

3. Технический отчет о служебной командировке с 07 ноября по 14 ноября 2013 г. группы специалистов РУП МТЗ на международную выставку «Агритехника-2013» (г. Ганновер, Германия). Обзор конструкций зарубежной тракторной и сельскохозяйственной техники. – Минск: РУП МТЗ, 2014. – 180 с.
4. Вагин, И.В. Повышение качества высева семян зерновых культур пневмосеялкой с электроприводом высевающего аппарата и вентилятора / автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / И.В. Вагин. – Пенза, 2010. – 19 с.

УДК 631.372+629.3.017

В.Т. Надикто, А.Д. Кистечок
*(Таврический государственный
агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина,
e-mail: imesh@zr.ukrtel.net)*

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПО РАЗНЫМ СХЕМАМ АГРЕГАТИРОВАНИЯ

Введение

Глобальной проблемой сельскохозяйственного производства является снижение энергетических затрат при обработке почвы, особенно на пахоте. Одним из шагов в решении этой проблемы является повышение тягово-сцепных качеств агрегирующего трактора путем увеличения его сцепного веса.

Установлено, что в составе пахотного машинно-тракторного агрегата (МТА) добиться этого можно путем применения плугов, присоединенных по схеме «push-pull». Как показывают теоретические исследования, за счет вертикальной составляющей тягового сопротивления фронтального плуга увеличивается догрузка передних колес, а значит и сцепной вес трактора. В результате это приводит не только к определенному уменьшению его буксования, но и к снижению удельного расхода топлива пахотным агрегатом в целом [1–3].

Однако при неправильном присоединении фронтального плуга к энергетическому средству может иметь место не только недогрузка, а наоборот – разгрузка передних колес трактора и неизбежная при этом потеря управляемости и устойчивости движения всего пахотного МТА. Теоретическими исследованиями установлено, что во избежание этого при использовании трактора с номинальным тяговым усилием 30–32 кН фронтальный плуг должен иметь два корпуса, а задний – 4 (схема «2+4») [4]. Трактор при этом движется правыми колесами в борозде, фронтальный плуг присоединен к нему в горизонтальной плоскости жестко, а опорное колесо этого орудия размещено вне борозды.

Целью данного исследования является изложение и анализ результатов полевой экспериментальной оценки тракторных, тягово-энергетических и агротехнических показателей работы пахотного агрегата, работающего по схеме «push-pull» с числом корпусов «2+4».

Материалы и методы

Пахотный машинно-тракторный агрегат, работающий по схеме «2+4», состоял из трактора ХТЗ-16131, фронтального двухкорпусного и задненавесного четырехкорпусного плугов (рисунок 1а).

Для сравнения с ним экспериментально исследовали в полевых условиях пахотный агрегат, работающий по схеме «0+5», то есть состоящий из этого же трактора и задненавесного пятикорпусного плуга ПЛН-5-35 (рисунок 1б).



а



б

Рисунок 1. – Пахотные агрегаты, скомплектованные по схемам «2+4» (а) и «0+5» (б)

Техническая характеристика пахотных агрегатов приведена в таблице 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика пахотных агрегатов

Наименование	Показатель
Мощность двигателя трактора ХТЗ-16131, <i>кВт</i>	132
Эксплуатационная масса, <i>кг</i>	8100
Колея трактора, <i>мм</i>	2100
Продольная база трактора, <i>мм</i>	2860
Размер шин переднего и заднего мостов трактора	16,9R38
Ширина захвата фронтального плуга, <i>м</i>	0,70
Ширина захвата задненавесного плуга, <i>м</i>	1,40
Ширина захвата пахотного МТА схемы «2+4», <i>м</i>	2,10
Ширина захвата пахотного МТА схемы «0+5», <i>м</i>	1,75

В процессе полевых испытаний регистрировали следующие параметры: влажность и плотность почвы, продольно-вертикальный профиль поля, тяговое сопротивление и рабочую ширину захвата (B_p) плугов, скорость движения (V_p), буксование колес (δ) и часовой расход топлива тракторов (G_h), глубину пахоты (h).

Влажность почвы определяли широко известным методом горячей сушки. Для измерения плотности агротехнического фона использовали специально разработанный нами метод и прибор на его основе [5].

