

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЛУГА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРАТОРАМИ

Вячеслав Ловейкин, Любовь Дяченко

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
г. Киев, ул. Героев Обороны 15*

Vyacheslav Loveykin, Lyubov Dyachenko

National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

Аннотация. Исследованы качественные и энергетические показатели обработки экспериментального вибропруса с гидравлическими вибраторами по сравнению с серийным. Проведенные исследования влияния скорости движения пахотного агрегата, частоты, угла и амплитуды колебаний куруса пруса на основные технологические показатели работы с целью обоснования оптимальных параметров и режимов работы вибропруса.

Ключевые слова: Исследование, вибропрус, вынужденные колебания, тяговое сопротивление, качество

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Глубокая вспашка с последующим интенсивным возделыванием перед посевом и при уходе за растениями способствует созданию аэробных условий разложения органического вещества, ускорению процессов минерализации гумуса и повышению эффективного плодородия почвы. Сейчас вспашка в Украине является наиболее распространенным способом обработки почвы (около 55%) [1]. В связи с тем, что вспашка сопровождается деформацией, разрушением и перемещением почвенного слоя, затраты энергии на выполнение операции сравнительно велики. По энергетическим затратам вспашка наиболее энергоемкая операция в технологическом процессе выращивания сельскохозяйственных культур [2].

При основной обработке почвы на уровне с качественными результатами работы актуальным вопросом остается снижение энергозатрат. Достичь этого возможно применением вибрационных рабочих органов, которые колеблются в соответствии с периодическими изменениями сопротивления грунта. Тем самым, уменьшая силы трения и внутреннего зацепления почвы, облегчается процесс резания и уменьшается общее тяговое сопротивление пруса.

Кроме того, повышается производительность пахотного агрегата и улучшается качество выполнения технологической операции (более равномерное крошения почвы).

Поэтому разработка новых конструкций пусов с предоставлением им вибрации является актуальным вопросом в разработчиков сельскохозяйственных машин.

Данные исследования направлены на выявление и раскрытие принципов взаимодействия рабочих органов вибропусов с обрабатываемыми почвами сельскохозяйственного назначения и обоснование рациональных параметров и режимов работы вибропруса с гидравлическими вибраторами в реальных условиях эксплуатации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу влияния вибрационного воздействия на величину и характер рыхления почвы, а также на тяговое сопротивление посвящены работы [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Значительный вклад в разработку теоретических основ и практических мероприятий по реализации виброметоду в рабочих органах почвообрабатывающих машин сделал доктор технических наук А.А. Дубровский [13].

Глубокие исследования вибрационного и импульсного действия на почву почвообрабатывающих рабочих органов различного типа проведено коллективом ученых под руководством доктора технических наук Л.Ф. Бабицкого [14, 15, 16].

Анализ литературных источников, теоретических и экспериментальных исследований по изучению и обоснованию параметров вибрации рабочих органов показывает, что необходимо расширить исследования влияния вибрационного воздействия на величину и характер рыхления почвы, а также на тяговое сопротивление.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью проведения экспериментальных исследований является подтверждение или опровержение определенных теоретических положений, рациональных параметров и режимов работы виброплуга, с гидравлическими вибраторами, с последующим сравнительным анализом результатов, полученных в процессе теоретических и экспериментальных исследований.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для проведения экспериментальных исследований, как правило, используются натурные объекты исследования и их модели. В натурном эксперименте средства экспериментального исследования взаимодействуют непосредственно с объектом исследования, дает существенную преимущественно перед модельным экспериментом.

Поэтому параметры вынужденных колебаний на тяговое сопротивление плуга изучались на экспериментальном виброплуге ПЛН-2-25 [17], который разработан нами на основании анализа средств механизации и результатов теоретических исследований. Конструктивно-технологическая схема виброплуга показана на рис. 1.

