

6. Волков Е. Т. Тяговое сопротивление плуга с виброремехом / Е. Т. Волков // Труды Волгоградского СХИ. – Т. 46, Волгоград, 1972, С.68...73.

7. Детали машин в примерах и задачах / С.Н. Ничипорчик [и др.]. – Минск : Высш. школа, 1981. – С.115.

8. Ахметжанов, К. А. Энергетические затраты при обработке почвы вибрирующим рабочим органом / К.А. Ахметжанов // В кн. «Актуальные вопросы механизации с.-х. производства», Алма-Ата, 1971. – С.27...32.

9. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. М. : Колос, 1983. – С.40.

10. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – С.26.

11. Навесной вибрирующий плуг : патент 9716 U Респ. Беларусь, МПК А 01В 11/00 ; А 01В 3/36 / И.Н.Шило (BY), Н.Н.Романюк (BY), В.А. Агейчик (BY), С.О. Нукешев (KZ), Д.З. Есхожин (KZ), С.К. Тойгамбаев (KZ) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № и 20130445 ; заявл. 28.05.2013; опубл. 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 6. – С.159–160.

**УДК 631.95:614.87**

<sup>1</sup>**Добыш Г.Ф.**, канд.техн.наук, доцент,

<sup>1</sup>**Жабровский И.Е.**, канд. с.-х. наук, доцент,

<sup>1</sup>**Тимошенко В.Я.** канд.техн.наук, доцент,

<sup>2</sup>**Гулейчик А.И.**, к.э.н., профессор

<sup>1</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация*

## **ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА ПАХОТЕ**

Одной из наиболее энергозатратных операций при возделывании сельскохозяйственных культур является вспашка.

В настоящее время кроме довольно значительных затрат энергии на непосредственное выполнение технологического процесса

вспашки (оборот, крошение пласта и заделка пожнивных остатков и сорняков) возникают дополнительные затраты на холостые повороты в конце загона, переезды от машинного двора на поле, а также внутрисменные переезды.

Кроме того, в связи с применением оборотных плугов значительно возрастают дополнительные затраты на перемещение большей массы оборотных плугов по сравнению с загонными.

Производительность агрегата можно рассчитать по выражению (1)

$$W_{\text{см}} = 0,1 V_p \tau_{\text{см}} T_{\text{см}}$$

где  $V_p$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$v_p$  – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

$T_{\text{см}}$  – время смены, ч;

$T_{\text{см}}$  – коэффициент использования времени смены

Рабочая ширина захвата агрегата

$$V_p = v_k \beta$$

где  $v_k$  – конструктивная ширина захвата одной машины или одного корпуса плуга, м;

$n$  – число корпусов или машин в агрегате, шт;

$\beta$  – коэффициент использования конструктивной ширины захвата ( $\beta = 1$  – на посеве, посадке и междурядной обработке сельскохозяйственных культур;  $\beta = 0,95 - 0,98$  – на бронировании, дисковании, культивации, кошени, прямом комбайнировании, ворошении, сгребании трав и т.п;  $\beta = 1,04 - 1,07$  – на вспашке).

Рабочая скорость движения ( $v_p$ , м/с) ограничивается агротехническими требованиями ( $v_a$ ), пропускной способностью рабочих органов машины ( $v_p^{\text{nc}}$ ) или мощностью двигателя ( $v_p^{\text{Na}}$ ). На энергоемких пахотных работах рабочая скорость чаще всего ограничивается мощностью двигателя трактора:

$$v_p^{\text{Na}} = \frac{(N_e^{\text{H}} \eta_{\text{ue}} - N_{\text{вoм}} / \eta_{\text{вoм}}) \eta_{\text{мz}} \eta_{\text{б}}}{R_a + G_{\text{mp}} (f_{\text{mp}} + i / 100)}$$

где  $N_e^{\text{H}}$  – номинальная мощность двигателя трактора, кВт;

$\eta_{\text{ue}}$  – коэффициент использования номинальной мощности (зависит от степени неравномерности тягового сопротивления машины  $\eta_{\text{ue}} = 0,94 - 0,98$ );

$N_{\text{вoм}}$  – мощность, передаваемая через вал отбора мощности трактора, кВт;

- $\eta_{\text{вoм}}$  – КПД привода вала отбора мощности;  
 $\eta_{\text{мг}}$  – механический КПД трансмиссии трактора;  
 $\eta_{\text{б}}$  – КПД буксования ходовых колес трактора;  
 $R_a$  – тяговое сопротивление прицепной машины, кН;  
 $G_{\text{тp}}$  – вес трактора, кН;  
 $f_{\text{тp}}$  – коэффициент сопротивления перекатыванию трактора;  
 $i$  – уклон местности, %.