Колебания амплитуды и частоты неровностей профиля поля в продольном направлении (профиль поверхности поля) измеряли с помощью специального профилографа.

Тяговое сопротивление плугов регистрировали с использованием тензометрического звена, рассчитанного на тяговое усилие до 40 *кН*.

Скорость рабочего движения пахотного агрегата фиксировали с помощью устанавливаемого на тракторе путеизмерительного колеса. На ступицах переднего и заднего мостов трактора устанавливали счетчики оборотов, электрические сигналы которых снимали с помощью токосъемников.

Для измерения часового расхода топлива исследуемым агрегирующим трактором применяли расходомер импульсного типа. Электрические сигналы, вырабатываемые профилографом, тензометрическим звеном, путеизмерительным колесом, счетчиками оборотов и топливомером, записывали на ЭВМ, пропуская их через аналогово-цифровой преобразователь.

Буксование колес трактора рассчитывали по формуле:

$$\delta = 1 - \frac{n_{xx}}{n_p} \cdot \frac{V_p}{V_{xx}},$$

где n_{xx} , n_p – частота вращения колес трактора при движении пахотного агрегата соответственно без тяговой нагрузки и с ней, c^{-1} ;

V_{xx} , V_p – скорость движения агрегата без нагрузки и с ней, $м \cdot c^{-1}$.

Движение пахотных агрегатов без нагрузки предусматривало их перемещение по полю с плугами, поднятыми в транспортное положение.

Производительность пахотного МТА ($W_a, \text{га}\cdot\text{ч}^{-1}$) и удельный расход его топлива ($G_u, \text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$) определяли следующим образом:

$$W_a = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p;$$

$$G_u = G_h / W_a.$$

Повторность проводимых измерений всех параметров – не менее 5.

Результаты и их обсуждение

Лабораторно-полевые экспериментальные исследования проводились на поле, влажность почвы которого составляла 16,5 %, а плотность – $1,26 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.

Колебания неровностей профиля поверхности поля были высокочастотными. Однозначно на это указывает длина корреляционной связи¹ ординат данного процесса, которая не превышает 0,3 м (рисунок 2). Более того, судя по нормированной автокорреляционной функции, колебания амплитуды продольного профиля поля содержали скрытую периодическую составляющую с периодом, примерно равным 0,75 м.

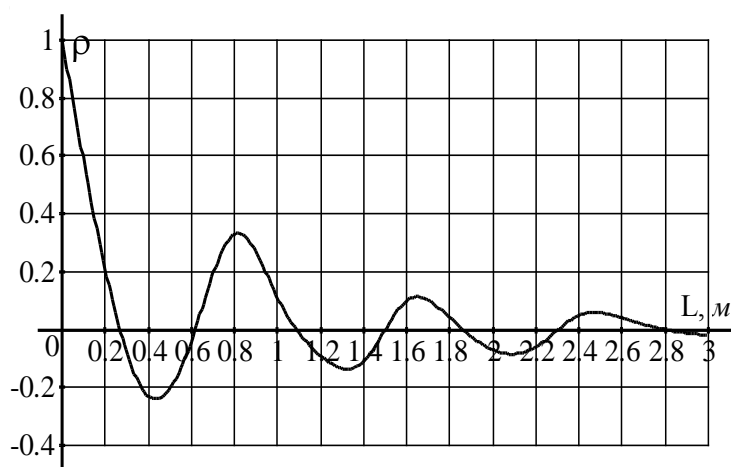


Рисунок 2. – Нормированная автокорреляционная функция (ρ) колебаний профиля поля как функция пути L

Дисперсия колебаний была также малой ($1,21 \text{ см}^2$) и сосредоточена в диапазоне частот $0 \dots 12 \text{ м}^{-1}$. При скорости движения пахотного агрегата $1,98 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ это составляет $0 \text{--} 24 \text{ с}^{-1}$, или $0 \text{--} 4 \text{ Гц}$.

