

УДК 631.348.45

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УПЛОТНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ РАБОЧЕГО ОРГАНА КАТКОВОЙ ПРИСТАВКИ

И.С. Крук,

декан факультета механизации БГАТУ, канд., техн. наук, доцент

Ю.В. Чигарев,

профессор каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ; профессор каф. агроинженерных систем Западнопоморского технологического университета (г. Щецин, Республика Польша), докт. ф.-м.н., профессор

Ф.И. Назаров,

аспирант каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ

П.В. Косовский,

студент агромеханического факультета БГАТУ

В статье приведены результаты лабораторных исследований воздействия рабочего органа катковой приставки пахотного агрегата на почву. Обоснована необходимость догрузки рабочих органов при обработке различных агрофонов.

The laboratory studies results of the labour body effect of the arable unit rolling accessory on the soil are given in the article. It is justified the loading necessity of the labour bodies in the processing of various agricultural backgrounds.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется увеличению урожайности, снижению себестоимости и энергоемкости конечной продукции растениеводства при условии сохранения плодородия почв и экологии окружающей среды. Обработка почвы является наиболее энергоемким и трудоемким процессом в технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. С целью повышения качества основной обработки почвы и снижения энергетических затрат на последующие технологические операции в конструкциях плугов применяются различные устройства для поверхностной обработки почвенных пластов. Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию воздействия рабочих органов и колес сельскохозяйственной техники на почву, вопросы уплотняющего воздействия рабочего органа катковой приставки на почву, установленной на пахотном агрегате, изучены недостаточно.

Основная часть

Наибольшее распространение в настоящее время получили катковые приставки, основным способом агрегатирования которых в составе пахотного агрегата, является навешивание на раму плуга [1, 2]. При данном способе крепления из-за существующих ограничений по массе традиционные методы регулировки воздействия рабочих органов на почву (исполь-

зование балласта) неприемлемы. Поэтому принято использовать конструктивную особенность данного типа агрегатирования приставки с плугом. Она основана на способе регулирования давления рабочих органов приставки на почву путем изменения ее положения относительно плуга в вертикальной плоскости. Рабочими органами используемых катковых приставок являются катки, диски, пружинные зубья, основными – катки.

В зависимости от типа почвы применяются различные виды рабочих органов катков. На тяжелых почвах рекомендуется использовать дисковые катки, которые позволяют создать оптимальные водно-воздушный и тепловой режимы. Это достигается за счет крошения крупных глыб, оставшихся после пахотного агрегата, на более мелкие фракции. При обработке почв легкого механического состава применяются планчатые и трубчатые катки, которые выравнивают и уплотняют поверхностный слой почвы, обеспечивая сохранение в ней влаги. Кольчатощпоровые катки являются универсальными и отлично себя показывают на почвах тяжелого и легкого механического состава, поэтому их применение в приставках наиболее оправдано. Их уплотняющими элементами являются равноудаленные от его режущей кромки втулки (в поперечном сечении круг) и шпоры (прямоугольник, квадрат или уголок).

В комбинированном пахотном агрегате от глубины погружения рабочих органов, предназначен-

ных для поверхностной обработки почвенных пластов h , будут зависеть такие критерии качества обработки почвы, как крошение, уплотнение и выравнивание, которые, наряду с другими факторами зависят от ее физико-механического состава, конструктивных и кинематических параметров рабочих органов, особенностей их установки и скорости движения агрегата.

Необходимую для качественной работы катковых приставок рабочую скорость движения комбинированного пахотного агрегата v_a можно определить из выражения, полученного из формул пути, пройденного диском катка за бесконечно малый промежуток времени, выраженного через скорость, радиус и глубину погружения втулки диска.

$$v_a = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{t_{II}}, \quad (1)$$

где R – радиус диска, м;

t_{II} – время погружения диска на глубину h , с;

h – глубина погружения, м.