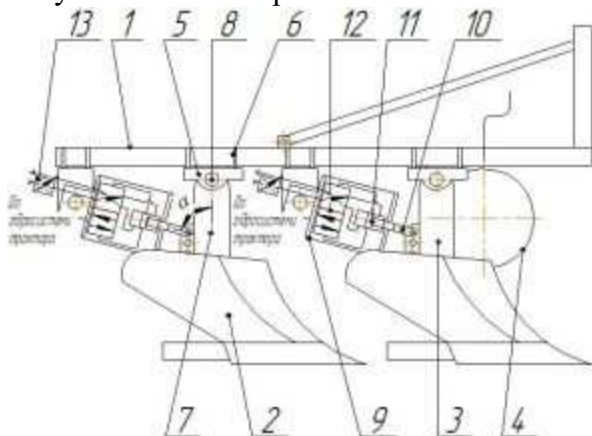


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема виброплуга

Fig. 1. Structural and technological scheme of the vibration plough

Как видно из рис. 1 виброплуг состоит из рамы 1, корпуса 2, стойки корпуса 3, опорного колеса 4. Стойка каждого корпуса разрезана на две части, шарнирно соединены друг с другом. Верхняя часть стойки 5 – присоединена хомутом 6 к раме плуга 1, нижняя 7 –

соединена с ней шарниром 8. На раме плуга 1, под переменным углом α , закреплен вибратор 9, что штоком 10 соединен с нижней частью стойки корпуса 7. Для изменения угла α и амплитуды вибрации в нижней части стойки корпуса предусмотрены отверстия. Вибратор 9 состоит из поршня 11, который изготовлен вместе со штоком 10 и золотника 12. Полость вибратора 9 подключена к гидросистеме трактора. Дросселем 13 обеспечивается регулировка частоты колебаний вибратора 9.

Опытный образец разработанного виброплуга представлено на рис. 2. На разработанной конструкции виброплуга проводились исследования по методике планирования многофакторного эксперимента [18]. Переменными факторами были скорость движения, частота, угол и амплитуда колебаний корпуса плуга, а выходным параметром – тяговое сопротивление плуга.



Рис. 2. Специально подготовленный экспериментальный виброплуг ПЛН-2-25 с двумя гидравлическими вибраторами

Fig. 2. Specially constructed experimental vibration plough with two hydraulic vibrators PLN-2-25

Исследование виброплуга в полевых условиях содержали в себе следующие этапы: определение физико-механических свойств грунта; настройки датчиков, проведение контрольных замеров; непосредственное выполнение самых опытов; агротехническую оценку качества работы; обработка полученных результатов.

В день проведения опытов определялись метеорологические условия (по данным метеостанции) и физико-механические свойства почвы: влажность, твердость, объемная масса, напряжения и деформации в грунте, скорости их распространения на исследуе-

мых глубинах.

Влажность почвы составляла 15 – 19%, твердость 123 – 134 Н/см².

Исследования проводились при работе плуга с вибрационными корпусами, а затем при выключенных вибраторах. Глубина вспашки 22 см. Повторяемость опытов – пятикратная.

Согласно плана экспериментальных исследований проводилось измерение ускорения стойки вибрационного корпуса плуга при трех различных размерах зазора (дросселя) в сливной магистрали гидровибратора – 3, 5 и 7 мм.

Для массивов экспериментальных данных ускорения стойки вибрационного корпуса плуга построено регрессионную функцию и проинтегрировано ее по времени. Таким образом, получены функция скорости стойки вибрационного корпуса плуга в течение установившегося режима работы пахотного агрегата. Путем интегрирования функции скорости стойки вибрационного корпуса плуга по времени получено перемещение.