Из приведенного выше корреляционно-спектрального анализа можно сделать вывод, что относительно высокая частота и малая дисперсия колебаний неровностей продольно-вертикального профиля поверхности поля не могут быть генераторами более-менее существенных колебаний тягового сопротивления агрегируемых с трактором ХТЗ-16131 фронтального и задненавесного плугов. Основные изменения этого параметра (т. е. тягового сопротивления) будет формировать и, как правило, формирует внутренняя структура почвенной среды, на которую воздействуют рабочие органы пахотных орудий.

Плуги машинно-тракторных агрегатов, работающих по схемам «0+5» и «2+4», были настроены на одну и ту же глубину пахоты – 25 см.

У агрегата, работающего по схеме «0+5», тяговое сопротивление плуга изменялось в пределах 26,6–28,4 кН. Среднее квадратичное отклонение этого параметра составило $\pm 4,0 \text{--} 4,8 \text{ кН}$. В результате коэффициент вариации тягового сопротивления изменялся в пределах 14,0–18,0 %, что указывает на среднюю вариабельность данного процесса [6].

¹ Абсцисса первого нулевого значения нормированной автокорреляционной функции ρ (рисунок 2).

По сравнению с пахотным орудием ПЛН-5-35 суммарное тяговое сопротивление фронтального и задненавесного плугов агрегата, работающего по схеме «2+4», при примерно таком же значении среднего квадратичного отклонения ($\pm 5 \text{ кН}$) составило 31,5–34,7 кН. Время корреляционной связи для данных процессов изменялось при этом в пределах 0,24–0,26 с (рисунок 3).

Из анализа практики использования подобных агрегатов следует, что такая длительность корреляционной связи (по времени) характеризует процесс как высокочастотный [7]. Реальным доказательством этого является спектр дисперсий колебаний тягового сопротивления плугов. У исследуемых машинно-тракторных агрегатов он сосредоточен в диапазоне частот 0–25 с^{-1} , или 0–4 Гц.

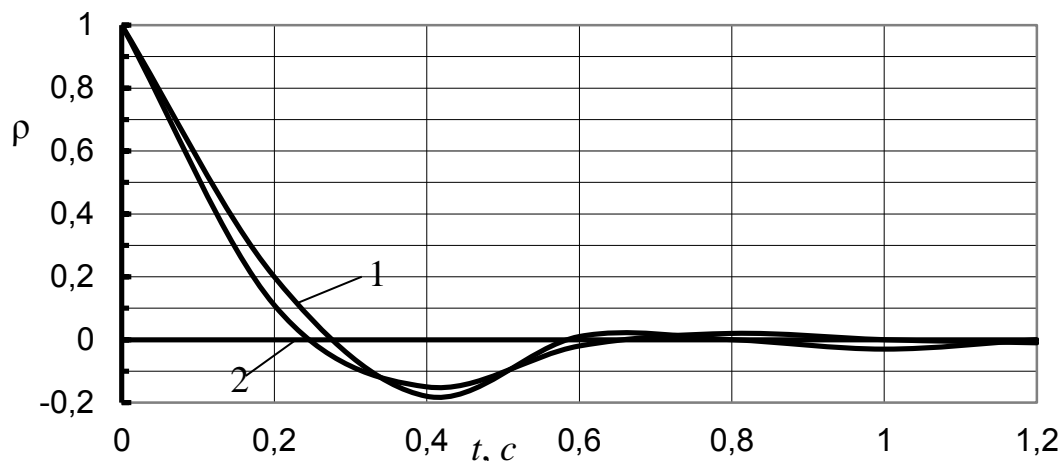


Рисунок 3. – Нормированные корреляционные функции колебаний тягового сопротивления плугов пахотных агрегатов, работающих по схеме «0+5» (кривая 1) и «2+4» (кривая 2)

По результатам измерений действительная ширина захвата у машинно-тракторного агрегата, работающего по схеме «push-pull» (т. е. «2+4»), была на 20,9 % больше, чем у пахотного агрегата по обычной схеме агрегатирования «0+5». Что касается рабочей скорости движения, то у МТА с одним пятикорпусным плугом за счет меньшей ширины захвата, а значит и меньшего тягового сопротивления агрегатируемого орудия, она была большей на 1,5 % (таблица 2).

В результате производительность работы за 1 час агрегата, работающего по схеме «2+4», оказалась на 19,5 % больше, чем у машинно-тракторного агрегата с одним задненавесным пятикорпусным плугом.

