

УДК 631.363

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

**АНАЛИЗ ПАТЕНТОВ ПО СНИЖЕНИЮ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Коновалов Владимир Иванович  
доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе»  
SPIN-код 4413-4190, ABH-7546-2020, Scopus Author ID: 57190000996, ORCID 0000-0003-2740-2010  
mail: konovalov.v.i@mail.ru  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Коновалов Сергей Иванович  
инженер  
SPIN-код: 5475-7500, AuthorID: 894066 *ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Кравченко Виктор Валерьевич  
инженер  
SPIN-код: 4438-6886, AuthorID: 709424  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Клиничкин Данила Григорьевич  
аспирант факультета механизации  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Страхов Александр Алексеевич  
студент факультета механизации  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

В статье представлен анализ патентов по снижению тягового сопротивления при работе отвальных корпусов лемешных плугов, выполненного по полезным моделям и изобретения РФ. По полученным результатам сформулированы основные способы, большинство из которых направленно на уменьшения сил трения. В качестве наиболее перспективного способа выделена необходимость использования материалов с низким коэффициентом трения, уменьшения площади контакта почвы с рабочей поверхностью корпуса, а также снижения динамической составляющей сопротивления пласта и сжатия в процесс его перемещения

Ключевые слова: ОТВАЛЬНЫЙ КОРПУС, АНАЛИЗ, ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ, ВИБРАЦИЯ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-205-032>

<http://ej.kubagro.ru/2025/01/pdf/32.pdf>

UDC 631.363

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

**ANALYSIS OF PATENTS ON REDUCING TRACTION RESISTANCE DURING OPERATION OF A WORKING BODY FOR TILLAGE**

Konovalev Vladimir Ivanovich  
Associate Professor, Department of Processes and Machines in Agribusiness  
RSCI SPIN-code 4413-4190, ABH-7546-2020, Scopus Author ID: 57190000996, ORCID 0000-0003-2740-2010  
mail: konovalov.vi@mail.ru  
*FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia*

Konovalev Sergey Ivanovich  
engineer  
RSCI SPIN-code 5475-7500  
*FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia*

Kravchenko Victor Valerievich  
engineer  
RSCI SPIN-code: 4438-6886, AuthorID: 709424  
*FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia*

Klinichkin Danila Grigorievich  
graduate student of the Faculty of Mechanization  
*FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia*

Strakhov Alexander Alekseevich  
student of the Faculty of Mechanization  
*FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia*

The article presents an analysis of patents on reducing traction resistance during operation of dump housings of ploughshares, made according to utility models and inventions of the Russian Federation. Based on the results obtained, the main methods are formulated, most of which are aimed at reducing friction forces. As the most promising method, the need to use materials with a low coefficient of friction, reduce the contact area of the soil with the working surface of the housing, as well as reduce the dynamic component of reservoir resistance and compression during its movement is highlighted

Keywords: DUMP BODY, ANALYSIS, TRACTION RESISTANCE, COEFFICIENT OF FRICTION, VIBRATION

### **Актуальность исследования**

Не смотря на свою большую историю обработка почвы с оборотом пласта не теряет свой значимости и актуальности, поскольку позволяет подрезать и заделывать в почву растительность, семена сорняков, пожнив-ные остатки, возбудителей болезней и прочих вредителей. Кроме того, обработка почвы с оборотом пласта способствует формированию благоприятной для произрастания культурных растений почвенной структуры. Многими учеными отвальная обработка почвы ставится как обязательная технологическая операция, снижающая потребность в химических препаратах для ухода за растениями [1, 2, 7].

Несмотря на свою значимость процесс обработки почвы с оборотом пласта имеет и свои значительные недостатки, к которым прежде всего относятся высокая энергоёмкость и низкая производительность [2, 8]. Указанные недостатки поясняются прежде всего тем, что сам процесс содержит множество отдельных энергоёмких технологических операций, например, горизонтальное резание, вертикальное резание, отделение пласта, крошение пласта и оборот пласта, что в совокупности и формирует высокое тяговое сопротивление всего орудия в целом. Поэтому процесс совершенствования обработки почвы плужным корпусом с оборотом пласта является всё актуальной и значимой научно-практической задачей.