Коэффициент использования времени смены представляет собой отношение времени чистой работы  $T_p$  (времени непосредственного выполнения технологического процесса) к общему времени смены  $T_{\text{см}}$ .

$$\tau_{\text{см}} = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{нз}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{вс}} + T_{\text{оли}}}$$

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{ТУТР}} + T_{\text{ТУСХМ}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{не}} + T_{\text{нн}}$$

Подготовительно-заключительное время  $T_{\text{нз}}$

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{ТУТР}} + T_{\text{ТУСХМ}} + T_{\text{пн}} + T_{\text{не}} + T_{\text{нн}}$$

$T_{\text{ТУТР}}$  – время проведения ЕТО трактора, ч;

$T_{\text{ТУСХМ}}$  – время проведения ЕТО сельскохозяйственных машин, ч;

$T_{\text{пн}}$  – время подготовки агрегата к переезду и к работе после переезда, ч;

$T_{\text{не}}$  – время на переезды агрегата к месту работы и обратно, ч;

$T_{\text{нн}}$  – время на получение наряда и заключительную работу (сдача смены, остановка трактора и т.д.), ч.

Время организационно-технического обслуживания

$$T_{\text{обс}} = T_{\text{оч}} + T_{\text{кач}} + T_{\text{рег}} + T_{\text{туз}}$$

где  $T_{\text{оч}}$  – время на очистку рабочих органов и устранение технологических отказов, ч;

$T_{\text{кач}}$  – время на проверку качества работы, ч;

$T_{\text{рег}}$  – время на технологические регулировки, ч;

$T_{\text{туз}}$  – время на техническое обслуживание машин в загоне, ч;

Вспомогательное время

$$T_{\text{вс}} = T_n + T_{\text{ГО}} + T_{\text{хх}},$$

$T_n$  – время на повороты и заезды в загон, ч;

$T_{то}$  – время технологического обслуживания агрегата (загрузка семян, удобрений, ядохимикатов, выгрузка убираемой продукции, смена транспортных средств и т.п.), ч;

$T_{xx}$  – внутрисменные переезды с участка на участок (включая подготовку к переезду и подготовку агрегата к работе после переезда), ч;

$T_{отл}$  – время регламентированных перерывов на отдых (10-15 мин) и личные надобности (10 мин).

Проведем расчеты производительности и затрат на вспашку 40 га (500\*800 м) агрегатами:

Беларус 3022 + ППН – 8 – 30/50 – для загонной вспашки;

Беларус 3022 + ППО – 8 – 30/45 – с оборотым плугом.

$$v_p = \frac{N \frac{H}{c} \eta_{uc} \eta_{б\eta} \eta_{\Gamma}}{R_{n\Lambda} + G_{TP} f_{TP}},$$

Тяговое сопротивление плуга

$$R_{n\Lambda} = k_o B_p a + G_{пл} f_{пл}$$

$k_o$  – удельное тяговое сопротивление плуга,  $\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$

( $k_o = 40 \text{ кН/м}^2$  – для стерни озимых среднесуглинистых дерново-подзолистых почв);

$a$  – глубина вспашки, м ( $a = 0,22$  м)

$G_{пл}$  – масса плуга, кг;

$f_{пл}$  – коэффициент сопротивления качению ходовых колес сельскохозяйственной машины ( $f_{пл} = 0,1$  для стерни озимых осенью).

$$\text{Время чистой работы } T_p = \frac{F}{W_T}$$

$F$  – площадь участка (поля), га;

$W_T$  – техническая производительность агрегата,  $\frac{\text{га}}{\text{ч}}$ .

