

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»**

На правах рукописи

Покусаев Пётр Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ РАЗРАБОТКОЙ И ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ
ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ**

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса (технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук,

старший научный сотрудник

Соколов Николай Михайлович

Саратов - 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ..	10
1.1. Анализ применяемых технологий и технических средств, на полях подверженных процессам эрозии.....	10
1.1.1 Отвальная обработка почвы и технические средства, применяемые на склоновых землях.....	10
1.1.2 Применяемые технические средства при отвальной технологии обработки почвы.....	20
1.2. Особенность применения ресурсосберегающих обработок почвы на склонах.....	28
1.3. Выводы. Цель и задачи исследования.....	33
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ОРУДИЕМ С РАЗРАБОТАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ.....	35
2.1. Разработка ресурсосберегающего процесса обработки почвы на склонах.....	35
2.2 Разработка конструктивно-технологической схемы и рабочих органов орудия, снижающих водную и технологическую эрозию.....	41
2.3 Обоснование оптимальной схемы расположения экспериментальных рабочих органов.....	44
2.4 Теоретический анализ процесса создания противоэрозионных элементов при основной обработке почвы.....	46
2.5 Влияние параметров лемешных рабочих органов на создание противоэрозионных элементов.....	51
2.6 Исследование энергоемкости разработанных рабочих органов орудия для противоэрозионной обработки.....	58
2.7 Выводы по главе.....	64
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	65
3.1. Программа выполнения экспериментальных исследований.....	65
3.2. Методика определения основных физико-механических свойств почвы и состояния поверхности обрабатываемых участков при проведении исследований.....	66
3.2.1. Методика определения плотности и влажности почвы.....	66

3.2.2. Методика определения твердости почвы, массы и высоты пожнивных остатков.....	68
3.2.3. Методика определения коэффициентов внутреннего трения и трения скольжения по стальной поверхности создаваемых противоэрозионных элементов.....	68
3.3 Технические средства, применяемые при проведении экспериментальных исследований.....	70
3.4 Методика определения параметров разработанных рабочих органов, используемых в противоэрозионном оружии.....	73
3.4.1 Методика определения основных агротехнических и эксплуатационно-технологических параметров.....	74
3.4.2 Методика определения основных технологических параметров создаваемых противоэрозионных элементов.....	75
3.5 Методика определения потерь почвенных и водных ресурсов.....	77
3.6. Методика определения тяговых характеристик экспериментального оружия.....	78
3.7. Определение эффективности применения экспериментального оружия.....	78
3.8. Выводы по главе.....	79
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	80
4.1 Исследование физико-механических свойств элементов противоэрозионного микрорельефа.....	80
4.2. Лабораторно-полевые исследования противоэрозионного почвообрабатывающего оружия.....	83
4.2.1 Зависимость процесса создания противоэрозионных элементов от угла крошения подрезающего лемеха и влажности пахотного слоя.....	83
4.2.2 Влияние угла крошения подрезающего лемеха и глубины срезания верхнего слоя почвы на параметры противоэрозионных элементов.....	85
4.2.3 Влияние формы отвальной поверхности лемешного рабочего органа и поступательной скорости почвообрабатывающего оружия на параметры создаваемых элементов микрорельефа.....	87
4.2.4 Влияние угла установки (атаки) лемешных рабочих органов и угла поперечного уклона обрабатываемого участка на величину смещения срезаемого почвенного слоя.....	89
4.2.5 Исследование профиля поверхности пашни и дна борозды, образуемых после прохода экспериментального оружия.....	90
4.2.6 Влияние поступательной скорости движения экспериментального противоэрозионного оружия на его тяговое сопротивление.....	93

