

ТЕХНОЛОГО-ПРИРОДОВЕДЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОТДЕЛЕНИЕ В ВАРШАВЕ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND LIFE SCIENCES
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE
BRANCH WARSAW

**ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
ЖИВОТНОВОДСТВА С УЧЕТОМ ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОИЗВОДСТВА
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ,
В ТОМ ЧИСЛЕ БИОГАЗА**

МОНОГРАФИЯ

под научной редакцией проф. докт. Вацлава Романюка

PROBLEMS OF INTENSIFICATION OF ANIMAL PRODUCTION
INCLUDING ENVIRONMENT PROTECTION
AND ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION AS WELL AS BIOGAS

MONOGRAPH

under the scientific editorship of prof. doc. Waclaw Romaniuk

ТОМ XXVII

Фаленты – Варшава 2021
Falenty – Warsaw 2021

Igor S. Kruk¹⁾, Fiodar I. Nazarau¹⁾, Yuri V. Chigariev¹⁾, Wacław Romaniuk²⁾, Kinga Borek²⁾

¹⁾ Białoruski Państwowy Uniwersytet Rolniczo-Techniczny, Mińsk, Białoruś

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Warszawa

UZASADNIENIE PARAMETRÓW MONTAŻU DODATKOWYCH URZĄDZEŃ UPRAWOWYCH NA RAMIE PŁUGA OBRACALNEGO

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА РАМАХ ОБОРОТНЫХ ПЛУГОВ

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос перераспределения сил, действующих на пахотный агрегат, при установке на его раму дополнительных устройств для разделки и поверхностной обработки почвенных пласта. Определены условия эффективной работы данных устройств в составе пахотных агрегатов.

Ключевые слова: пахотный агрегат, оборотный, плуг, дополнительные устройства, приставка

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения качества основной обработки почвы с плугами применяются дополнительные приспособления, которые крошат, рыхлят и уплотняют верхний слой оборнутого пласта. Дополнительные приспособления, применяемые в пахотных агрегатах для поверхностной обработки, в отечественной и зарубежной литературе принято называть приставками. По способу агрегатирования приставки можно разделить на навешиваемые спереди трактора (рисунок 1.6, а), навешиваемые на раму плуга (рисунок 1.6, б) и прицепные (рисунок 1.6, в).



а)



б)



в)

Рис. 1. Схемы установки катковых приставок на пахотных агрегатах: а – навешиваемые спереди трактора; б – навешиваемые на раму плуга; в – прицепные

Способ агрегатирования приставки влияет на перераспределение сил, действующих на пахотный агрегат, а, следовательно, влияет на качество обработки почвы и приводит к изменению энергетических затрат.

Качество поверхностной обработки почвы приставкой оценивают по степени уплотнения, крошения и выравнивания. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что максимальное крошение пласта рабочими органами приставки достигается при наибольших значениях глубины обработки (не менее 8 см), при минимальной глубине (2–3 см) улучшается выровненность поверхности. Плотность в слое зависит от площади контакта приставки с почвой и глубины обработки [1, 2].

Глубина обработки приставок, навешиваемых на раму плуга зависит от величины силы догрузки. Навесные приставки догружаются за счет сельскохозяйственной машины, с которой агрегируются, поэтому для навесных приставок, в каждом конкретном случае необходимо определять допустимую максимальную нагрузку, при которой достигается требуемое качество выполнения основной обработки.

Одним из конструктивных отличий корпуса плуга от рабочих органов других почвообрабатывающих орудий является несимметричность. При этом часть энергии затрачивается непроизводительно, причем ее доля неоправданно велика – до 70%, из которых доля отвала и лемеха

составляет 75%...80% (на лемех – 50%...60%) [3; 4]. Энергия, непосредственно затрачиваемая на выполнение процесса вспашки, распределяется следующим образом: на деформацию почвы – 16%, подъем и перемещение почвенного пласта – 12%, резание почвы – 12% и на преодоление сил трения – 60% [3, 4]. Первые три вида работы относятся к полезной, преодоление сил трения – технологически бесполезная работа, превышающая по объему полезную. Поэтому необходимо оценить влияние новых сил, возникающих при установке приставки на энергетические затраты.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим случай установки приставки на раму плуга, то есть при догрузении помимо собственного веса катка будут использоваться силы, действующие на плуг. Силы, действующие на комбинированный пахотный агрегат в плоскости zOy , показаны на рисунке 2.

$$R_{плz} + G_{пл} + G_{пр} = Q_z + N_{пр}. \quad (1)$$

где: $R_{плz}$ – составляющая силы сопротивления R в вертикальной плоскости действующая на плуг со стороны почвенного пласта, Н; $G_{пл}$ – вес плуга, Н; $G_{пр}$ – сила давления приставки на почву, Н; Q_z – сила противодействия почвы внедрению опорного колеса, Н; $N_{пр}$ – сила противодействия почвы внедрению приставки, Н.