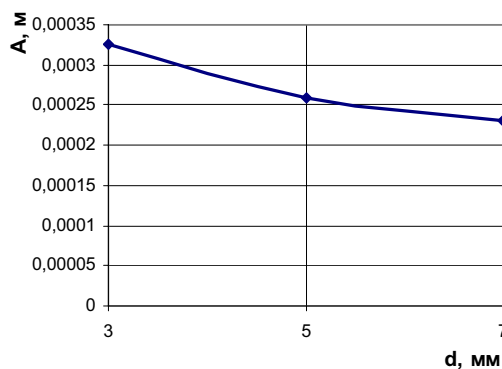
Результаты экспериментальных исследований амплитудно-частотных характеристик процесса взаимодействия вибрационных корпусов плуга с почвой приведены на рис. 3.

Из приведенных графиков (рис. 3) видно, что частота колебаний ν с увеличением размера зазора в сливной магистрали гидровибратора d растет. В то же время, амплитуда колебаний виброплуга – уменьшается при росте d .

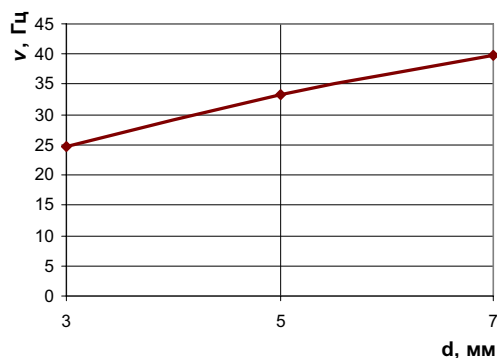
Исходя из плана экспериментальных исследований проведено измерение давления рабочей жидкости в нагнетательной и сливной полостях вибратора при вибрационной вспашке на двух скоростях движения, соответственно первой и второй передачах КПП трактора для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга (верхний – $\alpha = 68^{\circ}28'$, средний – $\alpha = 65^{\circ}9'$, нижний – $\alpha = 62^{\circ}$), в зависимости от зазора в обратной связи (3, 5 и 7 мм), соответствующие частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между давлением рабочей жидкости и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации (рис. 4) в нагнетательной

(а) и сливной (б) полостях вибратора на второй передаче.



а)



б)

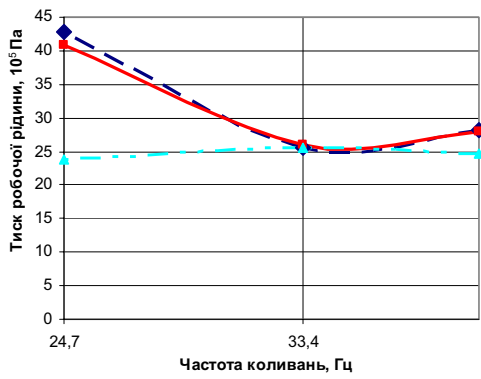
Рис. 3. Зависимость амплитуды A , м (а) и частоты колебаний, Гц (б) от размера зазора в сливной магистрали гидровибратора d , мм

Fig. 3. Dependence of the amplitude A m (a) and oscillation frequency, Hz (b) on the size of the gap in the discharge line of the hydraulic vibrator d , mm

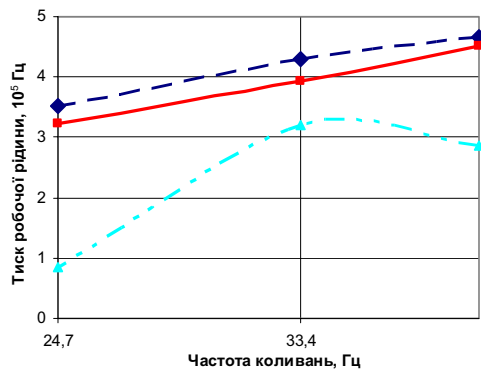
Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний давление рабочей жидкости в нагнетательной полости вибратора уменьшается и при частоте колебаний 33,4 Гц достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц – незначительно увеличивается при верхнем и среднем углах установки вибратора или остается почти на том же уровне – при нижнем.