Время поворотов в конце загона

$$T_n = \frac{l_x}{v_p}$$

(для плуга ППН-8-30/50: способ движения – с чередованием загонов всвал и вразвал, беспетлевой с поворотом на  $90^0$ ; для плуга ППО-8-30/45: способ движения – челночный, все повороты – петлевые), ч:

Для грушевидного петлевого поворота на  $180^0$  длина поворота  $l_x$  будет равна:

$$l_x = (6,6 - 8,0)R_0 + 2e$$

$R_0$  – минимальный радиус поворота, м (для агрегатов с большой кинематической длиной равен ее длине);

$e$  – длина выезда агрегата – путь, пройденный с момента выключения (включения) рабочих органов машин до полного выхода (входа) при поворотах агрегата (для прицепных и полуприцепных агрегатов  $e = (0,25 - 0,75) l_k$ )

Кинематическая длина агрегата  $l_k$  – проекция расстояния от его центра до линии расположения последних рабочих органов

$$l_k = l_{TP} + l_{сц} + l_M$$

$l_{TP} l_{сц} l_M$  – кинематическая длина трактора, сцепки и машины соответственно.

Ширина поворотной полосы

$$E = 2,8 R_0 + 0,5 dk + e$$

Учитывая кинематические характеристики агрегата, можно отметить, что:

– для полуприцепного плуга для загонной вспышки (ППН – 8 – 30/50) на каждом загоне будут два поворота грушевидные (по одному с каждой стороны поля), а остальные повороты – беспетлевые с прямолинейным участком;

– для оборотного плуга (ППО-8-30/45) все повороты – петлевые грушевидные;

– число проходов = 29 (для загонного плуга) и 30 (для оборотного плуга).

Общее время холостых поворотов на участке площадью 40 га (при  $v_x = v_p$ )

$$T_n = \frac{l_{хобиц}}{v_p}$$

Время чистой работы (непосредственного выполнения технологического процесса)

$$T_p = \frac{L_p}{v_p} n_{px} = \frac{L_2 - 2E}{v_p} n_{px}$$

$L_p$  – рабочая длина гона, м;

$L_2$  – длина гона, м;

$E$  – ширина поворотной полосы, м;

$n_{px}$  – число рабочих ходов на участке.

Время переездов на поле и обратно (примем  $h_{ne} = 5$  км, средняя скорость переездов 15 км/ч)

$$T_{ne} = \frac{2L_{ne}}{v_{ne}}$$

С учетом приведенных данных фактическая производительность пахотных агрегатов за 1 час сменного времени (без учета обработки поворотных полос)

$$W_{cm} = 0,1 B_p v_p \tau_{cm}$$

Затраты мощности трактора на обработку всего участка ( $F = 40$  га)

$$N_e = N_p + N_x + N_{ne}, \text{ в том числе:}$$

на рабочем ходу:

$$N_p = R_{nz} v_p T_p;$$

на поворотах:

$$N_x = (G_{TP} f_{TP} + G_{nz} f_{nz}) v_x T_n;$$

на переездах

$$N_{ne} = (G_{TP} f_{TP} + G_{nz} f_{nz}) v_{ne} T_{ne}$$

Общие затраты эффективной мощности на обработку участка ( $F = 40$  га)

$$N_e = \frac{N_p + N_x + N_{ne}}{\eta_{mr}};$$

Общий расход топлива

$$G_r = N_e g_e$$

Прямые эксплуатационные затраты на работу агрегата

$$S_s = \frac{S_{zn} + S_a + S_{TOP}}{W_{\text{ч}}} + S_{ГCM}$$

$S_{зп}$  – заработная плата механизатора, руб/ч;  
 $S_{ГСМ}$  – затраты на ГСМ;  
 $S_a, S_{ТОР}$  – отчисления на амортизацию и техническое обслуживание и ремонт:

$$S_a = \frac{B_{т}a_{ат}}{100T_{зт}} + \frac{B_{п}a_{ам}}{100T_{зп}}$$

где  $B_{т}, B_{п}$  – балансовая стоимость трактора и плуга, соответственно, руб;

$a_{ат}, a_{ам}$  – амортизационные отчисления трактора и плуга, %;

$T_{зт}, T_{зп}$  – среднегодовая загрузка трактора и плуга, ч.

Все исходные данные и результаты расчетов сведены в таблицу 1.