Сила давления приставки на почву $G_{пр}$ складывается из двух сил:

$$G_{пр} = P_{пр} + F_{догр}, \quad (2)$$

где: $P_{пр}$ – вес катка, Н; $F_{догр}$ – сила догружения, Н.

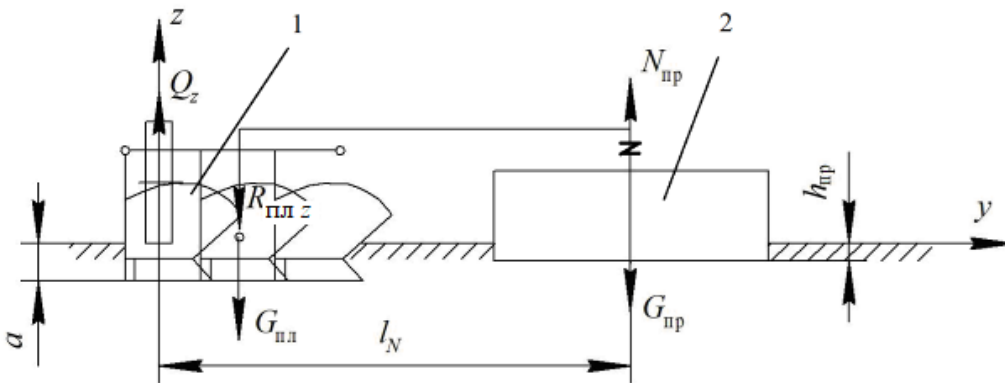


Рис. 2. Схема сил, действующих на комбинированный пахотный агрегат; 1 – плуг, 2 – приставка

Перед началом работы устанавливается глубина обработки приставки $h_{пр}$. Если для обеспечения заданной глубины обработки хватает собственного веса катка $P_{пр}$, то силам $R_{плz}$ и $G_{пл}$ противодействует сила Q_z , а сила $F_{догр}$ стремится к 0. Если силы давления приставки $G_{пр}$ недостаточно для обеспечения глубины обработки, погружение происходит за счет сил $R_{плz}$ и $G_{пл}$.

Силу $R_{плz}$ находим по формуле [5]:

$$R_{плz} \approx 0,25R_{плx}. \quad (3)$$

Горизонтальная составляющая силы R определяется по формуле [5]:

$$R_{плx} = k_{поч} a b, \quad (4)$$

где $k_{поч}$ – удельное сопротивление почвы, Н/м²; a – глубина вспашки, м; b – ширина захвата плуга, м.

Сила противодействия почвы внедрению приставки $N_{пр}$ зависит от геометрических параметров ее рабочих органов, которые подбираются в зависимости от требуемого качества обработки почвы.

В формулу (1) подставим значения из формул (2)–(4) и получим:

$$F_{догр} = Q_z - 0,25 k_{поч} a b - G_{пл} - P_{пр} + N_{пр}. \quad (5)$$

Если в формуле (5) принять $Q_z = 0$ можно определить допустимое значение силы догружения приставки, при котором не ухудшается качество основной обработки почвы. Формула примет вид:

$$F_{\text{догр}} = N_{\text{пр}} - 0,25 k_{\text{поч}} a b - G_{\text{пл}} - P_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Анализ зависимости (6) показывает, что на величину догружающей силы оказывают влияние геометрические параметры приставки, ее вес и состояние почвы.

Следует отметить, что в приставках, применяемых с многокорпусными плугами, допустимая сила догружения будет ограничена прочностными характеристиками рамы. Поэтому катки приставки стремятся расположить как можно ближе к плугу для уменьшения величины напряжений, возникающих в раме приставки.

Рассмотрим пахотный агрегат, на котором приставки установлены на раму многокорпусного полунавесного плуга (рис. 3).