Поскольку тяговое сопротивление плугов пахотного МТА, работающего по схеме «2+4», больше, чем у агрегата, работающего по схеме «0+5», то он, естественно, имел большее буксование колес трактора (таблица 2). В абсолютном измерении – на 0,6 %, а в относительном – на 4,3 %.

Таблица 2. – Результаты экспериментальных исследований пахотных МТА на базе агрегирующего трактора ХТЗ-16131

Схема МТА	$V_p^{1)}$, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$	$B_p^{2)}$, м	$W_a^{3)}$, $\text{га}\cdot\text{ч}^{-1}$	$h^{4)}$, см	$\delta^{5)}$, $\%$	$P_{\text{кр}}^{6)}$, кН	$G_h^{7)}$, $\text{кг}\cdot\text{ч}^{-1}$	$G_u^{8)}$, $\text{кг}\cdot\text{га}^{-1}$
«0+5»	2,01	1,77	1,28	24,9±0,3	13,8	27,4	21,2	16,5
«2+4»	1,98	2,14	1,53	25,1±0,1	14,4	33,1	22,3	14,6

- 1) – рабочая скорость движения;
- 2) – рабочая ширина захвата;
- 3) – производительность работы агрегата за 1 час;
- 4) – глубина пахоты;
- 5) – буксование колес трактора;
- 6) – тяговое сопротивление плуга;
- 7) – часовой расход топлива;
- 8) – удельный расход топлива агрегатом.

В то же время за счет большей производительности работы удельный расход топлива у агрегата, работающего по схеме «push-pull» («2+4»), на 11,5 % меньше. Эта экономия, на наш взгляд, имеет место, благодаря более эффективному использованию тяговых свойств переднего моста трактора. Их улучшение происходит за счет использования фронтального орудия, правильное агрегатирование которого обуславливает догрузку передних движителей энергетического средства.

Одним из основных агротехнических показателей работы пахотного МТА является равномерность глубины пахоты. Согласно экспериментальным данным, среднее квадратичное отклонение этого параметра у обоих сравниваемых агрегатов не превышало агротехнических требований (± 2 см) и отдельно составляло: $\pm 1,98$ см для МТА, работающего по схеме «0+5»; $\pm 1,52$ см для агрегата, работающего по схеме «2+4».

Из результатов дисперсионного анализа следует, что на статистическом уровне значимости 0,05 разница между этими средними квадратичными отклонениями является неслучайной, поскольку в соответствии с F-критерием Фишера ноль-гипотеза о равенстве сравниваемых статистических оценок не отклоняется.

Другими словами, с доверительной вероятностью 95 % можно утверждать, что агрегат, работающий по схеме «2+4», осуществляет пахоту с более высокой стабильностью по глубине обработки почвы. Одной из причин такого результата может быть то обстоятельство, что передний мост трактора ХТЗ-160 из-за наличия фронтального плуга осуществляет меньшие вертикальные колебания при его движении в борозде. В итоге именно это положительно отражается на плавности перемещения как фронтального, так и задненавесного плугов.

Следует подчеркнуть, что нормированные корреляционные функции и спектральные плотности колебаний глубины пахоты сравниваемыми машинно-тракторными агрегатами между собой различаются мало (рисунок 4). Для обоих вариантов МТА длина корреляционной связи составляет не менее 21 м.

Причем собственно колебания глубины пахоты не содержат какой-либо скрытой периодической составляющей. Пояснить такой результат можно тем, что агротехнический фон перед пахотой был выровнен при помощи дисковой бороны. Доказательством этого является маленькая дисперсия колебаний неровностей поля, составляющая всего $1,24$ см².

