

УДК 631.3

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

### ПЛУГ-ЩЕЛЕВАТЕЛЬ-РЫХЛИТЕЛЬ

Тарасенко Борис Федорович  
д-р. техн. наук, профессор  
SPIN-код автора: 7415-7870

Николенко Александр Юрьевич  
ассистент  
SPIN-код автора: 9221-1391  
*Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинин, 13*

Основная обработка почвы является наиболее энергоемкой операцией в сельскохозяйственном производстве, на ее долю приходится почти половина всех энергетических ресурсов, используемых при выращивании сельскохозяйственных культур. Качество основной обработки почвы существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Обычная вспашка улучшает плодородие почвы, способствует накоплению влаги и уменьшает засоренность полей. Однако у этого метода есть существенный недостаток: он нарушает структуру почвы из-за опрокидывания фрагментированного пахотного слоя. С другой стороны, технология no-till, которая имеет преимущества перед вспашкой (высокая производительность, сохранение структуры почвы и предотвращение эрозии), также имеет свои ограничения: трудности с внесением органических удобрений, высокий риск засорения полей сорняками и необходимость проведения дополнительных операций по измельчению почвы. Кроме того, улучшение водно-физических свойств, водопроницаемости и аэрации почвы имеет решающее значение при обработке почвы. Для расширения функциональных возможностей, повышения качества обработки почвы, водопроницаемости и аэрации, а также снижения влияния на прямолинейность движения трактора при вспашке было разработано новое орудие. Новыми элементами, которого являются то, что к раме орудия с двух боков шарнирно прикреплены два плоских щелереза, связанные кинематически с поперечинами реечного механизма. Новизной является то, что универсальное почвообрабатывающее орудие может выполнять следующие операции – плоскорезное рыхление, вспашку, причем челночным способом, и одновременно со вспашкой выполнять щелевание

Ключевые слова: ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, ДВУХ-БРУСНАЯ РАМА, ПЛАСТИНЧАТЫЕ СТОЙКИ, ПЛОСКОРЕЗНЫЕ ЛАПЫ, ПОВОРОТНЫЕ КОЛЬЦА, ЛЕВОСТОРОННИЙ И ПРАВОСТО-

UDC 631.3

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

### A SLITTER-RIPPER PLOUGH

Tarasenko Boris Fedorovich  
Doctor of technical sciences, professor  
RSCI SPIN-code: 7415-7870

Nikolenko Aleksandr Yurievich  
Assistant  
RSCI SPIN-code: 9221-1391  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia 350044, Kalinina, 13*

The primary tillage of soil is the most energy-intensive operation in agricultural production, accounting for nearly half of all energy resources used in crop cultivation. The quality of primary tillage significantly affects the yield of agricultural crops. Conventional plowing improves soil fertility, promotes water storage, and reduces field weediness. However, this method has a major drawback: it disrupts soil structure due to the overturning of the fragmented arable layer. On the other hand, the no-till technology, which has advantages over plowing (high productivity, preservation of soil structure and prevention of erosion), also has its limitations: difficulties in applying organic fertilizers, a high risk of weeds clogging the fields and the need for additional soil crushing operations. In addition, improving the water-physical properties, water permeability and aeration of the soil is crucial in soil cultivation. A new tool has been developed to expand the functionality, improve the quality of tillage, water permeability and aeration, as well as reduce the impact on the straightness of tractor movement during plowing. New elements are that two flat slot cutters are hinged to the gun frame on both sides, kinematically connected to the crossbars of the rack and pinion mechanism. The novelty is that the universal tillage implement can perform the following operations - flat-cut loosening, plowing, and in the shuttle method, and simultaneously with plowing, perform slotting

Keywords: SOIL CULTIVATION, DOUBLE BEAM FRAME, PLATE RACKS, FLAT-CUT PAWS, ROTARY RINGS, LEFT-HAND AND RIGHT-HAND BLADES, TURNING LEVERS, HYDRAULIC CYL-