Величина глубины погружения втулок в почву h зависит от физико-механических свойств почвы и силы давления на нее. Значения h и t_{II} могут быть определены экспериментальным путем.

Из формулы видно, что, чем выше скорость агрегата, тем меньше времени остается на погружение втулки и тем меньше она уплотняет почву. То есть очевидно, что при определенных условиях обработки и рабочих скоростях агрегата втулка не успевает погрузиться на требуемую глубину обработки. Для решения данной задачи следует либо уменьшать рабочую скорость агрегата, либо сокращать время заглужения рабочих органов приставок, увеличивая их массы или догружая их силовым способом. Скорость движения агрегата определяется агротехническими требованиями, исходя из руководства по эксплуатации плуга, с которым работает приставка. Кроме того, следует учитывать, что чем больше скорость пахоты, тем лучше крошение пласта и ровнее поверхность поля. При увеличении массы приставок увеличивается энергоемкость выполняемого процесса. Поэтому наиболее оптимальным является способ силового догружения приставок, основанный на законах механики.

Рассмотрим способ изменения давления на почву на примере предложенной авторами конструкции механизма навешивания приставки [3], которая позволяет регулировать ее положение относительно плуга в вертикальной плоскости. Комбинированный агрегат (рис. 1) состоит из плуга 1, к раме 2 которого шарнирно крепится балка 3, на которой при помощи кронштейнов 4 и 5 закреплена рамка 7 с секцией рабочих органов 8 приставки. Между балкой 3 и кронштейном 5 установлен гидроцилиндр 6.

Регулировка величины механического воздействия рабочих органов на почву осуществляется следующим образом. Перед началом работы определяется тип и состояние почвы и устанавливается требуемое положение рабочих органов приставки относи-

тельно корпусов плуга (a – расстояние между нижней кромкой катка и нижней точкой лемеха корпуса плуга). Для этого штоком гидроцилиндра 6 нижний шарнир кронштейна 5 в вертикальной плоскости перемещается по дуге. При перемещении вниз значение a уменьшается, значит, воздействие агрегата на кронштейн 5 и на рамку 7 с секцией рабочих органов 8 возрастает. В данном случае для обеспечения необходимого давления рабочих органов на почву используется вес агрегата, что дает требуемое качество обработки почвы за один проход и снижает затраты энергии на выполняемый технологический процесс. При перемещении нижнего шарнира кронштейна 5 по дуге вверх, значение a увеличивается, и давление рабочих органов на почву будет уменьшаться.

Исходя из вышесказанного, важными являются исследования по обоснованию параметра a для различных рабочих органов приставки и условий, при которых выполняется технологическая операция. В процессе работы величина параметра a будет влиять на глубину погружения приставки в почву h . Основными критериями, определяющими положение приставки относительно плуга, являются агротехнические требования к качеству обработки почвы.

Для обоснования конструкции рабочих органов и исследования закономерностей их взаимодействия на почву авторами публикации разработана лабораторная установка (рис. 2), состоящая из ящика 1, заполненного почвой, с одной стенкой 2, выполненной из оргстекла, фотокамеры 3 с возможностью скоростной съемки, исследуемого образца рабочего органа 4, ящика для грузов 5 и металлической линейки 6. Для исследования сдвига почвы на заданной глубине закладывается индикаторный слой 7 (мел, известь или шарики пенопласта) [4].

