



МАШИНА ЖАСАУ
МАШИНОСТРОЕНИЕ
MECHANICAL ENGINEERING

DOI 10.51885/1561-4212_2022_4_75
MPHTI 55.57.33

М.В. Дудкин¹, А.В. Вавилов¹, А.И. Ким², Г.А. Гурьянов¹, М. Млынчак³

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²Университет Мирас, г. Шымкент, Казахстан

³Вроцлавский университет науки и технологии, Вроцлав, Польша

¹E-mail: vas_dud@mail.ru

²E-mail: avavilov@yandex.ru

³E-mail: alinakim3107@mail.ru*

⁴E-mail: gguryanov@mail.ru

⁵E-mail: marek.mlynczak@pwr.edu.pl

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ИХ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ

ТҰҚЫМ КЕШЕНДЕРІНІҢ, ОЛАРДЫҢ НЕГІЗГІ БІРЛІГІ ЖӘНЕ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ ДАМУ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫН ТАЛДАУ

ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SEEDING COMPLEXES, THEIR MAIN COMPONENTS AND ASSEMBLIES

Аннотация. Одним из основных направлений совершенствования современных посевных комплексов является увеличение их производительности. Это направление может быть реализовано путем снижения тяговых усилий при работе сошниковой группы. Авторами предлагается решение этой проблемы путем использования принципа виброрезания, и первым шагом дальнейших исследований данной проблемы является построение новой математической модели динамики работы дискового сошника с учетом предложенного решения.

Ключевые слова: посевной комплекс, сеялка, технологический процесс, конструкция, рабочий процесс.

Аңдатпа. Қазіргі егіс кешендерін жетілдірудің негізгі бағыттарының бірі олардың өнімділігін арттыру болып табылады. Бұл бағыт түрен тобының жұмысы кезінде тарту күштерін азайту арқылы іске асырылуы мүмкін. Авторлар бұл мәселені дірілмен кесу принципін қолдану арқылы шешуді ұсынады және бұл мәселені одан әрі зерттеудің бірінші қадамы ұсынылған шешімді ескере отырып, дискілі түрен жұмысының динамикасының жаңа математикалық моделін құру болып табылады.

Түйін сөздер: себу кешені, сепкіш, технологиялық процесс, конструкция, жұмыс процесі.

Abstract. One of the main directions for improving modern sowing complexes is to increase their productivity. This direction can be implemented by reducing the traction forces during the operation of the coulter group. The authors propose a solution to this problem by using the principle of vibration cutting, and the first step in further research of this problem is to build a new mathematical model of the dynamics of the disc coulter, taking into account the proposed solution.

Keywords: sowing complex, seeder, technological process, design, working process.

Введение. Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей экономики

Республики Казахстан (РК), при этом производство растениеводческой продукции является одним из ключевых элементов АПК. Устойчивое производство растениеводческой продукции зависит прежде всего от применяемых технологий и мобильных сельскохозяйственных комплексов, основных средств производства.

Несмотря на большое разнообразие применяемых в РК, как и во всем мире, посевных машин, по компоновке рабочих органов их можно разделить на три основные группы: моноблочные, раздельно-агрегатные и секционные. В первую группу входят сеялки производства стран СНГ типа СЗ-3,6, СЗС-2,1, СЗС-6, СЗС-12 и др. и зарубежные образцы – AMAZONE D9–60, D9–120, GASPARDO MOD M. Недостатками сеялок этой группы являются большая материалоемкость, высокая неравномерность высева при малых нормах и большое тяговое сопротивление. Во вторую группу входят сеялки СЗС-8, СЗС-14, агрегаты ППА-7,2 и СПН-8 производства СНГ и агрегаты зарубежных производителей – GASPARDO PE, VENTA TI, FLEXICOIL, JOHN DEERE 750A, RABE WERK TURBODRILL и др. К их недостаткам можно отнести высокую неравномерность высева при малой норме, высокую степень повреждения семян при транспортировке воздушным потоком, а также вынос влаги из почвы воздушным потоком. Компоновка третьей группы характерна для специальных сеялок.