РОННИЙ ОТВАЛЫ, РЫЧАГИ ПО-ВОРОТА,  
ГИДРОЦИЛИНДР, ЩЕЛЕРЕЗЫ

INDER, SLOT CUTTERS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-05>

## Введение

Плуг-рыхлитель-щелеватель относится к категории сельскохозяйственной техники, специально разработанной для первичной обработки почвы с челночным движением агрегата как при традиционной, так и при ресурсосберегающей технологии обработки почвы. Разработка этого орудия направлена на устранение недостатков механизированной обработки почвы, связанных с использованием многофункциональной и разнообразной техники. В существующих методах и технологиях основной обработки почвы имеется множество недостатков из них основным является избыточное энергопотребление, что существенно усложняет и удорожает производственные операции и тем самым затрагивает вопрос энергетической безопасности [1]. Водная и ветровая эрозия понижает качество почвенного слоя снижая плодородность а вследствие этого и урожайность культур что уже затрагивает экологический аспект обработки почвы [2]. Инновационная конструкция плуга-рыхлителя-аэратора предлагает решение этих проблем, обеспечивая более эффективный и экологичный подход к обработке почвы. Благодаря объединению нескольких функций в одной машине снижается потребность в нескольких машинах, что уменьшает потребление энергии и способствует более экологичным методам ведения сельского хозяйства. Кроме того, способность плуга-рыхлителя-аэратора эффективно регулировать влажность почвы и улучшать её структуру помогает снизить воздействие на окружающую среду, связанное с традиционными методами обработки почвы

<http://ej.kubagro.ru/2024/09/pdf/05.pdf>

Поэтому на данном этапе крайне актуально совершенствование конструкции и технологических аспектов почвообрабатывающих орудий для повышения качества обработки почвы и снижения энергопотребления и номенклатуры машин. Для достижения этой цели мы поставили перед собой следующие исследовательские задачи:

1. Провести поисковые исследования.
2. Разработать инновационный плуг-щелеватель-рыхлитель.

### **Материалы и методы**

Материалы и методы, используемые для достижения целей исследования, основаны на результатах поисковых исследований и решении изобретательских задач. Реализация поставленной цели и задач исследования включает в себя следующие этапы: проведение всестороннего анализа существующей литературы и патентов для выявления пробелов в знаниях и областей для инноваций, разработка концептуальной основы исследования, определение ключевых целей, гипотез и методологий, разработка и тестирование новых материалов и технологий для решения выявленных исследовательских задач и целей, проведение экспериментов и симуляций для проверки работоспособности и эффективности разработанных материалов и технологий. Анализ и интерпретация результатов экспериментов и симуляций для получения значимых выводов и рекомендаций. Доработка и оптимизация материалов и методов на основе результатов и отзывов об исследовании. Следуя этому структурированному подходу, исследование направлено на поиск комплексного и инновационного решения выявленной проблемы, способствующего развитию знаний и практики в этой области. При патентном поиске нами выявлены аналоги и прототип. К аналогам относятся: «Почвообрабатывающее орудие» [3] , «Плуг чизельный навесной ПЧН-3.2

(4.1)» или «Плуг навесной» [4]. Проведя тщательный анализ представленных технических характеристик, мы выявили следующие основные недостатки:

1. Невозможность работы в режиме челночного перемещения при установке плуга, что существенно ограничивает функциональность инструмента.
2. Функциональные возможности рыхлителя ограничены, поскольку он предназначен исключительно для рыхления без обработки почвы, что снижает его производительность в целом.
3. Низкое качество обработки почвы, водопроницаемость и аэрация [6], что может негативно сказаться на плодородии почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