Исследования проводилось на дерново-подзолистой супесчаной почве. За основу лабораторного образца принят каток, состоящий из диска с закрепленными по обе стороны равноудаленными от его кромки и друг от друга цилиндрическими втулками (рис. 3). Рассмотрим, как ведет себя втулка круглого сечения при погружении в почву. На рисунке 4

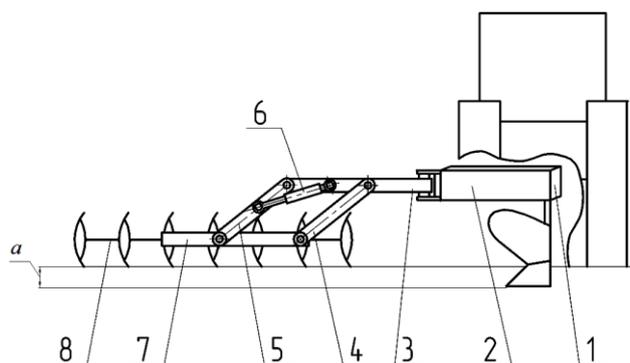


Рисунок 1. Схема крепления приставки к раме плуга и механизм изменения ее воздействия на почву

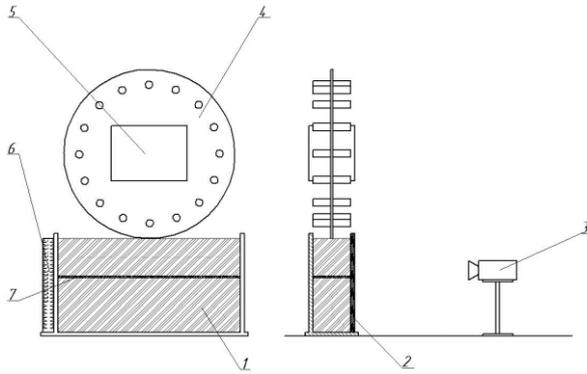


Рисунок 2. Схема лабораторной установки

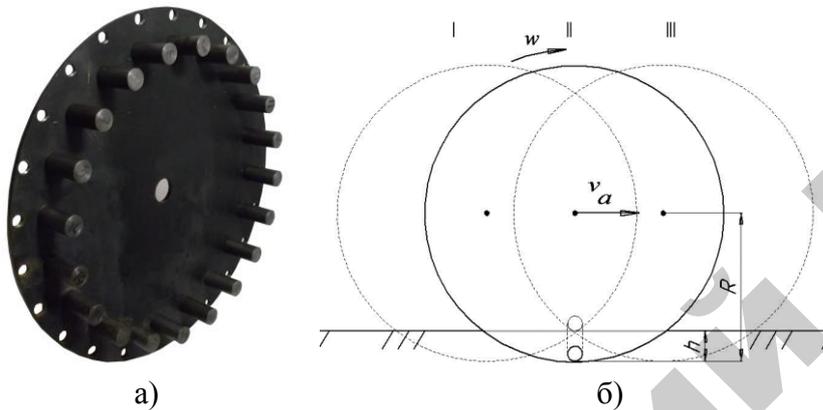


Рисунок 3. Конструкция экспериментального катка (а) и схема его движения в процессе работы (б)

показаны три положения диска, соответствующие началу погружения, достижению максимальной глубины и выглублению втулки. Предположим, что горизонтальное перемещение втулки при ее погружении в почву в процессе перекачивания катка в сравнении с вертикальным незначительно. Поэтому примем, что втулка в почве перемещается в вертикальной плоскости без перемещения по горизонтали (без проскальзывания). При этом очевидно, что уплотнение почвы происходит только при заглублинии (интервал I – II). В интервале III происходит процесс

выглубления втулки.

Методика исследований.

Исследования проводились в следующей последовательности. В ящик до уровня индикаторного слоя засыпается исследуемый образец почвы. После засыпки индикаторного слоя почва далее засыпается до отметки 0 на металлической линейке. Перед началом исследований берутся пробы, и определяется влажность и плотность почвы. Устанавливается экспериментальный образец рабочего органа. Производится контроль глубины погружения при минимальной силе воздействия диска на почву (далее вес диска). Изменяя вес рабочего органа (добавляя новые грузы) и контролируя глубину погружения, получаем результаты.

Результаты исследований.