### **Постановка задачи**

Совершенствование технологического процесса любого почвообрабатывающего орудия является непростой поэтапной задачей. В качестве основы для постановки задачи всегда выделяются назначение и агротехнические требования, на основании которых уже и формируется техническое задание на курсовую устойчивость, заглубляемость, технологическую эффективность и надёжность, и прочие показатели [3, 4, 5, 6]. Для достижения поставленных показателей уже и проводятся исследования различного назначения и содержания, например, теоретические для определения ос-

новой концепции и начальных параметров отдельных элементов орудия или их совокупность, экспериментальные для проверки каких-либо гипотез и прочие [9]. Одним из таких методов совершенствование является и метод анализа направлений совершенствования или патентный анализ, который позволяет отчертить круг уже разработанных технических решений или способов от только формирующихся.

### **Исследовательская часть**

Для проведения патентных исследований были взяты открытые базы изобретений и полезных моделей Российской Федерации, которые были опубликованы в последние 10-20 лет.

С целью снижения тягового сопротивления при вспашке переувлажненных почвы группой авторов из КБГСХА им. В. М. Кокова предложена конструктивная схема электрического плуга (рис. 1) по патенту №2421955. Предложенная схема включает в себя стандартные элементы отвального плуга и набор электрических компонентов с токопроводами, в составе генератора 1, подключенного к выпрямителю и реле регулятора 2 и 5 соответственно. Между выпрямителем 2 и реле регулятором 5 последовательно установлены предохранитель 3 и амперметр 4. Токопроводами 15 через соединительную панель 6 реле регулятор соединяется с переключателем батарей 7, блоками аккумуляторных батарей 8 и 9 и выключателем 10. При этом положительный провод подсоединяется через стойку к дисковому ножу, а отрицательный к отвалу корпуса 15. Для изоляции этих элементов использованы изоляционные пластины 13 и 16.

Работа предложенного решения осуществляется следующим образом. В процессе вспашки плуг опускается в рабочее положение и начинается рабочий ход. В процессе рабочего хода отвальный корпус подрезает пласт почвы, сдвигает его, крошит и оборачивает.

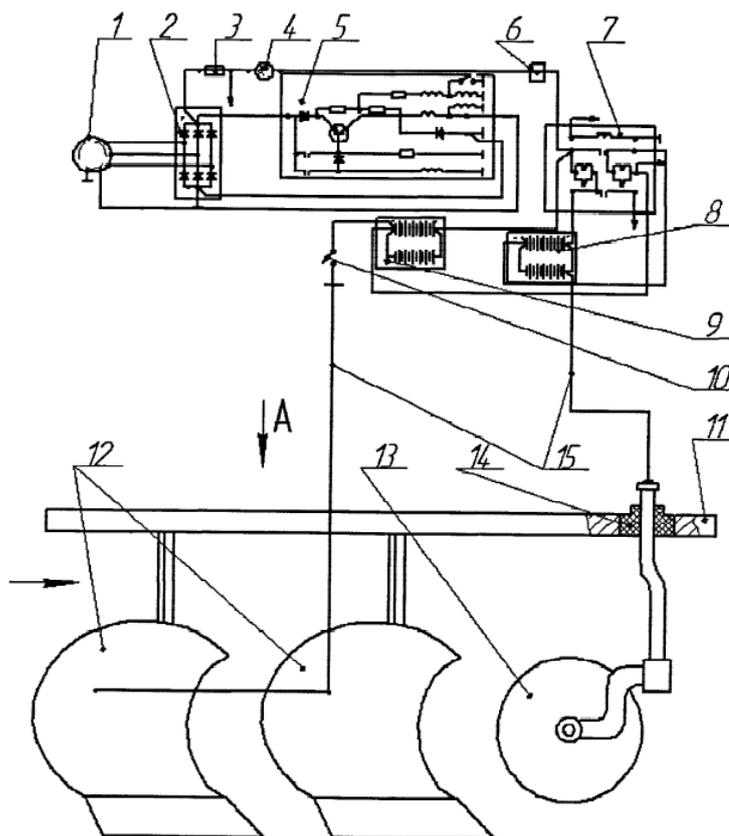


Рисунок 1 – Плуг по патенту 2421955:

1 – генератор; 2 – выпрямитель; 3 – предохранитель; 4 – амперметр;  
 5 – реле регулятора; 6 – панель соединения; 7 – переключатель батарей;  
 8 – левая группа аккумуляторных батарей; 9 – правая группа аккумуляторных батарей; 10 – выключатель аккумуляторов; 11 – рама; 12 – отвал корпуса; 13 – дисковый нож; 14 – изоляционные прокладки; 15 – токопровод; 16 – пластина изолятора

Одновременно с этим электрический ток от генератора подается через выпрямитель, предохранитель, амперметр, реле регулятора, соединительной панели, переключателя и аккумуляторные батареи подается на изолированные отвал корпуса и дисковый нож, что приводит к возникновению эффекта электроосмоса с образование тончайшей пленки из молекул воды. Образованная пленка воды между поверхностью отвала и перемещающейся по нем почвой способствует снижению коэффициента тре-

ния, а, следовательно, и тягового сопротивления. Существенным недостатком предложенного решения безусловно является сложность конструкции и высокая электроопасность.