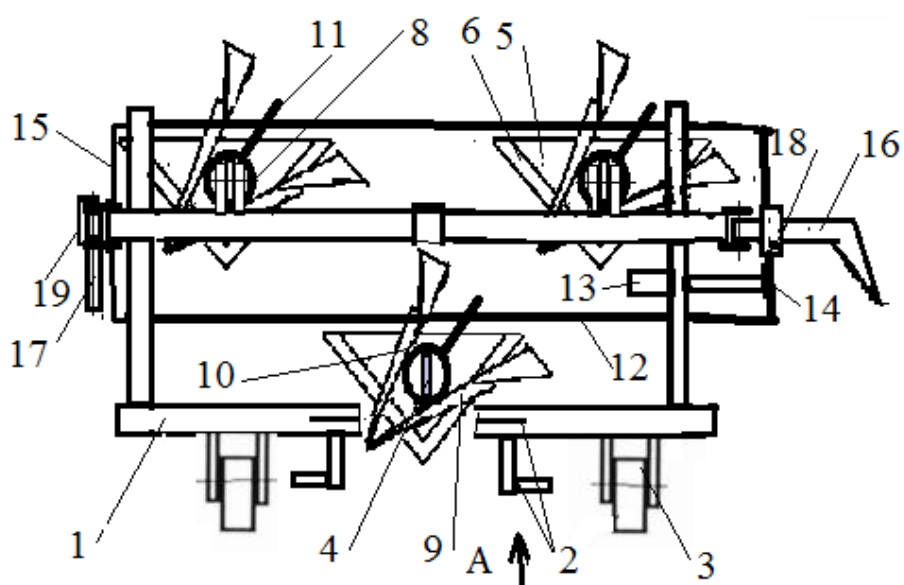
Эти ограничения подчеркивают необходимость инновационных решений, которые могут устранить эти недостатки и обеспечить более эффективные методы обработки почвы. В ходе анализа были выявлены недостатки, что привело к заключению о необходимости улучшения функциональных характеристик, повышения эффективности обработки почвы, её водопроницаемости и аэрации, а также уменьшения воздействия на прямолинейность движения трактора в процессе вспашки.

### **Результаты**

Применив методы поисковых исследований нами разработан инновационный рабочий орган. На рисунке 1 представлено новая рабочая установка с различными видами где на рисунке 1 (а) представлен вид сверху «Плуг-щелеватель-рыхлитель» при движении в одном направлении (на схеме сверху вниз); на позиции б – тоже, но в обратном направлении; на позиции в – представлен Вид. А.

Такая конструкция позволяет плугу-рыхлителю-щелевателю эффективно решать сложные задачи по обработке почвы, значительно улучшая его по сравнению с традиционными конструкциями. Уникальная конфигурация рабочих органов и конструктивных элементов рамы обеспечивает повышенную проникающую способность в почву, аэрацию и водопроницаемость, что в конечном итоге приводит к повышению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Инновационный плуг-щелеватель-рыхлитель (рисунок 1) включает сварную двухбрусную раму 1, систему трехточечной навески 2 на трактор и регулировки глубины обработки в виде опорных колес 3. На брусках рамы 1