Все большее распространение в РК находят почвообрабатывающе-посевные агрегаты, которые используются для высева семян зерновых и зернобобовых культур при возделывании их по «минимальной» или «нулевой» технологиям обработки почвы.

Уже достаточно давно в мировой практике обосновали неэффективность плужной обработки почвы и доказали, что мелкая поверхностная обработка эффективнее глубокой вспашки. Урожайность на необработанных плугом полях гораздо выше, чем при плужной обработке. Это обосновано (в том числе, но не только) тем, что оборачивание пласта при вспашке губит микроорганизмы: анаэробы гибнут от избытка кислорода, и наоборот, аэробы – от его недостатка.

Также важно учитывать, что использование нулевой технологии уменьшает механическое воздействие на почву (отрицательное воздействие по целому ряду факторов), так как все рабочие операции (подготовка почвы, посев и т.д.) выполняются при одном проходе трактора (в составе агрегата).

Главная задача, которую обеспечивает современный ПК, – обеспечение посева за минимально возможное время, на необходимую глубину, с минимальными потерями влаги в почве и при минимальном числе технологических операций. С целью снижения суммарных энергозатрат (на почвообработку) и затрат времени на полевые работы одной из тенденций развития ПК является увеличение их мощности и производительности, [1, 2].

Анализ. К достаточно современным ПК на рынке сельхозтехники можно отнести технику российского производства: ППК-12,4 (8,2) Рубцовского машиностроительного завода; ПК-8,5 (9,7; 12,2) ОАО «Агро», г. Кемерово (рис.1); КД-6,2П (Н); ПАВ-6Н (4Н); СКС-3,6 (7,0; 8,6), ОАО «Павловский ремзавод»; СЗП-3,6А-0,2Б и другие.

Среди зарубежных (нероссийских) производителей ПК стоит отметить следующие ведущие компании: RÖTTINGER (Австрия), KVERNELAND (Норвегия), LEMKEN (Германия, рис. 1), HORSCH (Германия), MONOSEM (Франция), KUHN (Франция, рис. 2) John Deere (США, рис. 2) и другие.

Тенденцией развития ПК также является уменьшение глубины обработки почвы, что приводит к снижению удельного тягового сопротивления агрегата. Отсюда и более полная загрузка тракторов: увеличение ширины захвата и возможность создания все более комбинированных агрегатов, выполняющих больше технологических операций за один

проход.



Рисунок 1. Посевной комплекс Кузбасс (слева) и LEMKEN (справа)



Рисунок 2. Посевной комплекс ESPRO 6000 RC от KUNN (слева) и N500 от John Deere

Второе направление (комбинирование/агрегатирование ПК) сегодня имеет наиболее интенсивное развитие. Комбинированные ПК при этом можно условно разделить на три основных группы:

I – полученные модернизацией существующих агрегатов (обычно осуществляется непосредственно агропредприятиями; модернизация заключается в переоснащении существующей техники приспособлениями, позволяющими сеять по необработанной поверхности, например, стерневые сеялки);

II – полученные составлением агрегата из однооперационных машин (наиболее частый способ – применение мостовых сцепок и использование фронтальных навесок);

III – первоначально созданные комбинированные агрегаты (обычно это набор агрегатов, смонтированных на одной раме, позволяющих выполнить весь комплекс посевных операций).

Основные операции комбинированного ПК: подготовка почвы к посеву; посев; внесение удобрений; прикатывание; выравнивание поверхностей.

Почти во всех комбинированных агрегатах (т.е. ПК) происходит совмещение почвообрабатывающих и посевных устройств. Для обработки почвы могут использоваться орудия с пассивными (двух- или трехрядный культиватор с пружинными стойками или

борона с различным набором дисков) и активными органами. Активные органы – почвообрабатывающие фрезы (с вертикальной или горизонтальной осью вращения и с приводом от трактора – карданный вал, муфта и КПП) либо вибрационные зубовые бороны (совершают возвратно-поступательное движение в горизонтальной плоскости). В качестве посевной части ПК обычно используется сеялка с механическим или пневмомеханическим высевным аппаратом.