Авторами из Кубанского ГАУ по патенту №196014 для снижения тягового сопротивления в процессе работа плуга предлагается использовать эффект Баушингера и снизить скорость и величину сжимающих деформационных воздействий на пласт за счет использования особой формы отвал (рис. 2).

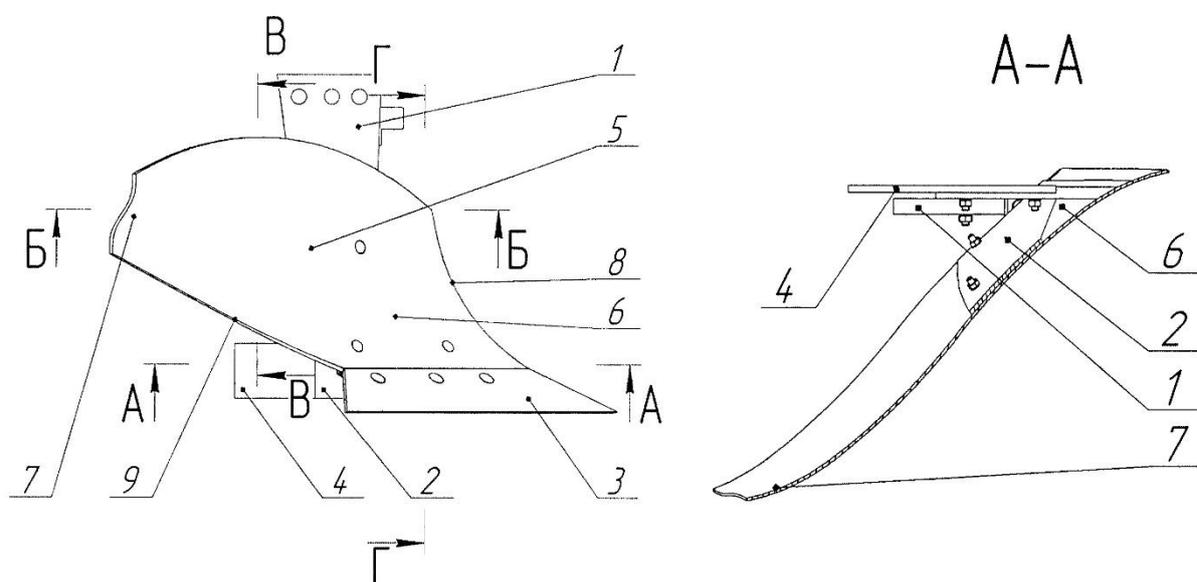


Рисунок 2 – Плуг по патенту 196014:

1 – стойка корпуса; 2 – башмак корпуса; 3 – лемех; 4 – полевая доска корпуса; 5 – отвал корпуса; 6 – грудь отвала; 7 – крыло отвала; 8 – полевой обреза корпуса; 9 – бороздовой обреза корпуса

Предложенное конструктивное решение отвального корпуса включает в себя стандартный перечень составных частей (рис. 2), а именно стойку, 1 башмак 2, лемех 3, полевая доска 4 и отвал 5. Однако, при формировании отвала в качестве горизонтальной образующей ЛОП авторами предлагается использовать S-образная кривая, кривизна которой чем ближе к лемеху, тем больше уменьшается. Процесс работы предложенного корпуса

отличается тем, что в процессе движения пласта по ЛОП, угол между формируемой корпусом, стенкой борозды и указанной образующей непрерывно уменьшается, тем самым снижая скорость и величину его сжатия, а затем начинает его растягивать, образуя эффект Баушингера. К недостаткам предложенной конструкции следует отнести сложность в изготовлении отвала, ввиду ее не линейности, что также может привести к залипанию при работе на переувлажненных почвах.

В банке патентов ФИПС имеется множество патентов, предлагающих использовать на корпусе плуга плоскорежущий рабочий орган для послойной обработки почвы с целью снижения тягового сопротивления и повышения качества обработки. Имеющиеся патенты предлагают различные вариации в способе и месте его крепления, а также форму режущей части. Так, например, Кузнецов В.В., Безик Д.А. и Лаптева Н.А. по патенту №224061 предложили использовать на корпусе плуга (рис. 3) плоскорежущий рабочий орган с периодически изменяющейся формой лезвия и возможностью регулирования установки его по высоте.