В сливной полости вибратора, наоборот, с увеличением частоты колебаний давление рабочей жидкости незначительно увеличивается.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЛУГА С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРАТОРАМИ



а)



б)

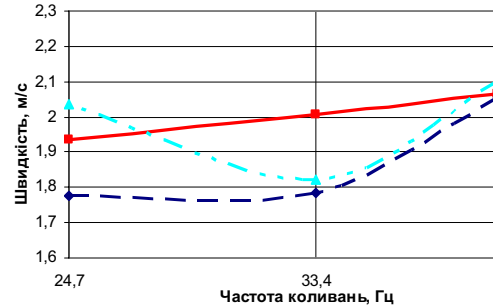
—◆— Кут встановлення вібратора 68°28'
 —■— Кут встановлення вібратора 65°9'
 -▲- Кут встановлення вібратора 62°

Рис. 4. Зависимость давления рабочей жидкости в нагнетательной (а) и сливной (б) полостях вибратора от частоты колебаний на второй передаче
 Fig. 4. Dependence of the change in pressure of the working fluid in the injection (a) and discharge (b) cavities of the vibrator on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

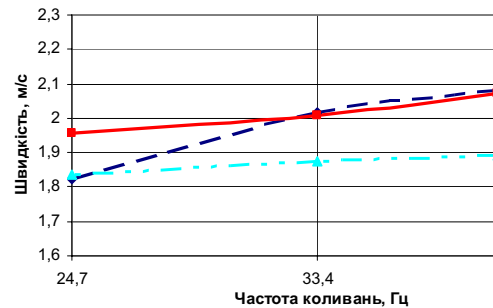
Исходя из плана экспериментальных исследований проведено измерение скорости движения агрегата при вибрационной и обычной вспашке на двух передачах КПП трактора, соответственно первой и второй. При вибрационной вспашке – проводилось для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга и со сменными дросселями, соответствующих частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между

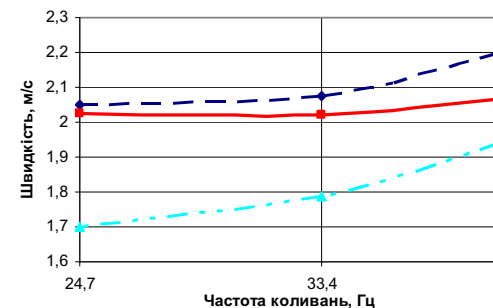
скоростью движения агрегата и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации (рис. 5) на второй передаче при условии: два корпуса плуга вибрируют (а), первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен (б), второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен (в).



а)



б)



в)

—◆— Кут встановлення вібратора 68°28'
 —■— Кут встановлення вібратора 65°9'
 -▲- Кут встановлення вібратора 62°

Рис. 5 Зависимость скорости движения агрегата от частоты колебаний на второй передаче

Fig. 5 Dependence of the change in the speed of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний скорость движения агрегата увеличивается и при частоте колебаний 39,8

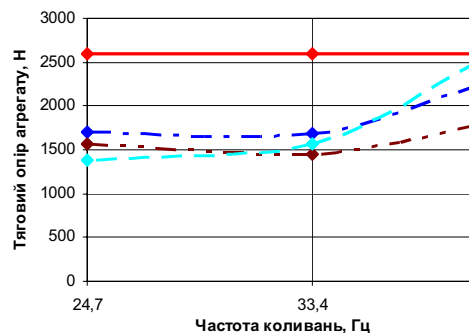
Гц достигает максимального значения. При верхнем угле установки вибратора наблюдается более стремительное увеличение скорости, тогда как при среднем – скорость движения агрегата увеличивается плавно, в незначительных пределах, независимо от условия два корпуса плуга вибрируют или первый вибрирует, а второй отключен или наоборот. При нижнем угле установки вибратора при условии, что два корпуса плуга вибрируют, скорость движения агрегата незначительно уменьшается до частоты колебаний 33,4 Гц и достигает минимального значения. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц – скорость движения агрегата увеличивается и достигает максимального значения. При условии, когда первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен или наоборот, при нижнем угле установки вибратора скорость движения агрегата плавно увеличивается до частоты колебаний 39,8 Гц.