К достоинствам и недостаткам комбинированных агрегатов можно отнести нижеследующие.

Агрегаты, составленные из однооперационных машин, могут быть использованы как в комплексе всех этих машин, так и по одиночке (т.е. каждая однооперационная машина более полно загружена в течение года). Однако в составе агрегата совокупность зазоров во всех соединениях может приводить (и приводит) к отклонению рабочих органов от заданной траектории, что ухудшает качество посева. Последовательное соединение машин и наличие сцепок повышает длину агрегата и снижает маневренность.

Специализированные ПК более компактны и удобны в работе, у них выше качество посева, но они менее надежны, имеют высокую стоимость как покупки, так и эксплуатации.

Использование активных рабочих органов при почвообработке позволяет улучшить степень рыхления и перемешивания грунта по сравнению с пассивными рабочими органами, но требует дополнительных энергозатрат и снижает ресурс оборудования из-за повышенного износа.

Пневмомеханические системы дозирования семян и удобрений имеют большую, чем у механических неравномерность высева, но при этом просты и позволяют использовать бункер на значительном удалении от сошников.

Таким образом, в числе основных тенденций развития ПК можно назвать следующие:

- 1) модульный принцип компоновки и высокая степень агрегатирования из типизированных блоков;
- 2) совершенствование процесса и механизмов подачи семян, в основном пневмосистемами;
- 3) совершенствование конструкций сошников с целью повышения качества посадки;
- 4) повышение точности дозирования материалов и равномерности глубины их заделки в почву;
- 5) оснащение базовых моделей ПК сменными рабочими органами для зонального земледелия;
- 6) широкое применение математических компьютерных моделей, позволяющих определить рациональные параметры ПК под уникальные условия его эксплуатации;
- 7) увеличение скоростей выполнения всех технологических операций, сокращение времени на заправку посевных агрегатов семенами и т.п.;
- 8) насыщение ПК различными датчиками, обеспечивающими наиболее полный контроль за процессом посева;
- 9) повышение энергоэффективности и эксплуатационных характеристик ПК.

Рассмотрим основные конструктивные особенности современных ПК.

Посевные комплексы делятся (основное деление) на модификации по ширине захвата (в метрах). Например, ПК «Кузбасс» имеет 5 модификаций по ширине захвата: ПК-6,1; ПК-8,5; ПК-9,7; ПК-12,2; ПК-15,8.

ПК стандартно представляет собой пневмосеялку-культиватор, предназначенную как для работ на полях, вспаханных обычным путем, так и для сева по стерне без

предварительной подготовки почвы (нулевая технология).

За один проход ПК выполняются следующие операции (обычно, но не для всех ПК): культивация, протравливание и высев семян, внесение удобрений, боронование, прикатывание, выравнивание почвы.

Технологический процесс посева (рис. 3) с помощью ПК (в самом простом виде) заключается в следующем: компрессор 1 направляет поток воздуха в эжектор 3; высевающие катушки 4 выдают порцию семян и удобрений (из бункеров 2), которые смешиваются в эжекторе с воздухом и под его воздействием направляются через основной семяпровод 5 в распределительную головку 6, где распределяются по семяпроводам 7, поступают в сошники 8 и заделываются в почву с одновременным прикатыванием катками 9. За предпосевную подготовку почвы отвечают дисковые и/или лаповые рабочие органы 10. Данная схема на ПК разных производителей может модифицироваться и комплектоваться дополнительными орудиями.