а

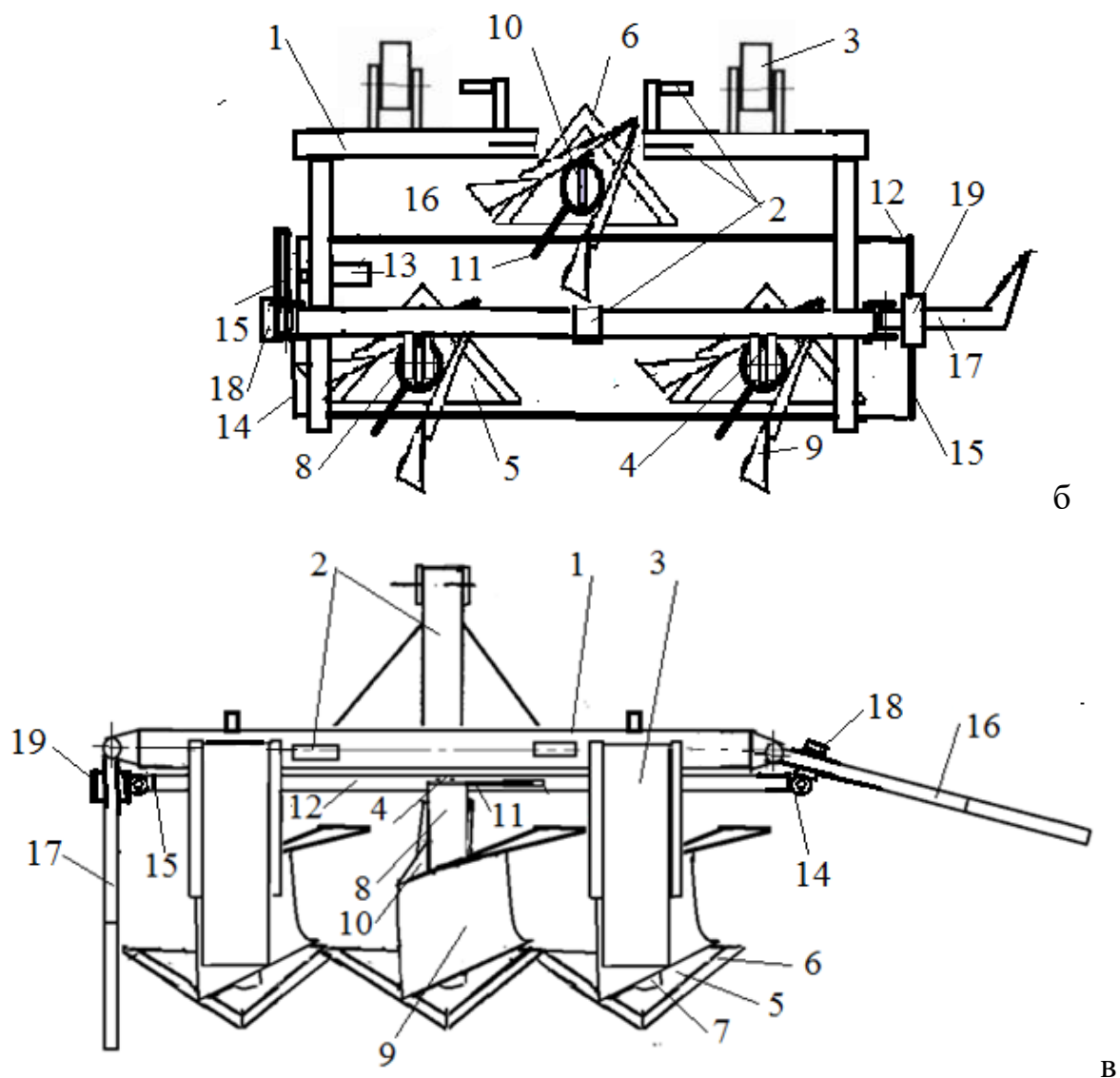


Рисунок 1 – Инновационный плуг-щелеватель-рыхлитель

приварены в шахматном порядке кронштейны, в которых закреплены рабочие органы. Рабочие органы содержат пластинчатые стойки 4, в нижней части которых закреплены под углом стрельчатые лапы 5 в виде треугольной пластины с заточенными сторонами 6. На стойки 4 вначале надеваются неподвижные кольца 7, которые имеют ограничители от проворачивания и скошенную нижнюю часть для плотного прилегания к лапам 5, а затем надеваются поворотные кольца 8. Кольца 8 имеют кронштейны (на схеме не показаны), к которым закреплены посредством сварки левосторонний 9 и правосторонний 10 отвалы, спози-

ционированные относительно друг друга под определенным углом и также выставлен рычаг поворота 11. При помощи реечного механизма 12 рычаги поворота 11 связаны с гидроцилиндром причем в рейке сделаны прорезы в которые вставляются рычаги поворота рейка смонтирована на направляющих закреплённых к раме 1, гидроцилиндр 13 установленный на раме 1 и две поперечины правая 14 и левая 15. При этом гидроцилиндр 13 связан с одной из поперечин, например, поперечиной 14. С двух боков к брусу рамы 1 шарнирно прикреплены два плоских щелереза 16, 17 связанные кинематически с реечным механизмом 12. Для этого на стойки щелерезов 16 и 17 свободно с возможностью перемещения по ним надеты прямоугольные кольца 18 и 19 шарнирно связанные с поперечинами 14 и 15 реечного механизма 12.