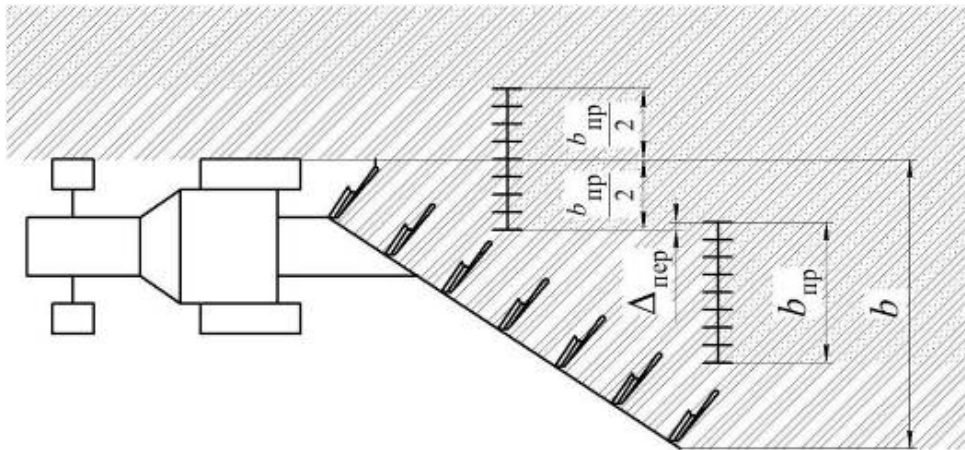
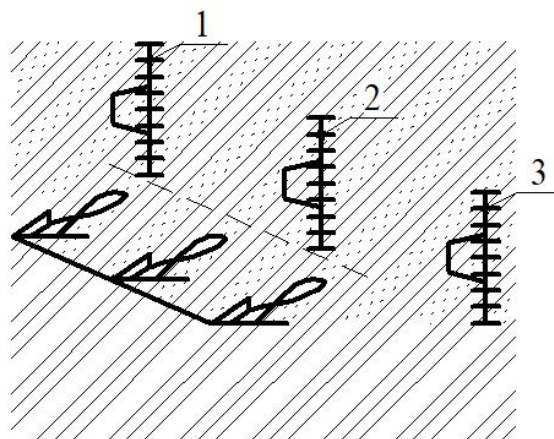


Рис. 3. Схема навешивания приставки на раму полунавесного плуга

Анализ данной схемы показал, что условия эффективной работы для данного способа агрегатирования следующие: отсутствие необработанного пласта почвы; почва должна сойти с отвала корпуса плуга и осесть на поле до прохода рабочих органов приставки для обеспечения качественной обработки почвы по всей ширине захвата приставки; при работе должно отсутствовать или иметь наименьшую величину перекрытие Δ между проходами приставок.

Можно выделить несколько положений установки приставки (рисунок 4): 1 – приставка обрабатывает предыдущий ряд; 2 – приставка движется частично по предыдущему и новому ряду; 3 – только по новому ряду. При выборе положения приставки относительно корпусов плуга следует учитывать вышеназванные условия ее эффективной работы и стремиться к ее минимальной металлоемкости.



--- Линия наименьшего расстояния установки приставки относительно плуга

Рис. 4. Положения приставки относительно корпуса плуга

На рисунке 5, а показаны силы, действующие на полунавесной плуг в горизонтальной плоскости. При установке приставок на раму плуга (рис. 5, б) к действующим в горизонтальной плоскости силам добавляются тяговые сопротивления катковых приставок.

Рассмотрим систему сил, действующих на пахотный агрегат в горизонтальной плоскости относительно точки присоединения плуга O при навешивании на него приставок.

$$\sum_{i=1}^n M_O(F_k)_i = 0;$$

$$R_{xy} L_{пл} + R_{пр1} L_{пр1} - R_{пр3} L_{пр3} - (Q_{кx1} L_{кx1} + Q_{кx2} L_{кx2} + Q_{кx3} L_{кx3}) - F_d L_d = 0, \quad (7)$$

где R_{xy} – суммарное сопротивление всех корпусов плуга, Н; $R_{пр1}$, $R_{пр3}$ – тяговое сопротивление катковых приставок, Н; $Q_{кx1}$, $Q_{кx2}$, $Q_{кx3}$ – сопротивление колес плуга, Н; F_d – суммарное сопротивление стенки борозды, воспринимаемое полевыми досками корпусов плуга, Н.

