

2. Суриков В. В. и др. Роторные экскаваторы для сельскохозяйственных мелиораций / В. В. Суриков, Б. Г. Фарберман, В. М. Юрчук; Под ред. В. В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 343 с.

3. Фирма «Cosmeco» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cosmeco.it/prodotti/scavafossi-biruota/scavafossi-biruota-big-storm>. - Дата доступа: 20.11.2018.

УДК 631.11

Поступила в редакцию 01.10.2019

Received 01.10.2019

В. В. Голдыбан

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Статья посвящена описанию экспериментальных установок, разработанных в последние годы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», для исследования тягового усилия, трения и износа рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, вскрытия и объяснения основных явления, происходящих при механическом воздействии рабочих органов на почву.

Ключевые слова: почва, земледельческая механика, трение, тяговое усилие, экспериментальная установка, электроосмос.

V. V. Goldyban

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

EXPERIMENTAL INSTALLATIONS FOR RESEARCH ON AGRICULTURAL MECHANICS

The article is devoted to the description of experimental installations developed in recent years in the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization”, for studying traction, friction and wear of working bodies of tillage machines and implements, opening and explaining the main phenomena that occur during mechanical the impact of working bodies on the soil.

Keywords: soil, agricultural mechanics, friction, traction, experimental setup, electroosmosis.

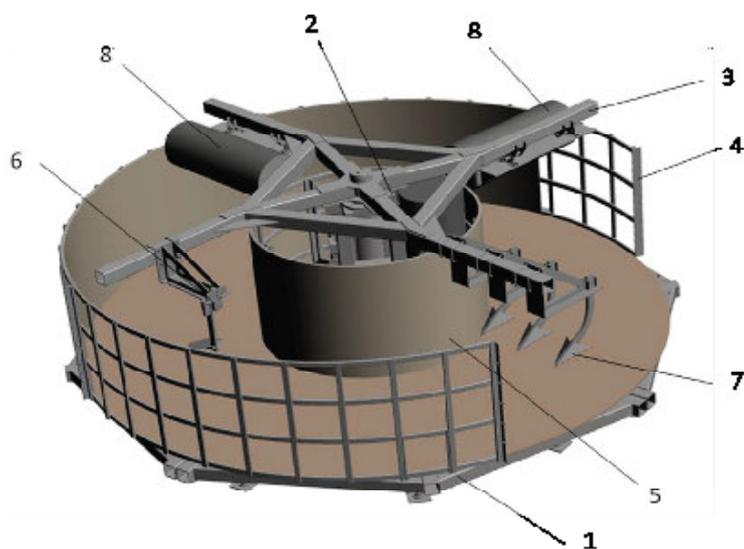
Введение

Разработке новых и совершенствованию существующих почвообрабатывающих машин и орудий предшествует экспериментальное изучение технологических процессов воздействия рабочих органов на почву.

Выбор метода воздействия на почву, как отмечает академик М. Е. Мацепуро, является творческой научной задачей, решение которой сопровождается широкими экспериментальными и опытными проверками. Изучение физической сущности технологических процессов позволяет качественно определить усилия, скорости, оптимальные формы и размеры рабочих органов, их материалы. Проведение опытов расширяет наши познания в исследуемых явлениях. Наблюдение новых явлений и их описанием помогает найти главное, выявить основные зависимости и законы. В результате создаётся соответствующая теория изучаемых процессов, обогащается новыми знаниями земледельческая механика.

Основная часть

Для длительных испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью определения характера и степени их износа, энергетических и качественных показателей рабочего процесса воздействия на почву в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» изготовлена экспериментальная установка кругового действия (рис. 1 и рис. 2).