Прилагаемый корпус плуга включает в себя все тот же стандартный набор комплектующих, с добавлением специального трапецеидального выступа 6 (рис. 3), имеющим дугообразный вырез 6 с установленный на него плоскорежущим рабочим органом 7, режущая кромка которого выполнена в виде вогнутого 8 или выпуклого 9 криволинейного участка.

Работа предлагаемого корпуса плуга отличается от общепринятой тем, что в процессе своего заглубления плоскорежущий рабочий орган, за счет крепления своей задней точки в дугообразном отверстии изначально имеет острый угол вхождения в почву, а затем за счет реакции последней на него занимает горизонтальное положение.

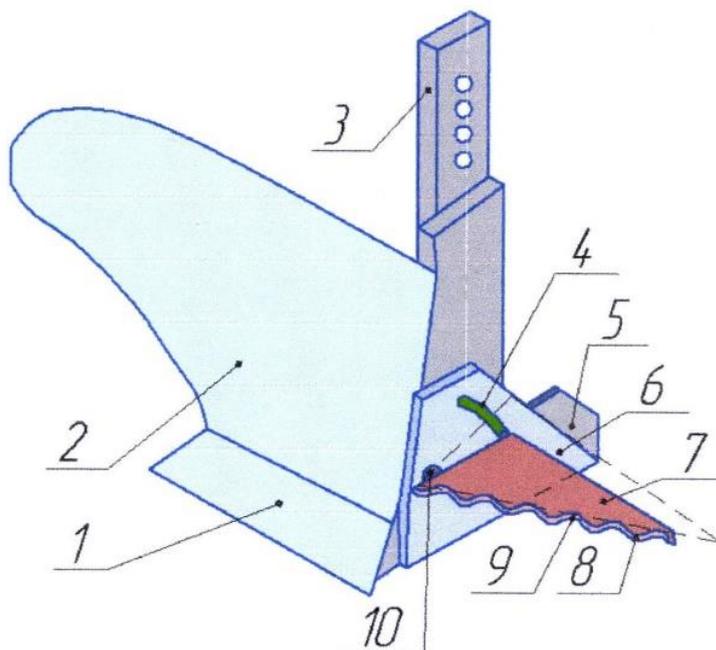


Рисунок 3 – Корпус плуга по патенту №224061:

1 – лемех; 2 – отвал; 3 – стойка; 4 – дугообразное отверстие; 5 – полевая доска; 6 – трапециевидный выступ; 7 – плоскорежущий рабочий орган; 8 – выпуклый криволинейный участок лезвия; 9 – вогнутый криволинейный участок лезвия

Кроме того, выпуклая и вогнутая криволинейные части лезвие позволяют достигнуть увеличения коэффициента скольжения почвы, а, следовательно, и снизить энергоёмкость. Однако предложенные технические решения не позволяют получить устойчивого процесса заглубления и движения корпуса по глубине.

Под руководством Кислова А.Ф. в ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ по патенту №2657740 предложена конструкция корпуса плуга (рис. 4), ориентированная на получение эффекта снижения тягового сопротивления за счет предварительного отделения почвы от непаханого монолита. Для этого автора предлагают на стандартный корпус (рис. 4) установить под углом к опорной в горизонтальной плоскости части лемеха 3 нож 5 толщиной около 1,5 мм и длиной 5 мм.