### **Обсуждение**

В начале работы, когда плуг-щелеватель-рыхлитель на тракторе с помощью системы трехточечной навески 2 находится еще в транспортном положении, при помощи гидроцилиндра 13 воздействуют на поперечину 14 реечного механизма 12, перемещая рейки в крайнее положение. Одновременно в крайнее положение перемещаются рычаги 11, размещенные в отверстиях реек, а кольцо 8 повернется на неподвижном кольце 7 и на стойке 4 и подставит к направлению движения, например левосторонний отвал 9. В это же время поперечина 15 с правой стороны рамы 1 с помощью кольца 18 и шарнирного соединения переводит правый щелерез 16 в вертикальное положение. Одновременно поперечина 14 отклоняет левый щелерез 17 с помощью кольца 19 в левую сторону. Следующим этапом рама 1 плуга-рыхлителя переводится в рабочее положение и совершая поступательное движение рабочие органы погружаются в почвенный пласт на глубину, выставленную опорными колесами 3. Большая часть пласта срезается лапой 5 с заточенными лезвиями по сторонам 6, а размещенный под выставленным

углом отвал 9 создает поверхность, по которой скользит пласт с крошением и последующим оборотом. Остальная меньшая часть пласта подрезается и рыхлится также частью лапы 5. Этой части одновременно с щелерезом 17 отводится роль стабилизатора прямолинейного движения. В конце гона плуг-рыхлитель переводится в транспортное положение, а в момент разворота гидроцилиндром 13 рейки переместятся в крайнее положение обратное. Рычаг 11 повернет кольцо 8 и подставит к направлению движения, уже правосторонний отвал 10. Благодаря этому при рабочем движении в обратном направлении вспашка будет происходить с отвалом земли в ту же сторону по принципу обратного плуга. Роль стабилизатора прямолинейного движения теперь отводится противоположной части лапы 5 правому щелерезу 16.

При снятых с рамы 1 реечного механизма 12, а со стоек 4 поворотных колец 8 с закрепленными отвалами 9 и 10 и рычагом 11 и фиксируемого кольца 7 средство работает как плоскорезный рыхлитель. Установленная под углом к почве лапа 5 своими заточенными сторонами 6 внедряется в почву. Инновационный агрегат предназначен для выполнения широкого спектра задач при обработке почвы, включая:

- 1.Подкормочную обработку, которая обеспечивает эффективное проникновение в твердые слои почвы и дробление уплотненных почвенных структур [8].

- 2.Рыхление почвы, которое разбивает комья и агрегаты, создавая более ровную и восприимчивую почву.

- 3.Удаление сорняков с корнем, которое эффективно уничтожает сорняки и их корневую систему, уменьшая конкуренцию за воду и питательные вещества.



4. Разрушение подошвы плуга предотвращает образование твердого, непроницаемого слоя, который может препятствовать аэрации почвы и проникновению воды.

5. Аэрация почвы повышает доступность кислорода и способствует здоровой жизнедеятельности микроорганизмов.

6. Повышение влагоудерживающей способности, что позволяет почве удерживать больше воды и уменьшать испарение.

7. Выравнивание поверхности, которое оставляет гладкую, ровную поверхность без крупных комьев, и устранение переувлажнения, что предотвращает образование анаэробных условий, которые неблагоприятно сказываются на вегетации растений.

Создавая оптимальные почвенные условия машина способствует быстрой вегетации и затем высокой плодородности сельскохозяйственных культур. Глубина обработки регулируется с помощью опорных колес 3, также перезакреплением стойки 4.

Расчет на тяговое сопротивление будет рассчитываться по формуле академика В.П. Горячкина с учетом добавления тягового сопротивления шелереза [7]. Тогда общая формула примет вид:

$$R = R_{\text{плуг}} + R_{\text{шел}}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{плуг}}$  – тяговое сопротивление корпуса плуга-рыхлителя, кН,

$R_{\text{шел}}$  – тяговое сопротивление шелереза, кН.