**Таблица 1. Исходные данные и результаты расчета производительности МТА с трактором Беларусь 3022 ДЦ-1**

	Плуг для загонной вспашки ППН-8-30/50	Оборотный плуг ППО-8-30/45
1 Исходные данные		
$N_e^H$ , кВт	223	223
$N_e^P$ , кВт	211,85	211,85
$\eta_б$	0,9	0,9
$\eta_{МГ}$	0,8	0,8
$k_0$ , $\frac{кН}{м^2}$	40	40
$a$ , м	0,22	0,22
$L \cdot B \cdot H$	9,56 x 4,12 x 1,58	14,5 x 4,12 x 1,73
$G_{пх}$ , кН	25	71
$f_{пл}$	0,1	0,1
$B_p$	4,2	4,2
$M_{пл2}$ , кг	2500	7100
$T_p$ , ч	4,29	4,67
$l_{т2}$ , м	2,96	2,96
$l_{м2}$ , м	9,56	14,5
$l_{к2}$ , м	12,52	17,46
$d_{к2}$ , м	4,12	4,12
$R_{о2}$ , м	10	14
$e$ , м	6,3	8,7
$T_{тв2}$ , ч	0,6	0,6
$T_{тв с х м 2}$ , ч	0,2	0,2
$T_{пп2}$ , ч	0,08	0,08

	Плуг для загоной вспашки ППН-8-30/50	Оборотный плуг ППО-8-30/45
$T_{пл}, ч$	0,1	0,1
$T_{обс}, ч$	0,3	0,3
$T_{вс}, ч$	0	0
$T_{олн}, ч$	0,4	0,4
$S_{пл}, руб/ч$	50000	50000
$Ц_{гсм}, руб/ч$	12300	12300
$B_{т}, млн руб$	2212,032	2212,032
$B_{пл}, млн руб$	107,8488	368,4492
$a_{т}, a_{тор т}$	10	10
$a_{м}, a_{гор м}$	14,3	14,3
$T_{гт}, ч$	1000	1000
$T_{гм}, ч$	150	150
2 Расчетные показатели		
$R_{фпл}, кН$	2,5	7,1
$R_{пл}, кН$	39,46	44,06
$U_p, м/с$	3,1(11,1 км/ч)	2,83(10,2 км/ч)
$W_{т}, га/ч$	4,66	4,28
$l_{x, м}$	66,3(87,1)	92,7
$E, м$	28,3	50,5
$l_{ср, м}$	87,1 – беспетлевой 85,3 – петлевой	119,6 – петл
$l_{общ, м}$	2522	3588
$T_{не}, ч$	0,7	0,7
$T_{р}, ч$	7,7	8,25
$T_{п}, ч$	0,9	1,4
$W_{см}, га/ч$	3,26	2,95
$\tau_{см}$	0,7	0,69
$N_{р}, кВтч$	942	1029
$N_{х}, кВтч$	32,22	58,52
$N_{не}, кВтч$	24,25	31,02
$N_{е}, кВтч$	1248	1395
$G_{т}, кг$	300	335
$S_{з}, тыс руб/га$	306,4	507,9 (в 1,66 раза выше)

### Выводы

1. При использовании пахотных агрегатов на базе плугов для загоной вспашки необходима точная разбивка поля на загоны, привлечение дополнительных агрегатов для распашки свальных гребней и заделки развальных борозд.



2. Пахотные агрегаты с использованием оборотных плугов позволяют получить гладкую вспашку при упрощенной схеме движения (все повороты - петлевые).

3. Агрегаты с полуприцепными оборотными плугами затрачивают больше времени на повороты в конце загона (из-за большой кинематической длины) и больше энергии на передвижение плуга на рабочем и холостом ходу (из-за большей массы оборотного плуга).

4. Более эффективно использовать оборотные навесные плуги, так как в этом случае значительно сокращается длина и время поворотов в конце загона.

5. Желательно использовать плуги для загонной вспашки на прямоугольных полях большой площади (особенно при использовании GPS-технологий), а оборотные плуги – в навесном варианте на полях неправильной конфигурации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: учебник / Ю.В.Будько [и др.]. – Мн. Беларусь, 2006. – 510 с.

2. Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / А.П. Ляхов [и др.]. – Мн. : Ураджай, 1991. – 336 с.

3. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. В 3-х ч. Ч.1. Основная и предпосевная обработка почвы / разраб. С.В. Соусь [и др.]. – Барановичи : Барановичская укрупненная типография, 2007. – 160 с.

**УДК 621.867**

<sup>1</sup>Шибeko А.Э., канд. экон. наук, доцент, <sup>1</sup>Мельник О.М.,

<sup>2</sup>Кулагин С.Л., соискатель

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

<sup>2</sup>Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Важнейшим фактором устойчивого развития организаций АПК является обновление материально-технической базы на основе