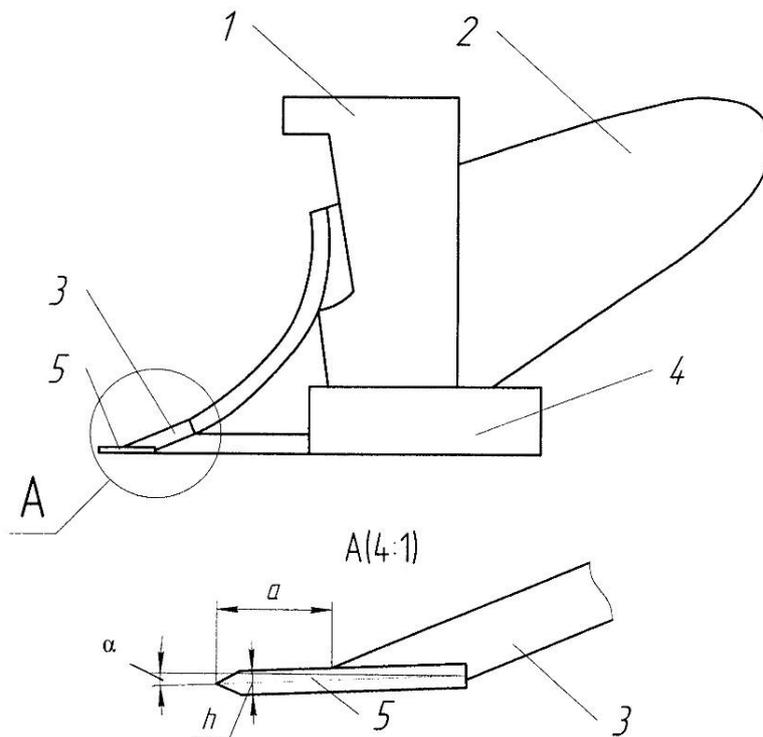


Рисунок 4 – Корпус плуга по патенту №2657740:

1 – стойка; 2 – отвал; 3 – лемех; 4 – полевая доска; 5 – нож

По задумки авторов в процессе работы такого корпуса установленный нож подрезает необработанный пласт и направляет в процессе прямолинейного движения корпуса на его отвал, тем самым снижая деформацию. При этом, незначительные геометрические размеры ножа позволят избежать больших изгибающих моментов и поломок. Однако следует отметить, что такой почвенный горизонт в виде сплошной среды встречается крайне редко, можно сказать практически никогда, поэтому проникновение ножа на величину 5 мм толщиной 1,5 мм наиболее вероятно будет незаметно из-за большего размера пор в почве.

Группа авторов под руководством А. Б. Кудзаева из Горского ГАУ по патенту №2380874 для снижения тягового сопротивления в процессе работы корпуса плуга предлагают применять вибрацию, которая создается благодаря неоднородному составу обрабатываемой почвы, а как следствие

и знакопеременному воздействию на него, которое приводит в возвратно-поступательные движения лемех, отвал и башмак за счет их установки на упругой пластине. Предложенный корпус плуга (рис. 5) конструктивно отличается от стандартного наличием U-образной пластины и резиновых амортизаторов, с помощью которых крепятся составные единицы корпуса к стойке.

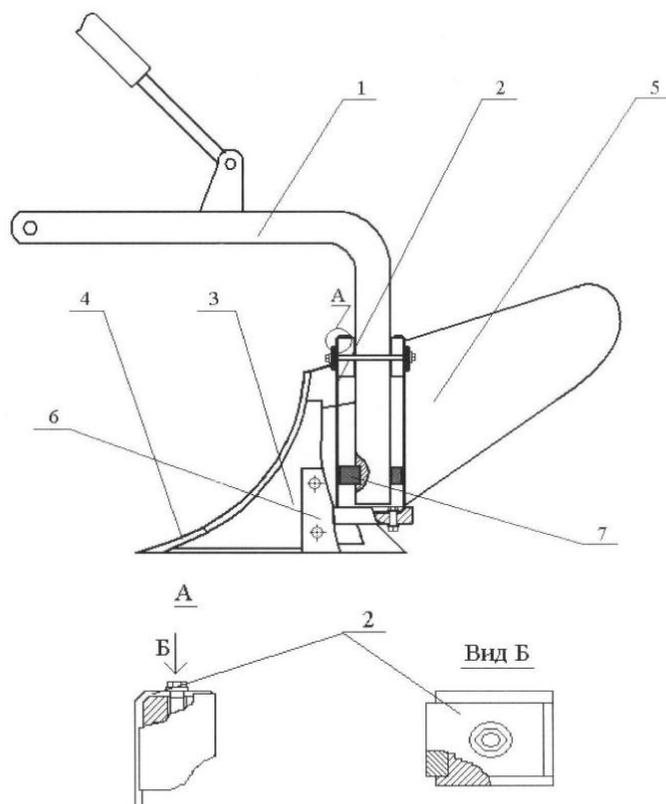


Рисунок 5 – Корпус плуга по патенту №2380874:

- 1 – стойка; 2 – U-образная пластина; 3 – башмак; 4 – лемех; 5 – отвал; 6 – полевая доска; 7 – резиновый амортизатор

Сам процесс работы осуществляется в следующей последовательности. В процессе вспашки плуг опускается в рабочее положение и начинается рабочий ход. В процессе рабочего хода отвальный корпус подрезает пласт почвы, сдвигает его, крошит и оборачивает.