На рис. 4 приведены графические зависимости влияния веса диска и влажности почвы на глубину погружения h . Как видно из рисунка 4а, зависимость глубины погружения от массы диска на рассматриваемом промежутке – линейная. Следует также учитывать, что глубина погружения h определяется требованиями к посеву культуры (глубина залегания семян). Оптимальная влажность (физическая спелость почвы), при которой следует проводить обработку почвы, находится в промежутке от 40 до 70 %. Исходя из рисунка 4,б, проникающая способность втулки при увеличении влажности возрастает. Следовательно, оптимальные значения влажности, при которых катковые приставки будут наиболее эффективны, 60-70 %.

При этом следует отметить, что при изменении веса экспериментального образца катка наблюдалась деформация индикаторного слоя, заложенного на глубине 110 мм, также соответствующая линейному закону (рис. 5).

Приведенные графические зависимости не учи-

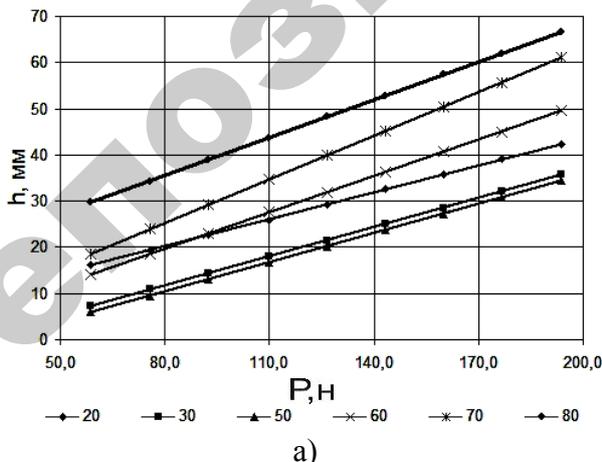
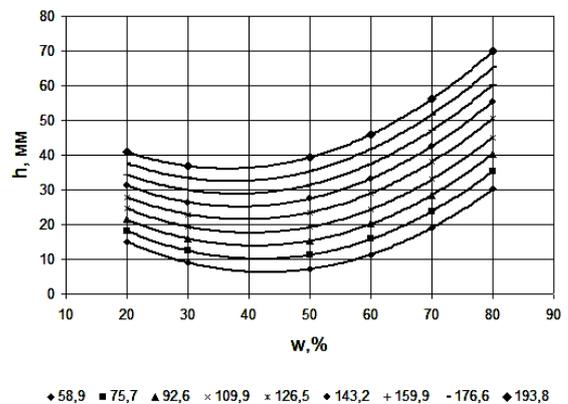


Рисунок 4. Зависимость глубины погружения от веса диска (а) и влажности почвы (б)



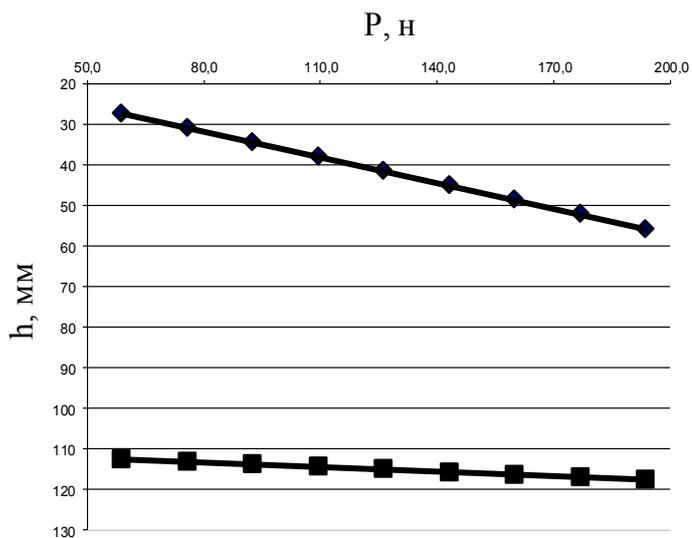


Рисунок 5. Деформация почвы на глубине 110 мм при влажности 60 % в зависимости от веса диска