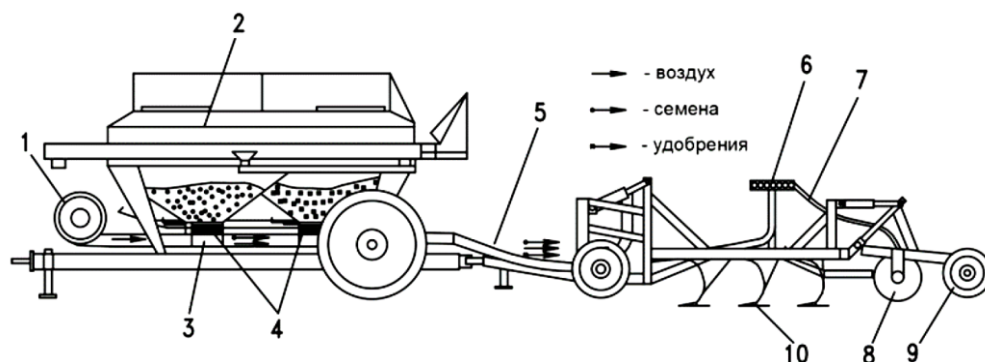


Рисунок 3. Упрощенная схема ПК

Таким образом, ПК (кроме ширины захвата) можно классифицировать: по типу привода вентилятора; по типу привода высевающих аппаратов; по расположению бункеров для семян и удобрений; по расположению рабочих органов для предпосевной подготовки почвы.

По типу привода вентилятора ПК бывают трех типов: гидравлические, от вала отбора мощности трактора и автономные, от двигателей внутреннего сгорания. Вентилятор обеспечивает нагнетание воздуха в семяпроводы, а также создает избыточное давление внутри бункера для лучшего прохождения семян через высевающий аппарат. Частота вращения вентилятора устанавливается в пределах 2800...6000 мин⁻¹ и зависит от диаметра трубопровода и высеваемой культуры.

Привод высевающих аппаратов ПК можно разделить на механический и электрический. Механический привод высевающего аппарата осуществляется от опорного колеса бункера через электромагнитную муфту, которая включает или выключает сцепление с механической системой привода дозирующей системы. Такой привод отличается простотой исполнения и надежностью в эксплуатации. Электрический привод высевающих аппаратов обеспечивает высокую равномерность посева.

ПК по расположению бункера можно разделить на фронтальные навесные, установленные непосредственно на раму почвообрабатывающего орудия и прицепные (рис. 4). Прицепные могут располагаться перед почвообрабатывающим орудием и после него. ПК с фронтальным (навесным) расположением бункера обладают универсальностью,

а также высокой степенью загрузки в течении года. Фронтальное расположение позволяет равномерно распределить нагрузку между осями трактора. Посевные машины с расположением бункера на раме почвообрабатывающего орудия отличаются компактностью и хорошей маневренностью. К недостаткам такого расположения можно отнести изменение давления на рабочие органы по мере уменьшения объема (веса) семян. Прицепные бункеры, расположенные после сошниковой группы, вдавливают колесами высеянные и заделанные семена в почву, в результате чего нарушается глубина посева, что приводит к неравномерной всхожести семян. Бункеры, расположенные перед почвообрабатывающими орудиями, сильно уплотняют почву. Производители оборудования решают эту проблему увеличением глубины обработки рабочими органами, идущими по следу бункера. Основным преимуществом прицепных бункеров является большой объем – до 13000 л, а также возможность разделения бункеров для семян и удобрений.

