сменной производительности агрегата, га/ч;

$M(\bar{W}_{час})$ – математическое ожидание производительности агрегата за час эксплуатационного времени;

T_{cm} – время смены, час;

t_{cm} – коэффициент использования рабочего времени смены;

$M(\bar{g}_w)$ – математическое ожидание погектарного расхода топлива, кг/га;

$M(\bar{G}_{T_{cm}})$ – математическое ожидание расхода топлива двигателя за час сменного времени, кг/ч.

Величина тягового к.п.д. агрегата и его составляющих можно определить по формулам:

$$M(\bar{h}_m) = M(\bar{h}_{mn})M(\bar{h}_f)M(\bar{h}_d); \quad (8)$$

$$M(\bar{h}_f) = M(\bar{P})/[M(\bar{P}) + \bar{P}_f]; \quad (9)$$

$$M(\bar{h}_d) = 1 - M(\bar{d}); \quad (10)$$

$$M(\bar{d}) = B^{-1} \ln \left[A / (j_{\max} - M(\bar{P}) / M(\bar{G})) \right], \quad (11)$$

где $M(\bar{h}_{mn})$ – математическое ожидание к.п.д. механических потерь;

$M(\bar{h}_f)$ – математическое ожидание к.п.д., учитывающего потери на качение агрегата;

$M(\bar{h}_d)$ – математическое ожидание к.п.д., учитывающего потери на буксование движителей;

\bar{P}_f – математическое ожидание силы сопротивления качению, кН;

$M(\bar{d})$ – математическое ожидание коэффициента буксования, в %;

A, B, j_{max} – коэффициенты функции, аппроксимирующей кривую буксования движителей тягового средства;

$M(\bar{G})$ – математическое ожидание эксплуатационного веса агрегата, кН.

Математическая модель учитывает:

- вероятностный характер тягового сопротивления культиватора на отдельном поле для текущих значений и на множестве полей для средних значений;

- зависимость тягового сопротивления культиватора от скорости движения и влияние её на вероятностные характеристики тягового сопротивления – плотность распределения вероятностей, математическое ожидание, дисперсию;

- вероятностный характер тягового сопротивления автономного бункера и силы сопротивления качению гусеничной машины с бункером, обусловленный изменением их веса из-за расходования в процессе работы технологических материалов.

На основании исследований получены результаты - см. таблицу. В столбце 4 приведена относительная величина (в %) показателя для агрегата с гусеничной машиной МТ-5 в сравнении с агрегатом с трактором К-701.

Расчеты выполнены для необработанного стерневого фона при среднем, приведенном к скорости движения 1,39 м/с (5 км/ч), удельном тяговом сопротивлении культиватора 3,8 кН/м.

Таблица - Показатели работы агрегатов в составе с К-701 и МТ-5

Показатели работы агрегатов	Трактор		
	К-701	МТ-5	
	Значение	Значение	%
1	2	3	4
Ширина захвата культиватора, м	8,2	10,3	126
Номинальная мощность двигателя трактора, машины, кВт (л.с.)	198,6 (270)	132,3 (180)	67
Мощность двигателя привода вентилятора пневмосистемы комплекса, кВт (л.с.)	22 (30)	нет	-
Скорость движения, м/с (км/ч)	2,2 (7,9)	1,6 (5,8)	73
Относительная величина энергоемкости культиватора-сеялки	1,125	1,03	91
Чистая часовая производительность, га/ч	6,5	5,9	91
Коэффициент использования времени смены	0,67	0,72	107
Сменная производительность, га	30,6	29,6	97
Удельный расход топлива, кг/га	1,59	1,14	72
Вес агрегата, кН, всего	313	290	93
в т.ч. трактора, машины порожней	131	125	95
культиватора	68	82	121
бункера порожнего	45	12	27
Удельная металлоемкость агрегата, кН/м	38	28	74
Кинематическая длина агрегата, м	25	13	52
Эксплуатационные затраты средств, руб./га	202	129	64
Стоимость потерь урожая от уплотнения почвы движителем, руб./га	44	16	36
Удельные затраты средств с учетом стоимости потерь урожая, руб./га	246	145	59
Удельные затраты энергии, кВт*ч/га, на:			
- перемещение трактора и бункера	9,0	4,2	47
- работу культиватора	11,9	10,8	91
- деформацию почвы движителем трактора и ходовой частью бункера, всего	11,1	1,4	13
в т.ч. на - вертикальную деформацию	8,6	1,3	15
- буксование	3,0	0,15	4,9

Сменная производительность комплекса с гусеничной машиной МТ-5 примерно на 3 % меньше, чем у комплекса с трактором К-701 при меньшей в 1,5 раза номинальной мощности двигателя. Если учесть мощность дополнительного двигателя привода вентилятора пневмосистемы комплекса с трактором К-701, то соотношение увеличится до 1,67.

Расход топлива на единицу обработанной площади, как интегральный измеритель энергоемкости работы комплекса у агрегата с гусеничной машиной меньше на 28 % или почти в 1,4 раза.

Для сравнительной оценки агрегатов удобно использовать затраты энергии приходящиеся на единицу обработанной площади – кВт*ч/га. Энергоемкость культиватора при работе с трактором К-701 больше почти на 9 % из-за меньшей скорости движения. В расчете на единицу обработанной площади затраты энергии на перекачивание трактора и бункера составляют у трактора К-701 9,0 кВт*ч/га, а у гусеничной машины 4,2 кВт*ч/га – 47 % или меньше уже почти в 2,2 раза из-за того, что ширина захвата культиватора с машиной МТ-5 на 26 % больше, чем с трактором К-701. Всего на деформацию почвы колесами трактора К-701 и бункера затрачивается 11,1 кВт*ч/га, а у гусеничной машины МТ-5 только 1,4 кВт*ч/га – меньше почти в 8 раз, что не может не отразиться на урожайности (см. таблицу).

Итого в расчете на единицу обработанной и засеянной площади на перемещение трактора, бункера и культиватора двигатель трактора К-701 затрачивает 28,1 кВт*ч/га, а двигатель гусеничной машины МТ-5 только 17,0 кВт*ч/га – немногим более 60 % или меньше почти в 1,7 раза.

Агрегатирование почвообрабатывающего посевного комплекса с гусеничной машиной МТ-5 дает экономию удельных затрат средств, приходящихся на единицу обработанной площади: эксплуатационных затрат средств – на 36 %, стоимости потерь урожая от уплотнения почвы движителем – на 64 %, удельных совокупных затрат средств с учетом

стоимости потерь урожая – на 41 %. Таким образом, прирост чистой прибыли за счет снижения расхода горючего, затрат труда и других эксплуатационных расходов с учетом дополнительно полученной прибыли за счет стоимости потерь урожая от уплотнения почвы движителем составит на единицу обработанной площади 48 тыс. рублей. Использование гусеничной машины МТ-5 как тягово-транспортного средства позволит получить дополнительную прибыль в размере 43 тыс. рублей на единицу обработанной площади одним агрегатом.

Список литературы

1. Красовских В.С., Добродомова Т.В. Математическая модель функционирования тягово-приводного МТА // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 2. Барнаул, 2005. С.75-78.
2. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М., Колос, 1972. 384с.