4.2.7 Исследование основных агротехнических показателей работы экспериментального почвообрабатывающего орудия.....	94
4.3 Агроэкологические исследования используемых вариантов основной обработки почвы.....	97
4.4. Влияние способов противоэрозионной обработки почвы на урожайность полевых культур.....	102
4.5 Выводы по главе.....	104
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	105
5.1 Испытание экспериментального орудия с разработанными рабочими органами в условиях производства.....	105
5.2. Техничко-экономическая эффективность применения экспериментального почвообрабатывающего орудия.....	107
5.2.1. Экономическая эффективность от использования экспериментального орудия по приведенным затратам.....	108
5.2.2 Экономическая эффективность экспериментального орудия, полученная от повышения урожайности зерновых культур.....	111
5.2.3 Экономическая эффективность экспериментального орудия, полученная от снижения потерь плодородной почвы при эрозии.....	111
5.2.4. Годовая экономическая эффективность от использования экспериментального орудия.....	112
5.3 Выводы по главе.....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	114
Список литературы.....	116
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	131

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что в большинстве регионов Поволжья значительные площади обрабатываемых земель расположены на склонах, то на таких землях ежегодно теряется большое количество почвенных и водных ресурсов в виде неконтролируемого поверхностного стока воды, вызывающего потери плодородной почвы [44, 49, 52, 94, 123, 140, 144]. В склоновых агроландшафтах, кроме водной эрозии, значительный ущерб наносит технологическая (механическая) эрозия, которая возникает при любых механических обработках, от воздействия рабочих органов применяемых технических средств на почву [14, 80, 82, 102]. При механических обработках, от действия водной и технологической эрозии, верхний плодородный почвенный слой постоянно сталкивается в нижнюю часть склона, к его основанию. В результате чего, величина гумусного слоя в верхних ярусах обрабатываемых склонов неуклонно снижается, а в нижней части образуются глубокие промоины, затрудняющие дальнейшую работу сельскохозяйственных агрегатов. В итоге, значительные потери атмосферных осадков и плодородия почвы, приводят к снижению продуктивности полевых культур до 40 и более процентов [2, 10, 37, 71].

Приспособления к орудиям для отвальной и безотвальной обработки почвы, используемые в производстве, способны частично снижать процесс только водной эрозии. При этом, основным недостатком отвальных обработок почвы на склонах является нарушение структуры почвенного слоя, приводящее к перемешиванию верхнего слоя с нижним подпахотным горизонтом. Кроме этого, образуемая рыхлая, не защищенная растительными остатками, поверхность пашни легко размывается потоками воды [5, 7, 45, 74, 142].

Безотвальные обработки с сохранением на поверхности пашни стерневых остатков увеличивают накопление снега, сокращают смыв плодородной почвы, но более плотное сложение пахотного слоя на таких обработках приводит к значительным потерям воды во время снеготаяния. Кроме этого, высокая отражающая способность стерневых остатков замедляет прогревание

почвы, что приводит к снижению содержания нитратного азота в корнеобитаемом слое. Это является причиной, приводящей к снижению урожайности возделываемых культур [25, 45, 106, 111].

Сложившаяся ситуация показывает, что противоэрозионные приемы обработки почвы, применяемые на склоновых полях и технические средства для их выполнения, не отвечают положениям агротехнических требований в части защиты от процессов эрозии.

Поэтому результаты, направленные на совершенствование процесса обработки почвы на склонах и разработки противоэрозионного орудия, снижающего водную и технологическую эрозию, за счет создания противоэрозионных элементов из срезанного и смещенного верхнего почвенного слоя со стерневыми остатками, являются актуальными и могут иметь экономическое значение.

Объект исследования – процесс основной обработки почвы, выполняемый рабочими органами почвообрабатывающего орудия, создающего на обработанной склоновой поверхности противоэрозионные элементы.

Предмет исследования – конструктивные и технологические параметры разработанных рабочих органов орудия и создаваемых противоэрозионных элементов, агротехническая, агроэкологическая и технико-экономическая оценка противоэрозионного орудия.

Научная новизна работы:

- разработка структурной схемы факторов, влияющих на процесс водной и технологической эрозии и созданной на основе их анализа новой конструктивной схемы орудия, с лемешными рабочими органами, создающими на поверхности противоэрозионный микрорельеф;

- исследование влияния конструктивных параметров лемешных органов орудия на технологические характеристики создаваемых противоэрозионных элементов, энергетические показатели применяемых в орудии рабочих органов и возможность их использования при обработке склоновых полей;

- экспериментальное определение оптимальных рабочих параметров лемешных органов орудия и создаваемого ими противоэрозионного микрорельефа, оказывающих влияние на снижение эрозионных процессов.