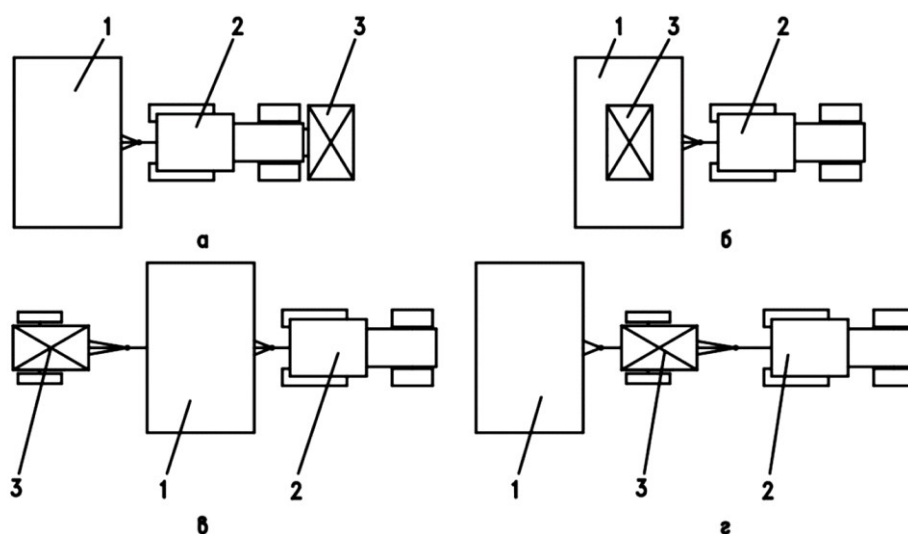


Рисунок 4. Схемы расположения бункера для семян и/или удобрений на ПК: а – фронтальное (навесное) расположение; б – бункер на раме почвообрабатывающего орудия; в – прицепной бункер, сзади; г - прицепной бункер, расположенный перед почвообрабатывающим орудием (1 – почвообрабатывающее орудие; 2 – трактор; 3 – бункер для семян и/или удобрений)

Для посева сельхозкультур на ПК устанавливаются однодисковые (а), двухдисковые (б), лаповые (в) и долотообразные и анкерные сошники (г), рис. 5.

Недостатками дисковых сошников, в зависимости от способа применения и севооборота, может стать проникновение стерни в семенное ложе. Также дисковый сошник требует увеличения расходов на техническое обслуживание и повышает стоимость сеялки. У анкерных и долотовидных сошников есть неоспоримое преимущество – способность перемещать пожнивные остатки и почву с семенного ряда. При этом долотовидный сошник уплотняет посевное ложе борозды, что способствует быстрому прорастанию семян. К недостаткам долотовидных сошников относится недостаточный контроль глубины посева и высокая вероятность нагребания пожнивных остатков. Кроме этого, долотовидные сошники повреждают поверхность почвы, что приводит к потере почвенной влаги. Лаповые сошники вызывает ещё большее повреждение почвы, чем анкерные и долотовидные сошники, и провоцируют забивание пожнивными остатками. Глубина посева часто неравномерная. Лаповый сошник при работе часто выносит глыбы и камни

на поверхность почвы, что вызывает проблемы при уборке сельскохозяйственных культур.



Рисунок 5. Основные типы сошников

Схема расстановки рабочих органов для предпосевной подготовки почвы разнообразна и зависит от технологии подготовки почвы в сельскохозяйственном предприятии, климатической зоны и типа почв. При этом каждый производитель ПК может предложить самые разнообразные схемы установки орудий.

Представленный анализ конструкций современных ПК отечественного и зарубежного производства показывает, что они все похожи по технологическому процессу, оснащены бункерами для семян и удобрений, централизованными высевальными аппаратами, рабочими органами для предпосевной обработки почвы и сошниками. Но вместе с тем посевные машины отличаются объемом бункеров, приводом вентилятора и высевального аппарата, конструкцией и схемой расстановки рабочих органов предпосевного культиватора, типом сошников и другими особенностями устройства. Такое отличие ПК связано с работой на различных агрофонах, в разных климатических зонах и типах почв, зависит от размера и потребностей предприятия, а также (и прежде всего) зависит от практики создания ПК у каждого конкретного производителя.

Однозначно можно сказать, что для нашего региона (ВКО) с его агрофонами наиболее выгодным является применение дисковых сошников, что показала практика эксплуатации современных ПК в ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» (ОХМК; п. Солнечный), одном из ведущих агропредприятий Казахстана.