$L_{пл}$, $L_{пр1}$, $L_{пр3}$, $L_{кx1}$, $L_{кx2}$, $L_{кx3}$, L_d – соответственно плечи сил относительно точки O , м.

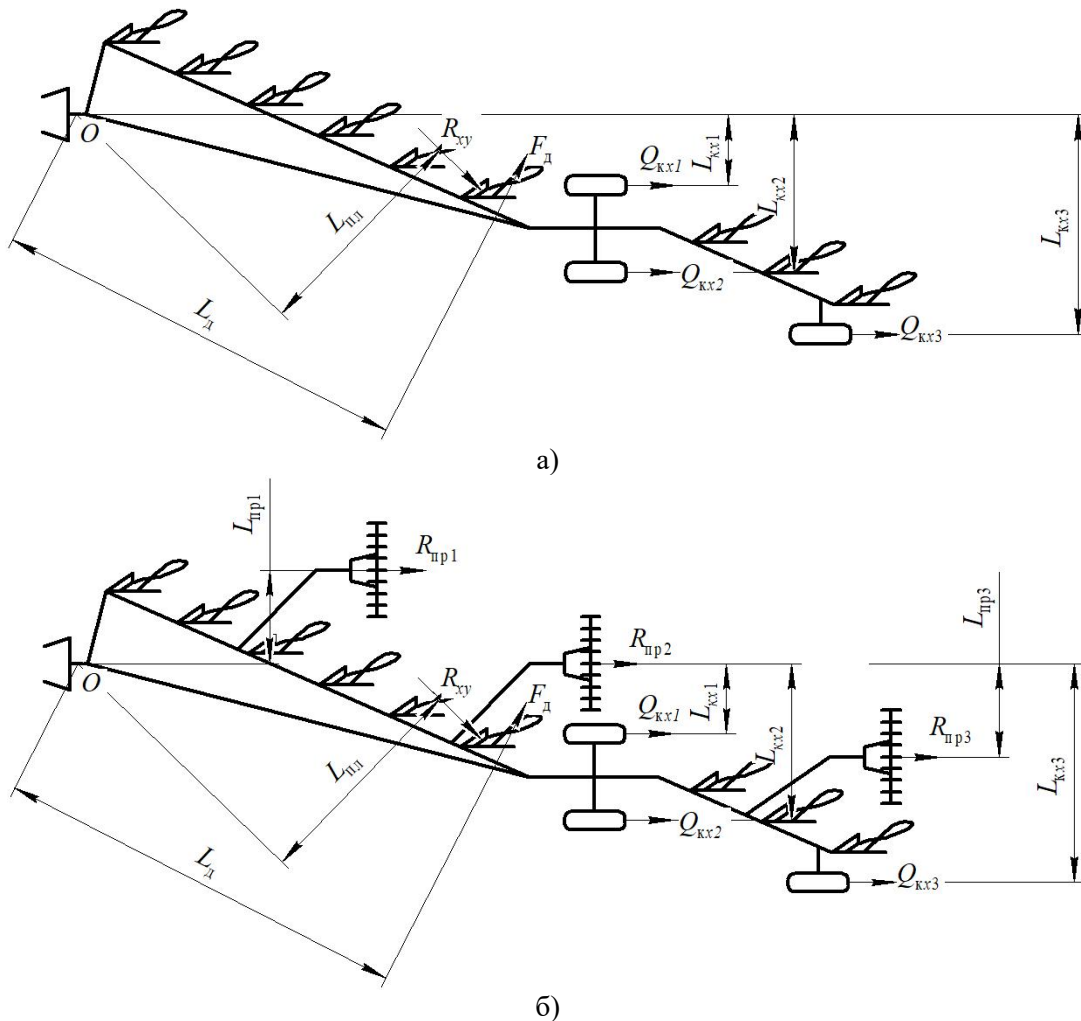


Рис. 5. Схема сил, действующих на пахотный агрегат в горизонтальной плоскости: а – полунавесной плуг; б – плуг с закрепленными на раме приставками

При установке приставки на раму плуга (рисунок 5, б) возможны три случая действия сил: сопротивление катковых приставок относительно точки O располагается справа ($R_{пр1}$), на одной линии ($R_{пр2}$) и слева ($R_{пр3}$).