Пласты почвы, подаваемые непрерывным потоком на ЛОП корпуса и обладая различными физико-механическими и прочностными характери-

стиками, начинают воздействовать знакопеременной силовой нагрузкой на лемех 4 и отвал 5, закрепленные на башмаке 3, через который сила передается на U-образные пластины 2, заставляя их колебаться относительно стойки 1. Для ограничения хода U-образных пластин установлены резиновые амортизаторы 7. К недостаткам указанного корпуса следует отнести низкую частоту и амплитуду колебаний корпуса, значительно снижающие эффективность применения вибрации.

В ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ по патенту №2252516 разработана конструктивно-технологическая схема плуга для отвальной вспашки, предусматривающая для снижения тягового сопротивления заменить полностью или хотя бы частично трение скольжение пласта почвы по ЛОП корпуса на трение качения, обладающее меньшими затратами на совершение работы.

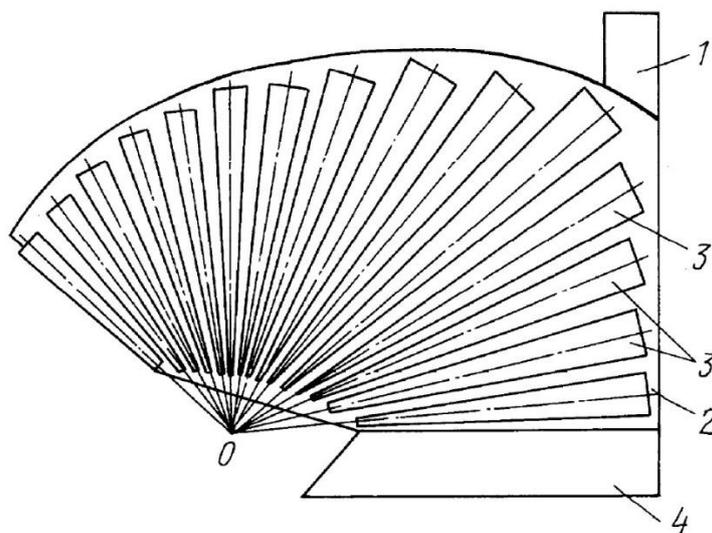


Рисунок 6 – Плуг по патенту №2252516:

1 – стойка; 2 – отвал; 3 – ротационный элемент; 4 – лемех; 5 – полевая доска; 6 – подшипниковый узел

Предложенная конструктивно-технологическая схема плуга для отвальной вспашки (рис. 6) включает в себя лемех 4, отвал 2 и полевую доску 5, установленные на башмаке со стойкой 1. В отвале 2 из общего центра

выполнены конические отверстия, в которые при помощи подшипниковых узлов 6 вставлены ротационные элементы 3.

Работа предложенного плуга от стандартного технологического процесса отличается тем, что в процессе своего перемещения по лемешно-отвальной поверхности пласт почвы не скользит, а в основном перекатывается над ним, что будет снижать величину нормальной реакции и сил терния со стороны пласта на отвал, тем самым снижая тяговое сопротивление. Следует отметить, что в процессе своей работы почва будет попадать между ротационными элементами и коническим отверстиями, что неизбежно приведет к их заклиниванию.

Авторами Кулаевым С.С., Кудзиевым К.Д., Кубаловым М.А. и Царуховым Б.М. по патенту №2667768 предложена схема колебательного корпуса плуга (рис. 7), позволяющего снизить тяговое сопротивление также за счет применения сил вибраций.

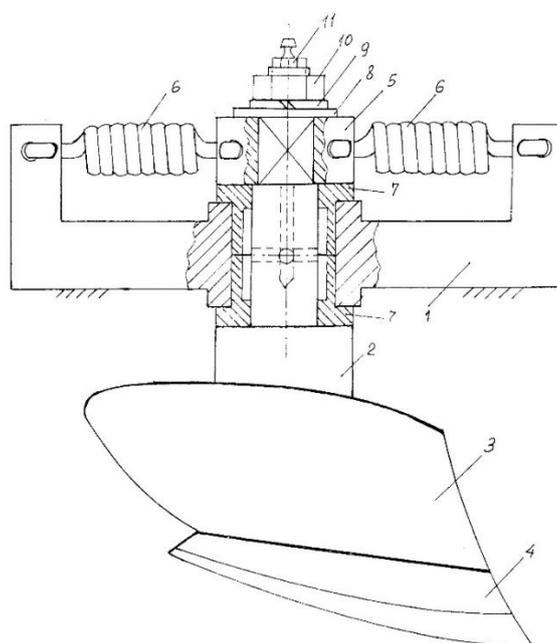


Рисунок 1.17 – Корпус плуга по патенту №2667768:

- 1 – рама; 2 – стойка; 3 – отвал; 4 – лемех; 5 – держатель; 6 – пружина; 7 – вкладыш; 8 – шайба; 9 – пружинная шайба; 10 – гайка; 11 – масленка

В качестве дополнительных элементов стандартного корпуса плуга (рис. 7) авторами указываются о необходимости наличия подпружиненного с двух сторон вкладыша 7, к которому уже непосредственно крепится стойка 2 с лемехом 4 и отвалом 3. Для снижения изнашивания контактных рабочих поверхностей вкладыша 7 и рамы 1 предусмотрен повод смазывающего вещества через масленку 11.

Работа предлагаемого корпуса протекает следующим образом. В процессе рабочего хода почва поступает на отвал, создавая на нем знакопеременные нагрузки и тем самым приводя к вынужденным колебаниям или вибрациям. Для стабилизации процесса вибрации вкладыш подпружинен с двух сторон. Создаваемая вибрация позволяет уменьшать коэффициент трения скольжения почвы по материалу отвала, производить самоочистку поверхности и в комплексе снижать тяговое сопротивление технологического процесса.

В Воронежском ГАУ по патенту №2426290 под руководством В. В. Василенко коллектив авторов для снижения тягового сопротивления при работе отвального корпуса использовать подпружиненный полосовой отвал (рис. 6).

Предложенное техническое решение отличается от прочих в той части, что предлагается использовать тарельчатые пружины, установленные между элементами отвала и башмака, а сам процесс создания и передачи вибрации значительных изменений от уже описанных не имеет. Соответственно предложенная конструктивная схема имеет и те же недостатки, а именно низкую частоту колебаний, значительно снижающие эффективность применения вибрации.

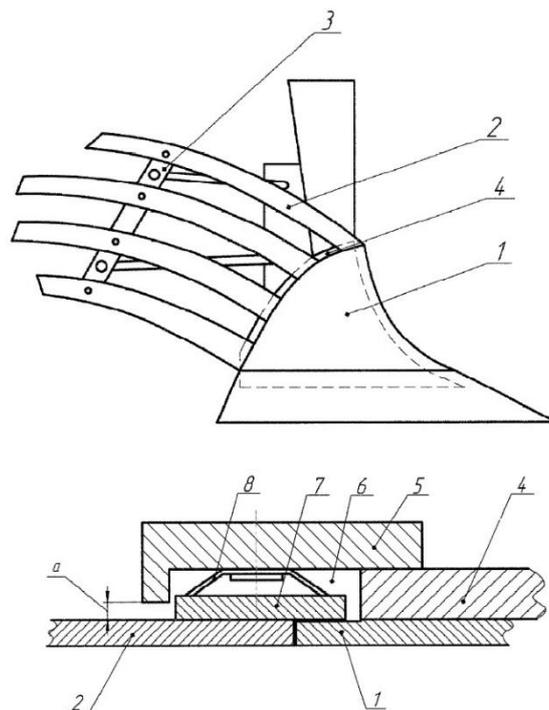


Рисунок 8 – Корпус плуга по патенту №2426290:

1 – грудь отвала; 2 – полоса отвала; 3 – задняя опора; 4 – подложка; 5 – упор; 6 – паз; 7 – ограничитель; 8 – пружина

### **Апробация полученных результатов**

Проведя анализ патентов, направленных на снижение тягового сопротивления отвальных корпусов при работе плуга можно утверждать, что в качестве способа достижения технического результата предлагаются следующие:

- снижение силы трения почвы о рабочие части корпуса плуга за счет использования материалов с более низким коэффициентом трения или использования смазочного материала;

- снижения динамического сопротивления пласта за счет снижения скорости и величины сжатия пласта в процессе его движения по рабочей поверхности корпуса;

- использования дополнительного рабочего органа для предварительной послойной обработки почвы;

- использования вибрации различного происхождения;
- уменьшение силы прилипания почвы к поверхности плуга за счет уменьшения площади их контакта.

### **Выводы**

Проведенный патентный анализ показал, что при проектировании новых типов отвальных корпусов лемешных плугов необходимо добиваться максимально возможного снижения нормального давления и сил трения почвы по рабочей поверхности корпуса, но при этом учитывать требования по безопасности и технической надежности изделия.