Учитывая, что для дальнейшего совершенствования ПК необходимо рассмотреть

вопрос возможности увеличения их производительности, прежде всего путем снижения сопротивления рабочей среды на рабочих органах ПК (основное – сошник), проведем краткий анализ способов расчета дискового сошника.

Силы, действующие на плоский диск [3], определяются по схеме, представленной на рис. 6 (сферические диски здесь не рассматриваем).

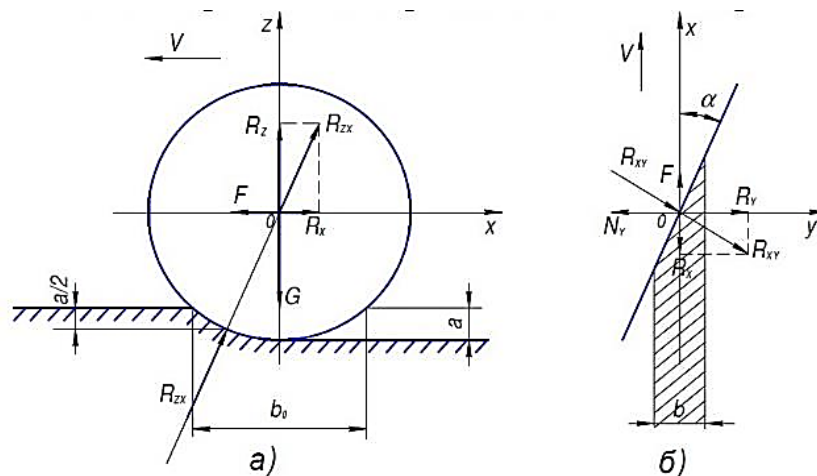


Рисунок 6. Силы, действующие на диск

При движении диск заглубляется в почву до тех пор, пока не наступит равновесие между силой веса орудия (G), из расчета на один диск, и силой сопротивления (реакцией) почвы R_z .

Сила сопротивления R_{zx} приложена примерно на расстоянии $a/2$ от поверхности поля и направлена по нормали к касательной окружности диска в точке приложения силы (по радиусу к центру диска). Экспериментально подтверждено, что

$$R_x = kab,$$

где: k – удельное сопротивление почвы обработке диском, H/m^2 ; a – глубина обработки, м; b – ширина захвата диска, м.

Для удобства расчетов принимают максимальные размеры a и b .

Условия равновесия сил, действующих на диск (условия равновесия диска), имеют вид:

$$G = R_z; \quad F = R_x; \quad N_y = R_y,$$

где: R_z , R_x , R_y – составляющие тягового сопротивления диска по осям координат; N_y – реакция диска по оси y .

Сила R_{xy} приложена в середине ширины захвата диска в точке $b/2$, где b – ширина захвата диска:

$$b = b_0 \sin \alpha .$$

Приведенная модель является наиболее простым описанием динамики работы сошника. В настоящее время имеется достаточно много исследований, которые дополняют эту модель по различным параметрам. Например, имеет большое значение конкретное нахождение в пространстве точки приложения силы R_{zx} [4], так как при увеличении глубины хода сошника значительно увеличивается тяговая составляющая (рис. 7).