Конструкция противоэрозионного орудия, защищена патентом РФ на изобретение №2728129 (приложение А) [92].

Теоретическая и практическая значимость работы:

Проведенные научные исследования позволили разработать ресурсосберегающий процесс обработки почвы и противоэрозионное орудие, снижающее потери почвенных и водных ресурсов на склоновых полях, в результате снижения поверхностного стока воды и потерь почвы;

Полученные теоретические зависимости позволяют определить конструктивные параметры и энергетические показатели, используемых в противоэрозионном орудии рабочих органов, при обработке земель, подверженных водной и технологической эрозии;

Ресурсосберегающая обработка почвы и почвообрабатывающее орудие к тракторам тягового класса 30...40 кН, в агрегате с трактором МТЗ – 1523, прошли производственную проверку в ОС «Аркадакская», Аркадакского района Саратовской области на основной обработке почвы.

Полученные результаты исследований рекомендуются организациям занимающимся проектированием и изготовлением противоэрозионной почвообрабатывающей техники.

Методология и методы исследования:

Методология проводимых исследований основана на системном подходе раскрывающим взаимосвязь конструктивных и технологических параметров почвообрабатывающего орудия с технологической средой. Теоретическое обоснование параметров рабочих органов и процесса создания противоэрозионных элементов проводилось на основе математического анализа и известных законов механики. При проведении исследований руководствовались действующими ГОСТами и разработанными на их основе частными методиками, приборами и установками. Полученные результаты обрабатывались на

ПЭВМ с использованием стандартных программ MS Excel 2007 и MathCad [30-35, 41, 53, 64, 86].

Положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованный технологический процесс обработки почвы на склоновых полях, выполняемый противозрозионным орудием с разработанными рабочими органами, снижающими водную и технологическую эрозию;
- аналитические выражения, определяющие функциональную зависимость технологических размеров создаваемого противозрозионного микро рельефа от конструктивных и режимных параметров рабочих органов, выражения для определения основных параметров рабочих органов орудия и его тягового сопротивления;
- экспериментальные зависимости, определяющие оптимальные конструктивные и режимные параметры рабочих органов противозрозионного орудия при его использовании на различных агрофонах;
- показатели агротехнической, агроэкологической и технико-экономической эффективности работы экспериментального орудия.

Апробация работы:

Основные результаты исследований, изложенные в диссертационной работе доложены и одобрены на конференциях: на 3-й Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов с международным участием «Экология, ресурсосбережение и адаптивная селекция (посвящается 145-летию со дня рождения Дояренко А.Г.)» (Саратов, 2019 г.); в ФГБОУ ВО Вавиловский университет: XXXV Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (Саратов, 2022, 2024 гг.); Международной научно-технической конференции имени А.Ф. Ульянова «Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса» (Саратов, 2023 г.). XVIII Международной научно-практической конференции. ФГБНУ

«Курский ФАНЦ» «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия» (Курск, 2023 г.). На расширенном заседании отдела механизации ФГБНУ ФАНЦ «Юго-Востока» (Саратов, 2025 г.).

Публикации: Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных работах, из которых 5 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, получен патент РФ на изобретение. Общий объём публикаций составляет 4,8 п. л., из которых 1,4 п. л., принадлежит лично соискателю.

Структура и объем диссертации:

Диссертационная работа состоит из введения и 5 глав, заключения, списка литературы из 144 наименований. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, включает 9 таблиц, 45 рисунков и приложения.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ применяемых технологий и технических средств, на полях, подверженных процессам эрозии

В настоящее время возделывание сельскохозяйственных культур в зонах, подверженных процессам эрозии, осуществляется по двум основным технологиям –отвальной или безотвальной. Основной задачей обеих применяемых технологий является создание оптимальной структуры обработанного слоя почвы, его защиты от ветровой и водной эрозии и создания необходимых условий для лучшего накопления атмосферных осадков и питательных элементов в корнеобитаемом слое.