1 – основание, 2 – механизм привода, 3 – рамка, 4 и 5 – наружное и внутреннее ограждение, 6 – исследуемый рабочий орган, 7 – рыхлящие рабочие органы, 8 – прикатывающие катки

Рис. 1. – Экспериментальная установка (вид сверху)

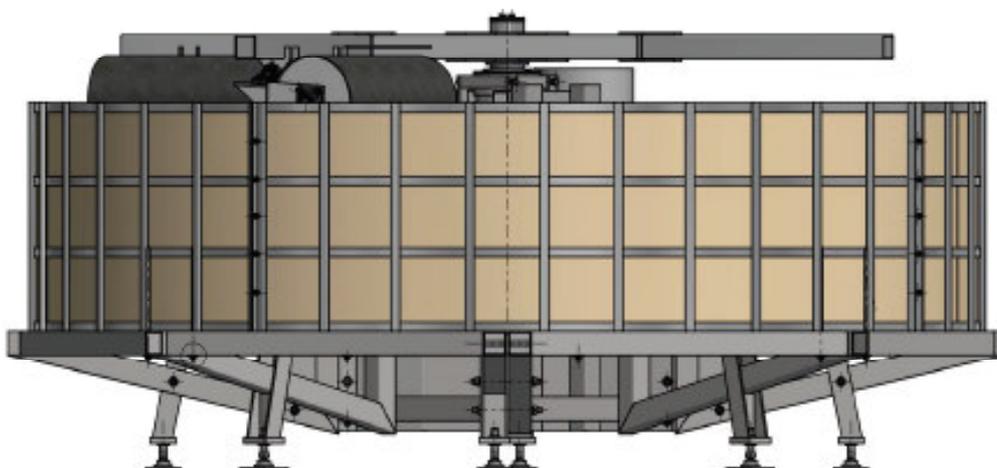


Рис. 2. – Экспериментальная установка (вид сбоку)

Экспериментальная установка состоит из основания, механизма привода, рамки для крепления рабочих органов, наружного и внутреннего ограждения, исследуемого и рыхлящих рабочих органов и прикатывающих катков (рис. 1).

Основание служит каркасом всей установки, на него крепятся привод с ограждениями, его конструкция обеспечивает прочность всей установки.

Кроме того, основание предназначено для регулировки экспериментальной установки в горизонтальной плоскости. Для удобства монтажа основание является разборным и состоит из 6 секторов-ферм. На основании закреплена водостойкая фанера в качестве дна установки.

Рамка установки закреплена на шлицевом валу, который вращается посредством электродвигателя и редуктора. Рамка предназначена для крепления исследуемых рабочих органов, двух прикатывающих катков и ряда стрелчатых лап. Для снижения инерционных нагрузок, привод рамки оборудован реактивной тягой. Для повышения надёжности приводного вала, произведена его термообработка.

Внешний вид установки представлен на рис. 3.

Для приема и распределения электрической энергии управления технологическими электроприемниками, защиты их от перегрузок и коротких замыканий, а также записи выходных параметров изготовлен шкаф управления.



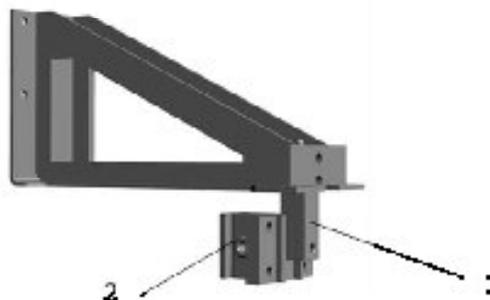
Рис. 3. – Экспериментальная установка

За один оборот рамки осуществляется проход исследуемого рабочего органа, разуплотнение почвы в рабочей зоне стрелчатými лапами и последующее её уплотнение двумя катками. Для создания различной степени уплотнения второй каток заполнен бетоном.

Стрелчатые лапы выполнены с возможностью перемещения по ширине канала и имеют возможность регулировки глубины подкапывания, посредством перемещения стоек в кронштейнах (рис. 4).