Согласно плана экспериментальных исследований проведено измерение тягового сопротивления плуга при вибрационной и обычной вспашке на двух скоростях движения, соответственно первой и второй передачах КПП трактора. При вибрационной вспашке – проводилось для трех углов установки вибратора относительно стойки корпуса плуга и со сменными дросселями, соответствующими частоте колебаний стойки корпуса плуга 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц.

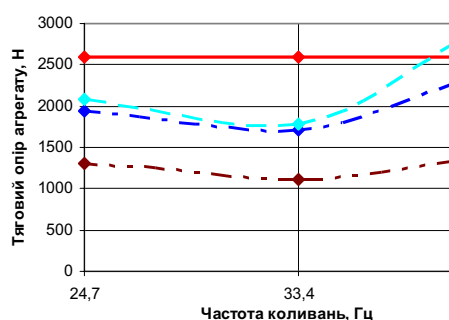
Результаты опытов обработаны в виде графиков, выражающих зависимость между тяговым сопротивлением агрегата и частотой колебаний стойки корпуса плуга для каждого режима вибрации на второй (рис. 6) и первой скорости (рис. 7) при условии: два корпуса плуга вибрируют (а), первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен (б), второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен (в).

Анализ приведенных графиков на второй передаче показывает, что с увеличением частоты колебаний тяговое сопротивление агрегата незначительно уменьшается и достигает минимального значения при частоте колебаний 33,4 Гц. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц тяговое сопротивление агрегата увеличивается и приближается к обычному – без вибрации. Наибо-

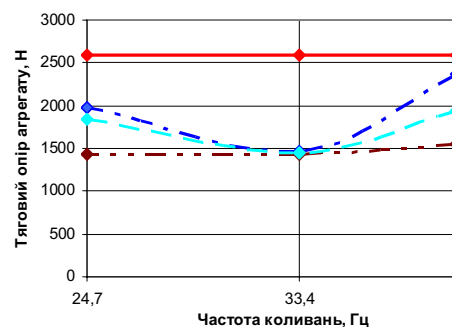
льшее снижение тягового сопротивления агрегата наблюдается при среднем угле установки вибратора.



а)



б)



в)

- ♦— Без вібрації
- ♦— Кут встановлення вібратора 68°28'
- ♦— Кут встановлення вібратора 65°9'
- ♦— Кут встановлення вібратора 62°

Рис. 6. Зависимость тягового сопротивления агрегата от частоты колебаний на второй передаче

Fig. 6. Dependence of the change in the traction resistance of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in second gear