1.1.1 Применяемые технические средства при отвальной технологии обработки почвы

В засушливых условиях среднего Поволжья запасы почвенной влаги являются основным фактором, для получения гарантированного урожая полевых культур. Результаты многочисленных исследований отмечают, что для получения стабильного урожая яровых культур в засушливые годы, к моменту их посева, необходимо иметь в метровом почвенном слое не менее 140 мм продуктивной влаги. В связи с этим исследования многих ученых посвящены изучению различных способов обработки почвы и технических средств для их выполнения, которые обеспечивают максимальное накопление и сохранение осадков. Для реализации этой задачи наилучшие показатели имеет наиболее распространенная отвальная обработка, выполняемая плугами ПЛН-5-35, ПЛП-6-35, ПЛН-8-40, ППО-8-40К [3, 9, 43, 75].

Главной задачей основной отвальной обработки почвы является полная заделка стерневых остатков и внесенных органических и минеральных удоб-

рений в обработанный пласт и получение слитной мелкокомковатой поверхности пашни. В условиях равнинного земледелия отвальные обработки улучшают структуру почвы, а также питательный и водно-воздушный режим. Кроме этого, своевременно проведенная вспашка позволяет эффективно бороться с сорняками, болезнями и вредителями [4, 10, 56, 63, 67].

Для выполнения агротехнических требований в производстве применяются плуги с корпусами оснащенными отвалами различной конструкции: культурными, полувинтовыми, винтовыми и пластинчатыми [29 58,70, 81, 113].

Корпуса с отвалами культурного типа применяют для обработки старопахотных почв. Они обеспечивают хорошее крошение почвенного пласта и удовлетворительно заделывают пожнивные остатки. Для лучшего оборота верхнего слоя почвы и гарантированной заделки пожнивных остатков и удобрений на плугах с корпусами культурного типа устанавливают предплужники.

Корпуса с полувинтовой формой отвалов производят качественный оборот подрезанного пласта с частичным его крошением, поэтому их применяют для обработки полей с задернелым верхним слоем и большим количеством травянистой растительности.

Корпуса с винтовой формой отвалов производят полный оборот почвенного пласта, поэтому их применяют для обработки целинных земель и участков после многолетних трав.

Корпуса с пластинчатой формой отвалов (рисунок 1.1.) используют на всех типах почв. Они обеспечивают более качественное крошение почвы, а за счет уменьшения площади поверхности отвала снижается сила трения скольжения почвенного пласта по пластинам отвала. По результатам исследований, тяговое сопротивление таких рабочих органов может снижаться до 20% [113].



Рисунок 1.1 – Общий вид корпуса плуга с пластинчатым отвалом

Ширина захвата перечисленных конструкций корпусов, устанавливаемых как на отечественных, так и на зарубежных плугах может изменяться от 35 до 60 см.

Увеличение рабочей ширины захвата корпусов на плугах ПБС-8 (рисунок 1.2) до 40...60 см обеспечивает снижение габаритов орудий и их тяговое сопротивление, но при этом снижается качество крошения обработанного слоя.



Рисунок 1.2 – Общий вид плуга ПБС-8 к тракторам тягового класса 50 кН

Анализируя вышеприведенные конструкции рабочих органов плугов видно, что все они образуют выровненную поверхность пашни с полной за-

делкой растительных остатков. Такие обработки будут эффективно уничтожать сорняки, обеспечивать оптимальную плотность почвы в обработанном слое, повышать водопроницаемость пахотного слоя. Но в следствии того, что поверхность пашни после применения отвальных рабочих органов будет имеет выровненную, разрыхленную не защищенную растительными остатками поверхность, они будут легко размываться потоками воды. Поэтому использование отвальных обработок будет наиболее эффективным на выровненных равнинных полях, не подверженных водной и технологической эрозии.