а



б

а – стойка с лемехом, *б* – кронштейн; 1 – тензодатчик, 2 – место крепления стойки

Рис. 4. – Крепление рабочих органов к рамке

Исследуемые рабочие органы крепятся посредством стойки и кронштейна (рис. 4, *а* и *б*) на одном из плеч рамки 3 (рис. 4)

Для измерения тягового сопротивления исследуемого рабочего органа его стойка крепится к кронштейну через стальной тензодатчик консольного типа BSA-500 (рис. 4).

Для съёма электрического сигнала от тензометрического датчика и передачи его на неподвижную часть установки и далее к пульту управления был спроектирован и изготовлен токосъёмник кольцевого типа на пять контактов.

Конструкция токосъёмника представлена на рис. 5. Корпусные, крепёжные детали токосъёмника и его внутренняя часть были изготовлены на 3D принтере Центра.

Техническая характеристика установки:

развиваемая мощность, до 11 кВт;
рабочая скорость, до 1,16-7,82 км/ч;
высота установки 1,5 м;
ширина установки 3,5 м;
ширина рабочей зоны 1,15 м.

Изменение линейной скорости рабочих органов осуществляется с пульта управления посредством частотного преобразователя, изменяя обороты электродвигателя привода.

Управление экспериментальной установки осуществляется с помощью сенсорного экрана расположенного на шкафу управления (рис. 6).

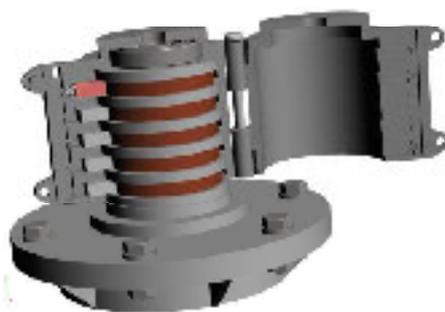


Рис. 5. – Кольцевой токосъёмник



а – вид внутри, б – вид снаружи

Рис. 6. – Внешний вид шкафа управления

Экспериментальная установка для исследования электроосмоса поверхностного типа

Чтобы исследовать влияние электроосмоса поверхностного типа на снижение сопротивление перемещению рабочих органов в почве, изготовлена экспериментальная установка Test bench LB_2018 (рис. 7).

Основная идея применения электроосмоса поверхностного типа заключается в том, что почвенная влага перемещается электрическим током от положительного полюса, размещённого на поверхности рабочего органа, – к отрицательному, размещённому на той же поверхности. Это улучшает смазку водой в контактной границе соприкосновения, и тем самым снижает натяжение и вязкость водной пленки и, следовательно, снижается сопротивление трению рабочей среды.

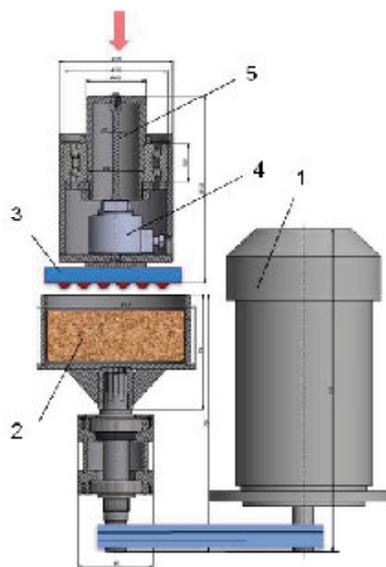
Установка состоит из рамы, механизма привода, чаши с почвой, торсионного вала, инкрементального энкодера, механизма нагружения, электрооборудования и панели управления (рис. 7, а).

Рама установки выполнена из конструкционного алюминиевого профиля для создания определённой прочности и жёсткости конструкции, и удобства монтажа на неё основных узлов установки, а также электрооборудования.