### **Список литературы**

1. Камбулов С. И. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых колосовых культур [Текст] / С. И. Камбулов, В. П. Максимов, Ю. А. Царев, Е. М. Зубрилина // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 19-26.
2. Несмиян А. Ю. Технические характеристики и агротехнические показатели работы почвообрабатывающих агрегатов [Текст] / А. Ю. Несмиян // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №6. – С. 58-64.
3. Коновалов, В. И. Кинематический анализ дискового рабочего органа с изменяющимся радиусом кривизны / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, А. Г. Коновалов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 185. – С. 22-34. – DOI 10.21515/1990-4665-185-003. – EDN OULIWX.
4. Коновалов, В. И. Влияние конструктивно-технологических параметров дисковых рабочих органов на высоту гребня дна борозды / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, В. В. Жадько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 184. – С. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.
5. Обоснование конструктивных параметров измельчающего узла / В. И. Коновалов, С. И. Коновалов, В. В. Кравченко, Е. Р. Минаков // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 2(30). – С. 22-28. – DOI 10.31279/2222-9345-2018-7-30-22-28. – EDN ХТТQН.
6. Трубилин, Е. И. Равновесие дисковых борон и луцильников в горизонтальной плоскости / Е. И. Трубилин, К. А. Сохт, В. И. Коновалов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 40. – С. 166-169. – EDN PWZCCD.
7. Konovalov, V. I. Justification of design parameters of a disk working body with a changing radius of curvature / V. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 01014. – DOI 10.1051/e3sconf/202019301014. – EDN СТQРQJ.
8. Konovalov, V. Analytical study of the design parameters of the grinding unit of disk harrows / V. Konovalov, S. Konovalov, V. Igumnova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012086. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012086. – EDN PTSUKR.

9. Papusha, S. K. Interaction of rotary working body of roller type with the object of processing / S. K. Papusha, A. E. Bogus, V. I. Konovalov // MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 сентября 2018 года. Vol. 224. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 05007. – DOI 10.1051/mateconf/201822405007. – EDN XNUMSP.

### References

1. Kambulov S. I. Jenergosberegajushhie tehnologii vozdeystvija zernovykh kolosovykh kul'tur [Tekst] / S. I. Kambulov, V. P. Maksimov, Ju. A. Carev, E. M. Zubrilina // Nauchnaja zhizn'. – 2019. – № 2. – S. 19-26.

2. Nesmijan A. Ju. Tehnicheskie harakteristiki i agrotehnicheskie pokazateli raboty pochvoobrabatyvajushchih agregatov [Tekst] / A. Ju. Nesmijan // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2017. – №6. – S. 58-64.

3. Konovalov, V. I. Kinematičeskij analiz diskovogo rabočego organa s izmenjajushimsja radiusom krivizny / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, A. G. Konovalov // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 185. – S. 22-34. – DOI 10.21515/1990-4665-185-003. – EDN OULIWX.

4. Konovalov, V. I. Vlijanie konstruktivno-tehnologičeskikh parametrov diskovykh rabočih organov na vysotu grebnja dna borozdy / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, V. V. Zhad'ko // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 184. – S. 63-76. – DOI 10.21515/1990-4665-184-008. – EDN ZPNQIC.

5. Obosnovanie konstruktivnykh parametrov izmel'čajushhego uzla / V. I. Konovalov, S. I. Konovalov, V. V. Kravčenko, E. R. Minakov // Vestnik APK Stavropol'ja. – 2018. – № 2(30). – S. 22-28. – DOI 10.31279/2222-9345-2018-7-30-22-28. – EDN XTTOQH.

6. Trubilin, E. I. Ravnovesie diskovykh boron i lushhil'nikov v gorizon-tal'noj ploskosti / E. I. Trubilin, K. A. Soht, V. I. Konovalov // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 40. – S. 166-169. – EDN PWZCCD.

7. Konovalov, V. I. Justification of design parameters of a disk working body with a changing radius of curvature / V. I. Konovalov // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 sentjabrja 2020 goda. – Sevastopol, 2020. – P. 01014. – DOI 10.1051/e3sconf/202019301014. – EDN CTQPQJ.

8. Konovalov, V. Analytical study of the design parameters of the grinding unit of disk harrows / V. Konovalov, S. Konovalov, V. Igumnova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 sentjabrja 2019 goda. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012086. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012086. – EDN PTSUKR.

9. Papusha, S. K. Interaction of rotary working body of roller type with the object of processing / S. K. Papusha, A. E. Bogus, V. I. Konovalov // MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 sentjabrja 2018 goda. Vol. 224. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 05007. – DOI 10.1051/mateconf/201822405007. – EDN XNUMSP.