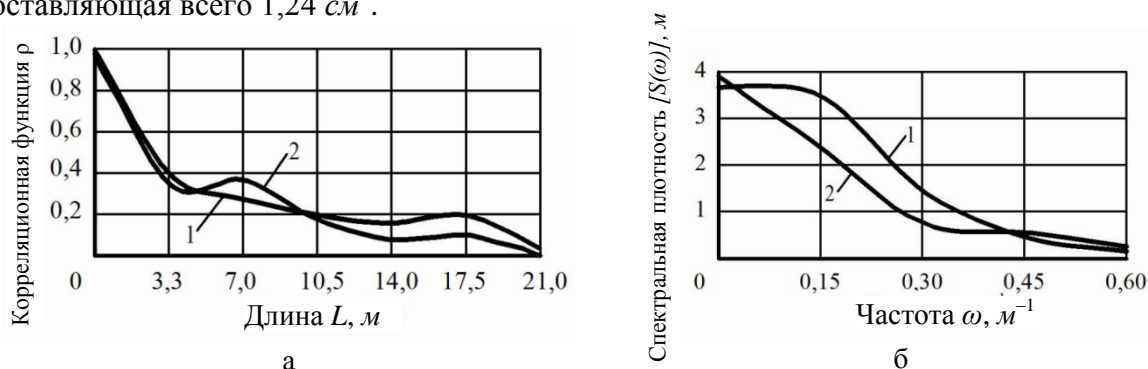


Рисунок 4. – Нормированные корреляционные функции ρ (а) и спектральные плотности $[S(\omega)]$ (б) колебаний глубины пахоты агрегатами, работающими по схемам «0+5» (кривые 1) и «2+4» (кривые 2)

Более того, во время рабочего движения колеса трактора имеют определенное буксование. И так как этот процесс сопровождается срезанием почвы почвозацепами движителей, то происходит дополнительное выравнивание пути движения для энергетического средства. Амплитуда его вертикальных колебаний при этом уменьшается, что обуславливает снижение вертикальных колебаний агрегатируемых с трактором плугов. Вследствие этого повышается стабильность глубины пахоты агрегатом, работающим по схеме «push-pull».

Выводы

1. Преимущества фронтального агрегатирования сельскохозяйственных орудий с трактором позволяют создавать на его основе высокоэффективные машинно-тракторные агрегаты по схеме «push-pull».

2. Пахотный агрегат такой схемы в составе трактора ХТЗ-16131, двухкорпусного фронтального и четырехкорпусного задненавесного плугов («2+4») по сравнению с МТА в составе этого же энергетического средства и задненавесного пятикорпусного пахотного орудия («0+5») имеет большую на 19,5 % производительность работы и меньший на 11,5 % удельный расход топлива.

3. Использование пахотного агрегата по схеме «2+4» позволяет обрабатывать почву с большей стабильностью хода плугов по глубине.

17.10.2016

Литература

1. Надикто, В.Т. Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом / В.Т. Надикто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – № 7. – С. 18–21.
2. Надикто, В.Т. До обґрунтування ефективності орних агрегатів по схемі «push-pull» / В.Т. Надикто, О.І. Генев, А.М. Аюбов // Збірник наукових праць ТДАТА. – 2003. – Вип. 12. – С. 46–49.
3. Надикто, В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС / В.Т. Надикто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – № 10. – С. 8–11.
4. Надикто, В.Т. Дослідження стійкості руху орного МТА за схемою «push-pull» / В.Т. Надикто, О.Д. Кістечок // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2015. – Випуск № 2 (101). – С. 99–105.
5. Кувачов, В.П. Методика та результати оцінки нерівностей профілю ґрунтово-дорожніх фонів за допомогою ЕОМ / В.П. Кувачов, В.Т. Надикто, В.М. Кюрчев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. – Вип. 6, т. 6. – С. 28–34.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Булгаков, В.М. Агрегативання плугів / В.М. Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. – Київ: Аграрна освіта, 2008. – 134 с.

УДК 631.362.33: 633.1

**В.П. Чеботарев, И.В. Барановский,
Е.Л. Жилич, В.В. Чумаков**
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО
МАТЕРИАЛА ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ
ВИБРОПНЕВМОСОРТИРОВАЛЬНОЙ
МАШИНОЙ МВС-5**

Введение

Одна из важнейших задач агропромышленного комплекса – устойчивое наращивание производства зерна, что позволит решить проблему надежного обеспечения населения продовольствием. Основное направление достижения требуемого качества послеуборочной доработки (очистки, сушки) зерновой части урожая – снижение потерь на всех стадиях производства. Одним из направлений энергосбережения и уменьшения удельных затрат на производство зерна и семян является разработка и внедрение высокоэффективных технологий и технических средств для послеуборочной их обработки [1, 2].