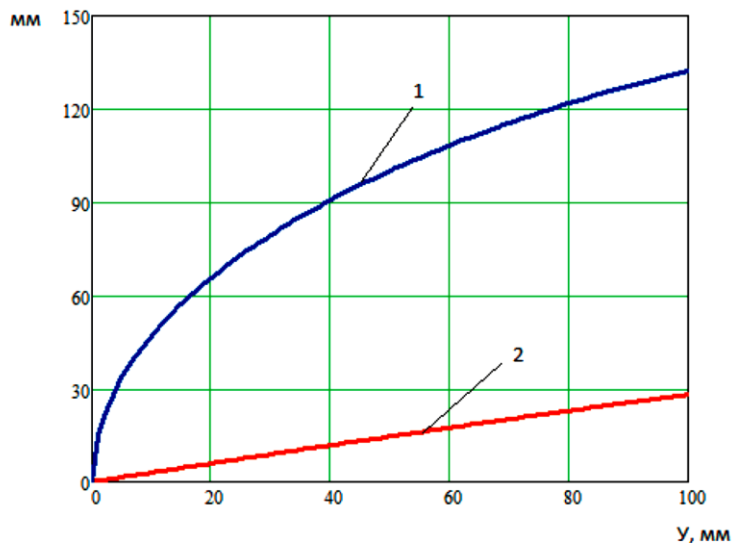


Рисунок 7. Зависимость координат точки приложения сил сопротивления от глубины хода сошника (1 – координата по оси X; 2 – координата по оси Y)

Также угол приложения силы сопротивления значительно меняется [4] в зависимости от глубины хода сошника и его диаметра. Эти и другие параметры по возможности должны учитываться в математической модели работы дискового сошника.

Существует ряд достаточно адекватных математических моделей, описывающих динамику работы дискового сошника. Однако для дальнейших исследований по совершенствованию работы дисковых сошников (проводимыми в настоящее время авторами статьи) требуется построение математической модели, учитывающей ряд дополнительных параметров.

Заключение. Одной из основных целей исследований, проводимых в рамках работ по проекту «Разработка конструкции универсального посевного комплекса с повышенной производительностью для эксплуатации в условиях агропромышленного производства Республики Казахстан» (AP14869252, источник финансирования – МОН РК) является рассмотрение возможности снижения тягового сопротивления в динамике работы сошниковой группы. Согласно проведенному анализу был выявлен ряд недостатков существующих посевных комплексов, которые возможно решить посредством использования принципа виброрезания, который на сегодняшний день не используется в современных посевных устройствах. Использование данного принципа вносит в математическую модель динамики сошника дополнительные параметры – разнонаправленные силы бокового сопротивления (изменяемые по времени) в точке приложения силы сопротивления на дисковом сошнике. Построение данной математической модели является дальнейшим шагом в наших исследованиях.

References

1. Беляев В.И., Карпов Н.Ф. Современные тенденции развития конструкций почвообрабатывающей и посевной техники // Вестник АлГАУ. – 2004. – № 2. – С. 132-134.
2. Булавинцев Р.А., Волженцев А.В. Анализ конструкций посевных комплексов // Агротехника и энергообеспечение. 92. – 2021. – № 1 (30). – С. 90-98.

3. Бледных В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий: учеб. пособие. – ЧГАА. Челябинск, 2010. – 204 с.
4. Киргинцев Б.О., Кокошин С.Н. Математическая модель взаимодействия сошника с почвой // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5 (67). – С. 122-125.
5. Аббасов З.М. и др. Теоретический анализ высева гранулированных минеральных удобрений // Аграрная наука. – 2010. – № 6. – С.27-30.
6. Жазыкбаева Ж. М. Пути совершенствования конструкций зерновых сеялок для посева по стерне // Современные тенденции техн. наук: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2013 г.). – Уфа: Лето, 2013. – С. 39-41. – <https://moluch.ru/conf/tech/archive/74/3786>.
7. Комплекс машин для ресурсосберегающей противозасушливой технологии производства продукции растениеводства / А.И.Беляев и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 9. – С. 52-55.
8. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / В.А. Воробьев, В.В. Калинин и др.; Под ред. В.А. Воробьева. – М.: Колос, 2004. – 560 с.
9. Механизация, автоматизация и электрификация сельскохозяйственного производства [Электронный учебник]: учебно-метод. пособие / сост. М. М. Мезенцев. – РИО ГАГУ, 2010. – 191 с.
10. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве: учеб. пособие / Гусаков Ф.А. и др. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 416 с.
11. Карипов Р.Х., Жумагулов И.И. Земледелие: Учебник. – Астана: Издательство КАТУ им. С. Сейфуллина, 2016. – 275 с.
12. Иванников А.В., Шрамко Н.В., Мукажанов К.М. Земледелие Северного Казахстана: учеб. пособие / под ред. доц. Иванникова А.В. – Астана: издательство Аграрного университета, 2004. – 296 с.
13. Руденко В. Н., Кулаев Е. В., Руденко Н. Е. Механизация растениеводства. – АГРУС, 2014. – 237 с.
14. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / В.А. Воробьев, В.В. Калинин и др.; Под ред. В.А. Воробьева. – М.: Колос, 2004. – 560 с.
15. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве: учеб. пособие / Гусаков Ф.А. и др. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 416 с.