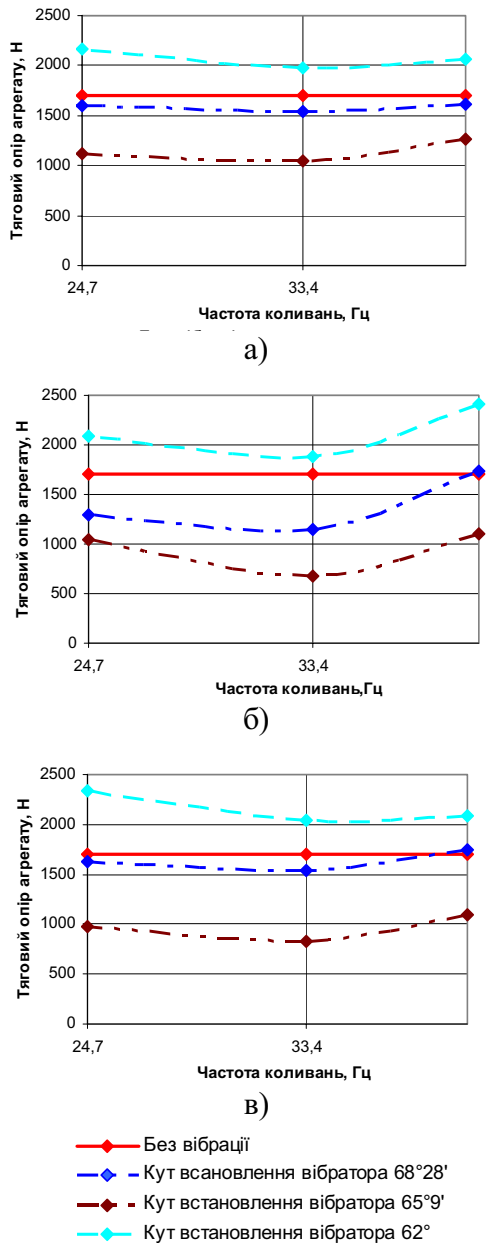


Рис. 7. Зависимость тягового сопротивления агрегата от частоты колебаний на первой передаче

Fig. 7. Dependence of the change in the traction resistance of the unit on the oscillation frequency at different angles of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component in first gear

Анализ приведенных графиков показывает, что на первой передаче при верхнем и нижнем угле установки вибратора вибрация стойки корпуса положительных результатов не дает. При нижнем угле установки вибратора появляется обратный эффект, вибрация вызывает увеличение тягового сопротивле-

ния агрегата. Снижение тягового сопротивления агрегата наблюдается при среднем угле установки вибратора. Минимальное значение тягового сопротивления агрегата наблюдаем при частоте колебаний 33,4 Гц. При дальнейшем увеличении частоты колебаний до 39,8 Гц тяговое сопротивление агрегата увеличивается и приближается к обычному – без вибрации.

Из приведенных графиков (рис. 6 – 7) видно, что тяговое сопротивление агрегата на второй и первой передачах при среднем угле установки вибратора и трех частотах колебаний соответственно 24,7 Гц, 33,4 Гц, 39,8 Гц стойки корпуса плуга меньше по сравнению с обычным без вибрации. Кроме того, необходимо обратить внимание, что тяговое сопротивление агрегата при одновременной вибрации двух корпусов плуга больше по сравнению со случаем, если первый корпус плуга вибрирует, а второй отключен или второй корпус плуга вибрирует, а первый отключен.

Эксперименты показали, что «рекордные» уменьшения тягового сопротивления виброплуга возникают в следующих ситуациях (независимо от передачи – первая или вторая): угол установки вибратора 65°9' и частота колебаний 33,4 Гц.

В частности, на первой передаче: без вибрации – 1705 Н, два вибрируют – 1046 Н, первый вибрирует, второй нет – 676 Н, что в 2,5 раза меньше чем без вибрации, второй вибрирует, первый нет – 828 Н, в 2 раза меньше чем без вибрации.

На второй передаче: без вибрации – 2593 Н, два вибрируют – 1442 Н, первый вибрирует, второй нет – 1116 Н, что в 2,3 раза меньше чем без вибрации, второй вибрирует, первый нет – 1429 Н, что в 1,8 раза меньше чем без вибрации.

Показатели глубины обработки почвы, полученные в результате сравнительных исследований вибрационного и серийного плугов представлены в таблице 1

Анализ данных таблицы 1 показывает, что отклонение средней глубины вспашки от заданной для всех частот вибрации находится в пределах нормативных требований.

С увеличением частоты вибрации глубина проникновения вибрационного поля в почву уменьшается.

Таблица 1. Показатели глубины обработки почвы на второй передаче при среднем угле установки вибратора относительно стойки корпуса плуга при условии два корпуса плуга вибрируют

Table 1. Indicators of depth of the cultivated soil in second gear at an average angle of the position of the vibrator in relation to the rack of the plowing component provided that two bodies of the plough vibrate.