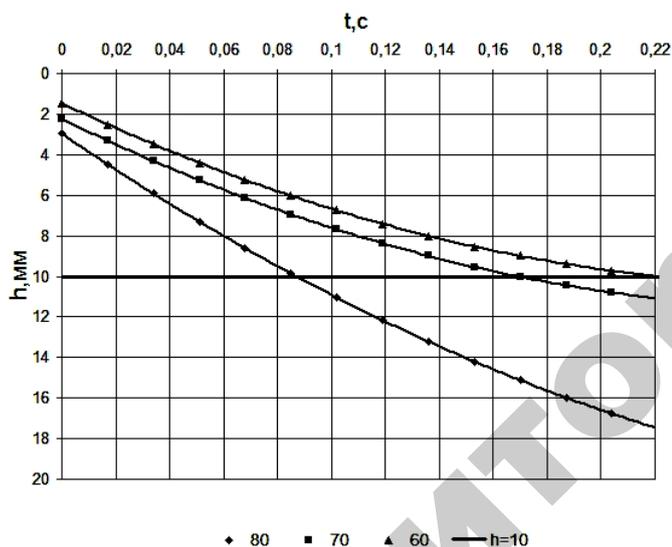


Рисунок 6. Зависимость глубины погружения катка от времени погружения и влажности почвы

тывают время погружения $t_{\text{п}}$, за которое диск должен достигнуть заданной глубины. Построенные по результатам исследования графики зависимости глубины погружения диска от влажности почвы за время t , (рис. 6) можно условно разделить на два интервала: на первом интервале (0-0,1с.) погружение втулки происходит с большей скоростью, на втором интервале (от 0,1 с) с меньшей скоростью. Это связано с тем, что после заглужения втулки сопротивление почвы начинает возрастать в зависимости от глубины погружения h . Когда сопротивление внедрению становится больше силы воздействия втулки на почву, она начинает постепенно замедляться.

Так как в нашем эксперименте не учитывается скорость движения втулки до внедрения, первый промежуток показывает самую нежелательную картину погружения (начальная скорость втулки равна нулю). С учетом начальной скорости время погружения на данном промежутке (для рассмотренного случая) зависит только от скорости движения агрегата. Следовательно при влажности почвы 70 % и весе диска 134,9 Н втулка будет погружаться на глубину 7,75 мм при любой скорости агрегата. Для данного интервала скорость движения агрегата можно определять по формуле (1).

Заключение

В результате проведенных исследований отмечено, что уплотнение верхних слоев почвы и сдвиг нижних под действием предложенного почвообрабатывающего рабочего органа происходит по линейным зависимостям.

Исследования показывают также о необходимости догружения рабочих органов катковой приставки при выполнении технологического процесса. В этой связи предложена схема крепления катковых приставок на раме плуга и механизм изменения механического воздействия их рабочих органов на почву

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / И.С. Крук [и др.] // Материалы Международн. конф. The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering, Poznan, Puszczykowo, Poland. – С. 13 – 17.
2. Крук, И.С. Обеспечение требуемого качества подготовки почвы под посев культур при использовании дополнительных почвообрабатывающих устройств в пахотных агрегатах / И.С. Крук, Ф.И. Назаров // Материалы Международной научн.-практ. конф. «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» – Мн.: БГАТУ, 2013. – С. 279 – 282.
3. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат: пат. 15953 Респ. Беларусь, МПК А 01В 49/02 А 01В 63/114 / И.С. Крук и др.; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а20100320; заявл. 05.03.2010; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці, 2011.– № 5.
4. Влияние состояния протектора колес энергетических средств на уплотнение почв /Ю.В. Чигарев [и др.] // Агропанорама, 2012 – № 4. – С. 7 – 10.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.08.2015