Тяговое сопротивление плуга состоит из трех сопротивлений, первое появляется при трении почвы о поверхность лезвия плуга-рыхлителя, второе возникает из-за деформации почвы, третье возникает из-за сил отбрасывания почвы отвалом. Формула нахождения тягового сопротивления плуга имеет вид:

$$R_{\text{плуг}} = R_1 + R_2 + R_3, \quad (2)$$

где  $R_1$  – постоянное, независимое от скорости сопротивление, кН,

$R_2$  – сопротивление деформации почвы, сопровождающееся весьма малым перемещением частиц. Это сопротивление пропорционально поперечному сечению обрабатываемого поля, а при динамическом воздействии, кроме того, и квадрату скорости, кН,

$R_3$  – сопротивление значительного перемещения или отбрасыванием частиц почвы в сторону, пропорционально квадрату скорости, кН. Для простоты расчетов на практике пользуются следующей формулой

$$R_{\text{плуг}} = kV_p n, \quad (3)$$

где  $V_p$  – ширина захвата корпуса, м,

$n$  – количество корпусов, шт

$k$  – коэффициент удельного сопротивления.

Удельное сопротивление в функции скорости изменяется по прямой или по кривой второго порядка. Поэтому с большой точностью кривую второго порядка можно аппроксимировать прямой. Тогда:

$$k = k_0 [1 + \alpha_v (v_{pi} - v_{p0})], \quad (4)$$

где  $k_0$  – коэффициент, характеризующий параметры почвы такие как: угол трения, максимальное сопротивление почвы при растяжении все данные параметры определяются практическим путем;

$\alpha_v$  – коэффициент учитывающий скоростные изменения находится в пределах от 0,054 до 0,13 на каждый м/с увеличение скорости,

$v_{pi}$  – скорость перемещения машины по полю, м/с,

$v_{p0}$  – начальная скорость, м/с.

Для расчета сопротивления резания шелереза воспользуемся формулой Домбровского для плоского клина:

$$R_{\text{шел}} = k_1 B h, \quad (5)$$

где  $k_1$  – удельное сопротивление грунта копанию, кПа,

$B$  – ширина лезвия шелереза, м,

$h$  – глубина обработки, м.

Подставим найденные значения в общее уравнение [1] получим:

$$R = k_0 [1 + \alpha_v (v_{pi} - v_{p0})] \cdot B \cdot h + k_1 B h, \quad (6)$$

При помощи данного уравнения можно найти суммарное сопротивление плуга-щелереза-рыхлителя.

Так как сила сопротивления корпуса плуга рыхлителя смещена относительно стойки то нашу машину стоит проверить на устойчивость. Найдем требуемое сопротивление щелереза для создания компенсирующего момента (рисунок 2)