Показатель	Без вибрации, $1 \cdot 10^{-2}$ м	С вибрацией, $1 \cdot 10^{-2}$ м		
		Частота вибрации, Гц		
		39,8	33,4	24,7
Среднее арифметическое, \bar{x}	21,67	22,07	22,55	22,97
Среднее отклонение от среднего значения, χ	0,76	0,66	0,46	0,56
Среднее квадратическое отклонение, σ	0,89	0,76	0,68	0,71
Коэффициент вариации, $K_B, \%$	4,12	3,42	3,00	3,09

Опыты по определению влияния вибрации на степень измельчения почвы показали, что вибрационный плуг с высокой вероятностью обеспечивает создание почвенных агрегатов с размером 0,25 – 10 мм, что является наиболее ценным в агротехническом отношении. Таких агрегатов на участках, что обрабатывались вибрационным плугом на 14% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 14,9% – при 33,4 Гц и на 2,5% – при 24,7 Гц чем на участке, что обрабатывалась обычным плугом. В то же время в поверхностном слое почвы после прохода вибрационного плуга незначительно увеличивается количество эрозионно-опасных частиц 0,25 и менее мм. Таких агрегатов на участках, что обрабатывались вибрационным плугом на 4,4% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 2,3% – при 33,4 Гц и на 1,5% – при 24,7 Гц чем на участке, что обрабатывался обычным плугом. Больше разрушаются крупные частицы почвы (более 10 мм): на 21% больше при частоте вибрации 39,8 Гц, на 14,9% –

при 33,4 Гц и на 1,6% – при 24,7 Гц чем на участке, обрабатывалась обычным плугом.

На участках, что обрабатывались вибрационным плугом возможно снижение интенсивности дополнительных обработок при сохранении хороших влагосберегающих свойств почвы.

ВЫВОДЫ

1. Результаты экспериментальных исследований подтвердили выдвинутую гипотезу положительного влияния параметров вынужденных колебаний на тяговое сопротивление плуга и на величину тяговой мощности, необходимой при вибрационной и обычной пахоте, а также на качественные показатели вспашки почвы.
2. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что наименьший тяговое сопротивление виброплуга наблюдается (независимо от передачи – первая или вторая) при угле установки вибратора $65^{\circ}9'$ и частоте колебаний 33,4 Гц.
3. Максимальное снижение затрат тяговой мощности при работе вибрационных корпусов плуга по сравнению с обычными – не вибрационными составляет 54% на второй передаче при угле установки вибратора $65^{\circ}9'$ и частоте колебаний 33,4 Гц при условии, когда первый корпус плуга вибрирует, а второй – нет.
4. Опыты по определению влияния вибрации на степень измельчения грунта показали, что в структуре грунтовых частей после прохода вибрационного плуга увеличивается количество мелкой фракции. Содержание в почве частей размером 1 – 10 мм незначительно увеличивается. Больше разрушаются большие части почвы (более 10 мм). При этом отклонение фактической глубины вспашки почвы от заданной находятся в допустимых пределах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gukov Ya. S. 1999. Obrobitok gruntu. Tehnologiya i tehnika. Mexaniko-texnologichne obgruntuvannya energozberigayuchysh zasobiv dlya mexanizacii obrobitku gruntu v umovax Ukrainy / – К.: Nora-print, 280.
2. Lur'e A. B. 1977. Raschjot i konstruirovanie sel'skoxozyajstvennyx mashin – L.: Mashynostroenie, 528.