Чаша с грунтом выполнена сварной и приводится во вращение от электродвигателя посредством ременной передачи. Частота вращения чаши изменяется через преобразователь частоты, с пульта управления, в пределах от 150 до 300 мин⁻¹, что соответствует поступательной скорости исследуемой почвы в диапазоне 3-8 км/ч.



a



б

a – внешний вид, *б* – принципиальная схема;
 1 – электродвигатель, 2 – чаша с исследуемой почвой, 3 – диск с электроосмотической поверхностью,
 4 – инкрементальный энкодер EIL 580 P, 5 – вал торсионный

Рис. 7. – Внешний вид макетной установки Test bench LB_2018

Нажимной диск 1 жёстко закреплён на торсионном валу 4. К диску через рычаг 5 (рис. 8) для создания давления почвы на диск прикладывается вертикальная нагрузка (табл. 1) в интервале 0,012-0,057 МПа, что соответствует нагрузкам на рабочие поверхности в реальных условиях эксплуатации.

Характеристики торсионного вала:

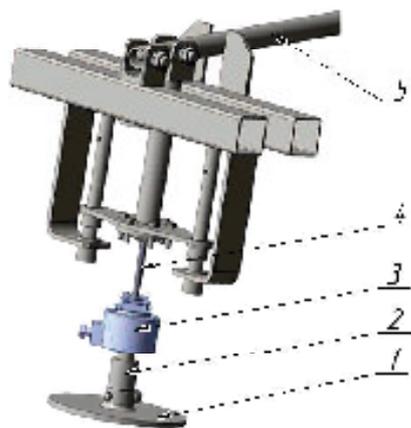
материал – сталь 65Г;

термообработка – 45 HRC;

предел прочности при растяжении $\sigma_b = 1500$ МПа;

предел текучести $\sigma_T = 1250$ МПа;

предел прочности при кручении $[\tau_{кр}] = 260$ МПа.



1 – диск с электроосмотической поверхностью; 2 – соединительная муфта; 3 – инкрементальный энкодер EIL 580 P; 4 – вал торсионный, 5 – рычаг приложения нагрузки
 Рис. 8. – Схема крепление рабочего органа

Принцип действия установки заключается в следующем. Диск с тестируемой поверхностью прижимается с определённым усилием к вращающейся чаше с почвой. Под действием трения между почвой и диском торсионный вал, на котором закреплён диск, закручивается на определённый угол. Этот угол регистрировали с помощью инкрементального энкодера.

Угол закручивания отображается на панели управления, здесь же его значение пересчитывается в крутящий момент на валу по выражению:

$$M_k = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot G \cdot I_k \cdot 10^{12}}{l \cdot 180^\circ \cdot 10^2},$$

где M_k – крутящий момент, Н·м;

l – рабочая длина вала, мм;

G – модуль упругости при кручении, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа (Н/мм);

I_k – момент инерции сечения рабочей части вала при кручении, мм⁴,

$I_k = 235,718$.

Потребная мощность на преодоление трения диска о почву без учёта затрат на электроосмос рассчитывается по выражению:

$$N_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{к}} \cdot n}{9,55}, \text{ Вт}, \quad (17)$$

где n – частота вращения чаши, мин^{-1} .

Установка позволяет создавать скоростные и силовые нагрузки на рабочую среду, характерные для реальных условий работы почвообрабатывающих рабочих органов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – Силовые и режимные параметры установки

Показатели	Давление на почву, МПа	Нажимное усилие, Н	Нажимное усилие, кг	Скорость движения диска, км/ч
Минимальное значение	0,012	184,73	18,83	3
Максимальное значение	0,057	877,45	89,44	8

Техническая характеристика макетной установки представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Техническая характеристика

Показатели	Значение
Развиваемая мощность, кВт	до 1,0
Линейная скорость чаши, км/ч	3-8
Диаметр диска, м	0,15
Угол закручивания торсионного вала,	до 10°
Тип энкодера	оптический

Изменение параметров электрического тока осуществляется с помощью пульта управления в пределах 12–30 В и 1–5 А.

Заключение

Представленные в статье установки позволяют исследовать тяговые усилия, трение и износ рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, вскрыть и объяснить основные явления, происходящие при механическом воздействии рабочих органов на почву.