Если сила $R_{пр1}$ располагается относительно точки O справа по направлению движения, то возникающий момент $R_{пр1}L_{пр1}$ по направлению совпадает с моментом $R_{xy}L_{пл}$. В результате увеличивается сила трения полевой доски о стенку борозды, что приводит к увеличению энергетических затрат на ее преодоление, следовательно, к росту технологически бесполезной работы

и возрастанию расхода топлива, а также к более интенсивному износу полевых досок. Уменьшить момент силы $R_{пр1}$ можно за счет уменьшения ее плеча $L_{пр1}$.

Если вектор силы $R_{пр2}$ проходит через точку O , то возникающий момент будет равен нулю, так как отсутствует плечо силы $L_{пр2}$. Следовательно, установленная таким образом приставка будет оказывать минимальное воздействие на перераспределение сил и приведет к увеличению необходимого тягового усилия, следовательно, и затрат топлива.

При установке приставки слева от точки O по направлению движения возникающий момент $R_{пр3}L_{пр3}$ совпадает по направлению с моментом $F_{д}L_{д}$, что приводит к снижению давления на стенку борозды, следовательно, к снижению затрат энергии, необходимой для преодоления силы трения (бесполезной работы плуга). В результате сопротивление катковой приставки может быть компенсировано снижением силы трения полевых досок, что позволит снизить энергоемкость и сократить потребление топлива. Для увеличения положительного эффекта от момента $R_{пр3}L_{пр3}$ необходимо увеличить плечо $L_{пр3}$. Однако следует учитывать, что величина плеча ограничена шириной обработанной поверхности поля.

Анализ сил, действующих на плуг с катковыми приставками, показывает, что размещение приставок слева от точки зацепа по ходу движения позволяет снизить затраты энергии на проведение вспашки и сократить износ рабочих органов за счет снижения бесполезной работы, связанной с преодолением сил трения, возникающих на полевых досках корпусов плугов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен вариант агрегатирования дополнительных почвообрабатывающих устройств на рамах оборотных плугов. Выполнен анализ сил, действующих на пахотный агрегат с дополнительными устройствами для разделки и поверхностной обработки почвенного пласта. Определены условия установки приставки на почвенный агрегат, при которых достигается требуемое качество обработки почвы при минимальных энергетических затратах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крук И.С. 2017. Проектирование катковых приставок для пахотных агрегатов. Рекомендации / И.С. Крук, Ф.И. Назаров, Ю.В. Чигарев, Г.Ф. Назарова, С.К. Карпович, Л.А. Маринич, Н.Г. Бакач, Н.Д. Лепешкин. – Минск : БГАТУ, 104 с.
2. НЕПАРКО Т.А. 2015. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебное пособие / Т.А. Непарко, А.В. Новиков, И.Н. Шило; под общ. ред. Т.А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 199 с.
3. БЕЗРУКИЙ А.П. 1984. От серпа до комбайна / А.П. Безрукий, Н.К. Макеев. – Минск : Ураджай, 239 с.
4. ТИМОШЕНКО В.Я. 2009. Компенсация боковой составляющей сопротивления корпуса плуга / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама. – № 6. – с. 35–37.
5. КЛЕЦКИНА М.И. 1967. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 4 т. / под ред. М.И. Клецкина. – М. : Машиностроение, 1967. – Т. 2. – 830 с.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS FOR INSTALLING ADDITIONAL TILLAGE DEVICES ON THE FRAMES OF REVERSIBLE PLOWS

Igor S. Kruk, Fiodar I. Nazarau, Yuri V. Chigariiev, Wacław Romaniuk, Kinga Borek

Summary

The article discusses the issue of redistribution of forces acting on the plowing unit, when installing additional devices on its frame for cutting and surface treatment of the soil layer. The conditions for the effective operation of these devices as part of arable machines have been determined.

Key words: arable unit, reversible, plow, additional devices, attachment.

UZASADNIENIE PARAMETRÓW MONTAŻU DODATKOWYCH URZĄDZEŃ UPRAWOWYCH NA RAMIE PŁUGA OBRACALNEGO

Igor S. Kruk, Fiodar I. Nazarau, Yuri V. Chigariev, Wacław Romaniuk, Kinga Borek

Streszczenie

Przedstawiono rozkład sił działających na zespół roboczy pługa przy zastosowaniu (montażu) na jego ramie dodatkowych elementów, narzędzi do obróbki gleby. Wyznaczono efektywność pracy odpowiedniego narzędzia w zespole agregatu glebowego.

Słowa kluczowe: agregat glebowy, pług, uzupełniające przystawki.