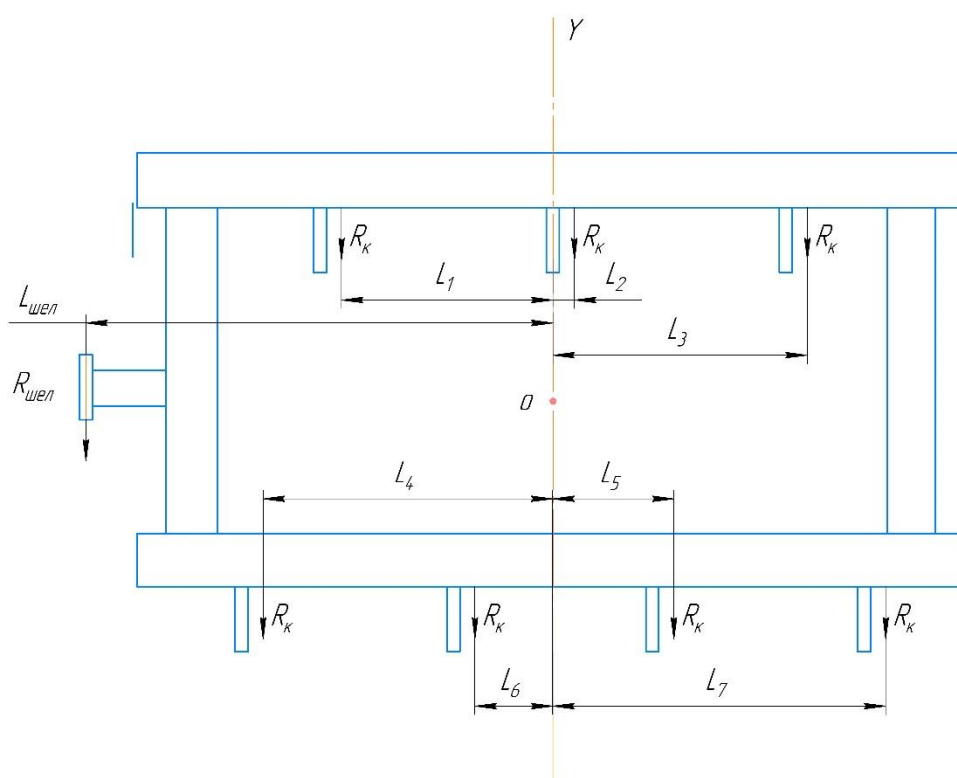


Рисунок 2 – Расчетная схема устойчивости машины.

Для определения устойчивого прямолинейного движения составим схему действующих сил сопротивления каждого отдельного рабочего органа с обозначением расстояния до точки, лежащей на оси Y (вектора движения агрегата). Составим уравнение суммы моментов относительно точки O считая положительным вращающий момент против часовой стрелки:

$$\sum M_o = R_к(L_6 + L_4 + L_1) + R_{щел} \cdot L_{щел} - R_к(L_2 + L_3 + L_5 + L_7) = 0, \quad (7)$$

Составив уравнения, мы можем выразить  $R_{щел}$  тем самым найдем компенсирующее сопротивление щелереза:

$$R_{щел} = \frac{-R_k(L_6+L_4+L_1)+R_k(L_2+L_3+L_5+L_7)}{L_{щел}}, \quad (8)$$

Подставим уравнение 5 в уравнение 7:

$$k_1 Bh = \frac{-R_k(L_6+L_4+L_1)+R_k(L_2+L_3+L_5+L_7)}{L_{щел}}, \quad (9)$$

Из формулы (8) мы сможем определить глубину и ширину захвата щелереза. Соблюдение условия устойчивости позволит сохранить прямолинейность движения машины и тем самым повысить качество выполняемой работы.

### Заключение

1. Плуг-щелеватель-рыхлитель может выполнять следующие операции – плоскорезное рыхление, вспашку, причем челночным способом, и одновременно со вспашкой выполнять щелевание.

2. Использование вышеописанной машины для основной обработки почвы позволит расширить функционал агрегата для обработки почвы, снизит вредность для почвенного пласта и повысит все параметры качества вспашки поля, т.е. улучшит водно-физических свойства, водопроницаемость и аэрацию, а при вспашке прямолинейность движения трактора.

### Библиографический список

1. Николенко А.Ю. Энергосберегающие технологии обработки почвы в условиях ведения сельскохозяйственного производства Краснодарского края / А.Ю. Николенко, В.А. Дробот // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 78-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2022 год. В 3-х частях. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Краснодар, 2023. С. 308-311.

2. Тарасенко Б.Ф. (2015). Формирование ресурсосберегающих комплексов агрегатов для обработки почвы на основе имитационного моделирования в условиях степной зоны северного Кавказа: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук - Краснодар. - Кубан. гос. аграр. ун-т.-370 с.

3. Патент РФ № 2399177, МПК А01В 13/14. Почвообрабатывающее орудие / И.Б. Борисенко, В.И. Павленко, С.Ю. Кондаков и др. // ГНУ НВ НИИСХ РАСХН, Оpubl.: 20.09.2010 Бюл. № 26

4. Патент РФ № 2189127, МПК А01В 49/02. Плуг навесной / В.П. Заярский, О.Б. Селивановский, Б.Ф. Тарасенко и др. // ОАО "Краснодаррисмаш", Оpubl.: 20.09.2002 Бюл. № 26.