References

1. Belyaev V.I., Karpov N.F. Sovremennye tendencii razvitiya konstrukcij pochvoobrabatyvayushchej i posevnoj tekhniki // Vestnik AIGAU. – 2004. – № 2. – S. 132-134.
2. Bulavincev R.A., Volzhencev A.V. Analiz konstrukcij posevnyh kompleksov // Agrotekhnika i energoobespechenie. 92. – 2021. – № 1 (30). – S. 90-98.
3. Blednyh V.V. Ustrojstvo, raschet i proektirovanie pochvoobrabatyvayushchih orudij: Ucheb. posobie / CHGAA. – CHelyabinsk, 2010. – 204 s.
4. Kirgincev B.O., Kokoshin S.N. Matematicheskaya model' vzaimodejstviya soshnika s pochvoj // Izvestiya orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 5 (67). – S. 122-125.
5. Abbasov Z.M. i dr. Teoreticheskij analiz vyseva granulirovannyh mineral'nyh udobrenij // Agrarnaya nauka. – 2010. – № 6. – S. 27-30.
6. Zhazykbaeva ZH. M. Puti sovershenstvovaniya konstrukcij zernovyh seyalok dlya poseva po sterne // Sovremennye tendencii tekhn. nauk: Materialy II Mezhdunar. nauch. konf. (g.Ufa, maj 2013 g.). – Ufa: Lето, 2013. – S. 39-41. – <https://moluch.ru/conf/tech/archive/74/3786>.
7. Kompleks mashin dlya resursosberegayushchej protivozasushlivoj tekhnologii proizvodstva produkcii rastenievodstva / A.I.Belyaev i dr. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2010. – № 9. – S. 52-55.
8. Mekhanizaciya i avtomatizaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / V.A. Vorob'yov, V.V. Kalinnikov i dr.; Pod redakciej V.A. Vorob'yova. – M.: Kolos, 2004. – 560 s.
9. Mekhanizaciya, avtomatizaciya i elektrifikaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Elektronnyj uchebnyk]: uchebno-metod. posobie / sost. M. M. Mezencev. – RIO GAGU, 2010. – 191 s.
10. Organizaciya i tekhnologiya mekhanizirovannyh rabot v rastenievodstve: ucheb. posobie / Gusakov F.A. i dr. – 3-e izd., ster. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2007. – 416 s.
11. Karipov R.H., ZHumagulov I.I. Zemledelie: Uchebnyk. – Astana: Izdatel'stvo KATU im.S.Sejfullina, 2016. – 275 s.
12. Ivannikov A.V., SHramko N.V., Mukazhanov K.M. Zemledelie Severnogo Kazahstana: Uchebnoe

- posobie / pod red. doc. Ivannikova A.V. – Astana: izdatel'stvo Agrarnogo universiteta, 2004. – 296 s.
13. Rudenko V. N., Kulaev E. V., Rudenko N. E. Mekhanizaciya rastenievodstva. – AGRUS, 2014. – 237 s.
14. Mekhanizaciya i avtomatizaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / V.A. Vorob'yov, V.V. Kalinnikov i dr.; Pod redakciej V.A. Vorob'yova. – M.: Kolos, 2004. – 560 s.
15. Organizaciya i tekhnologiya mekhanizirovannyh rabot v rastenievodstve: ucheb. posobie / Gusakov F.A. i dr. – 3-e izd., ster. – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2007. – 416 s.