3. Krylov M. M. 1938. Primenenie vibraciy dlya umensheniya tyagovykh usiliy plugov pri melioracii podpaxotnogo sloya. // Doklady / VASXNIL. – Vyp. 1 – 2, 32.
4. Cvetnicov V. I. 1953. Issledovanie vliyaniya vynugdenoy vibracii pluga na raschod moshnosti pri vspashke: Dis.kand.texn.nauk. L., 210.
5. Ryabcev G. O. 1975. Doslidgennya roboty pluga z prugnoyu pidviskoyu korpusiv. // Visnyk sil's'kogospodars'koi nauky. – №5, 16.
6. Klyuev A. I. 1979. Energetika korpusa pluga pry uprugom kreplenii ego k rame // Sbornik nauchnykh trudov / VSXI. – Volgograd, T.69, 32.
7. Zonenberg R. M. 1965. Issledovanie vliyaniya vibracii na tyagovoe soprotivlenie rabochykh organov, vzaimodejstvuyuschykh s pochvoy: Dyss. kand. texn. nauk. / Kiev, 245.
8. Panov I. M. 1987. Osnovnye puti snigeniya energozatrat pry obrabotke pochvy. // Traktory i sel'hoz mashyny. — №8, 27 – 30.
9. Vibracionnyj glubocoryxlitel': Avtorskoe svidetel'stvo SSSR SU №1782349, A 01 B 13/02 / Zolotuxin V. A., Migunov A. I., Merguevskij A. V., Zolotuxin I. A. – Zayavl. 15.11.1990, Opubl. 23.12.1992, Byul. №47
10. Bezvidval'nyj vibroplug: Patent na korysnu model' UA №1567, MPK A 01 B 13/08 / Bilanik A. M., Matveev I. B. (Ukraina). – Zayavl. 18.02.2002, Opubl. 15.01.2003, Byul. №1
11. Vibrolekish pluga: Patent na korysnu model' UA №21215, MPK A 01 B 15/00 / Voloshko M. I., Porox Je. V., Voloshko M. M. (Ukraina). – Zayavl. 5.06.2006, Opubl. 15.03.2007, Byul. №3
12. Plug z vibraciynoyu pidviskoyu: Patent na korysnu model' UA №31574, MPK A 01 B 17/00 / Loveykin V. S., Kryvorushko O. S., Pushkar I. A. (Ukraina). – Zayavl. 25.12.2007, Opubl. 10.04.2008, Byul. №7
13. Dubrovskiy A. A. 1968. Vibracionnaya tehnika v sel'skom khozyaystve. M.: Mashynostroenie, 204.
14. Babic'kiy L. F. , 1998. Bionichni napyamky rozrobky gruntoobrobnykh mashyn. / L. F. Babic'kiy. – K.: Urogay, 160.
15. Babic'kiy L. 2009. Metodika opredileniya regimov raboty kolebatel'nykh ustroystv pochvoobrabatyvayuschykh rabochykh organov s prynuditel'nyim pryvodom// MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11B, 9–14.
16. Moskalevich V. 2009. Puti snigeniya energoemnosti chyzel'nykh pochvoobrabatyvayuschykh rabochykh organov // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 11B, 179–189.
17. Vibroplug: Patent na korysnu model' UA №55371, MPK A 01 B 63/111 / Loveykin V. S., Chovnyuc Yu. V., Dyachenco L. A. (Ukraina). – Zayavl. 11.06.2010, Opubl. 10.12.2010, Byul. №23
18. Loveykin V. S. 2012. Metodyka eksperymental'nogo doslidgennya parametriv vibropluga z gidravlichnyimi vibratorami / Loveykin V. S., Dyachenco L. A. // Sbornik nauchnykh trudov / Vestnik XNADU. - Khar'kov, Vyp.57, 161 – 165.

EXPERIMENTAL DATA ON THE PARAMETERS OF THE VIBRATION PLOUGH WITH HYDRAULIC VIBRATORS

Summary. The quality and energy indicators for soil cultivation performed by the experimental vibration plough with hydraulic vibrators have been studied in comparison with the corresponding performance indicators of the ploughs in mass production.
Key words: research, the vibration plough, forced vibrations, traction resistance, quality.