5. Патент РФ № 225628 U1, МПК А01В 5/10, А01В 35/16. Плуг-рыхлитель / Б.Ф. Тарасенко, А.Ю. Николенко, С.Ю. Орленко, В.А. Дробот и др, // ФГБОУ ВО КубГАУ.- Оpubl.: 26.04.2024 Бюл. № 12.

6. Тарасенко Б.Ф. Анализ инновационных технических средств для подготовки почвы / Б.Ф. Тарасенко, В.А. Дробот, А.Д. Гумбаров.- Монография / Кубан. гос. аграр. ун-т. Краснодар, 2023, 91 с.

7. Николенко, А. Ю. Энергетический анализ процесса работы оборотного плуга / А. Ю. Николенко // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Нальчик, 22–23 декабря 2023 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, 2023. – С. 212-215. – EDN YUWZLD.

8. Виневский, Е. И. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных машин для внесения твердых органических удобрений / Е. И. Виневский, С. К. Папуша, А. Ю. Николенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 180. – С. 42-51. – DOI 10.21515/1990-4665-180-005. – EDN FSOFBZ.

## References

1. Nikolenko A.Yu. E`nergoberegayushhie texnologii obrabotki pochvy` v usloviyax vedeniya sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva Krasnodarskogo kraya / A.Yu. Nikolenko, V.A. Drobot // V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromy`shlennogo kompleksa. Sbornik statej po materialam 78-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov po itogam NIR za 2022 god. V 3-x chastyax. Otv. za vy`pusk A.G. Koshhaev. Krasnodar, 2023. S. 308-311.

2. Tarasenko B.F. (2015). Formirovanie resursosbergayushhix kompleksov agregatov dlya obrabotki pochvy` na osnove imitacionnogo modelirovaniya v usloviyax stepnoj zony` severnogo Kavkaza: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk - Krasnodar.- Kuban. gos. agrar. un-t.-370 s.

3. Patent RF № 2399177, МПК А01В 13/14. Pochvoobrabaty`vayushhee orudie / I.B. Borisenko, V.I. Pavlenko, S.Yu. Kondakov i dr. // GNU NV NIISX RASXN, Opubl.: 20.09.2010 Byul. № 26

4. Patent RF № 2189127, МПК А01В 49/02. Plug navesnoj / V.P. Zayarskij, O.B. Selivanovskij, B.F. Tarasenko i dr. // ОАО "Krasnodarrismash", Opubl.: 20.09.2002 Byul. № 26.

5. Patent RF № 225628 U1, МПК А01В 5/10, А01В 35/16. Plug-ry`xlitel` / B.F. Tarasenko, A.Yu. Nikolenko, S.Yu. Orlenko, V.A. Drobot i dr, // FGBOU VO KubGAU.- Opubl.: 26.04.2024 Byul. № 12.

6. Tarasenko B.F. Analiz innovacionny`x texnicheskix sredstv dlya podgotovki pochvy` / B.F. Tarasenko, V.A. Drobot, A.D. Gumbarov.- Monografiya / Kuban. gos. agrar. un-t. Krasnodar, 2023, 91 s.

7. Nikolenko, A. Yu. E`nergeticheskij analiz processa raboty` oborotnogo pluga / A. Yu. Nikolenko // E`nergoresursosberezhenie i e`nergoe`ffektivnost`: aktual`ny`e voprosy`, dostizheniya i innovacii : Sbornik nauchny`x trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoy konferencii, Nal`chik, 22–23 dekabrya 2023 goda. – Nal`chik: Kabardino-Balkarskiy gosudarstvenny`j agrarny`j universitet im. V.M. Kokova, 2023. – S. 212-215. – EDN YUWZLD.

8. Vinevskij, E. I. Ocenka konkurentosposobnosti otechestvenny`x i zarubezhny`x mashin dlya vneseniya tverdyy`x organicheskix udobrenij / E. I. Vinevskij, S. K. Papusha, A. Yu. Nikolenko // Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 180. – S. 42-51. – DOI 10.21515/1990-4665-180-005. – EDN FSOFZB.