Для увеличения глубины вспаханного слоя, на склоновых полях с небольшим гумусным горизонтом, на плугах устанавливают почвоуглубители с прямой, наклонной или криволинейной стойками (рисунок 1.3). Такая конструкция рабочих органов позволяет проводить двухъярусную отвально-безотвальную обработку почвы. При этом верхний 15... 20 см слой обрабатывается с оборотом почвенного пласта, а нижний горизонт до 30...35 см рыхлится безотвально. Это позволяет снизить тяговое сопротивление орудий до 15% и улучшить водопроницаемость подпахотного слоя, за счет разрушения плужной подошвы и снижения внутрипочвенного стока воды [13, 88, 118]. Недостатками данного способа обработки является то, что поверхность пашни после прохода орудий с двухъярусными рабочими органами также получается выровненная, с полностью заделанными в почву пожнивными остатками. В связи с этим, не защищенный пахотный слой будет легко разрушаться потоками стекающей по склонам воды, образуя промоины. Так же данный прием основной обработки не способен снизить технологическую эрозию, возникающую со стороны рабочих органов, сдвигающих обрабатываемый пласт почвы вниз по склону.

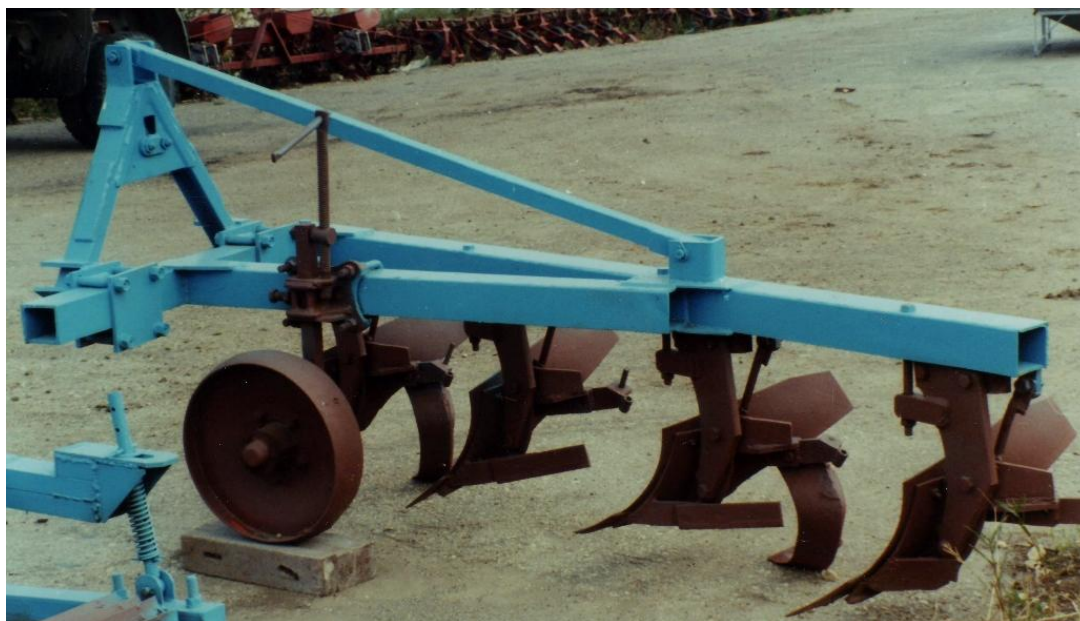


Рисунок 1.3 – Общий вид плуга с почвоуглубителями криволинейной формы ПР-4-25

Для повышения влагозарядки пашни и повышения противоэрозионной защищенности склоновых полей используются различные приспособления, устанавливаемые на раму плугов и рабочие органы с укороченными [21] или удлиненными отвалами (рисунок 1.4.). Обвалование зяби на склонах выполняют установкой на предпоследнем корпусе плуга отвала с удлиненной поверхностью КВ-1. Это обеспечивает во время работы создание земляных гребней с шириной основания 40...50 см и высотой до 25 см [66, 123, 127]. Данная обработка почвы позволяет на выровненных склонах сократить поверхностный сток талой воды и эрозию [123, 125]. На практике, на склонах со сложным выпукло-вогнутым рельефом, создаваемые земляные валики способны лишь частично снизить поверхностный сток. При значительной концентрации воды перед образованными валиками, наблюдается перелив воды через их поверхность в направлении господствующего уклона. В результате, за счет размыва подряд нескольких противоэрозионных валиков, происходит лавинообразное нарастание величины водных потоков. В итоге, на таких обработках, потери плодородной почвы могут быть значительно больше, чем на обычной отвальной обработке [49, 131, 140].

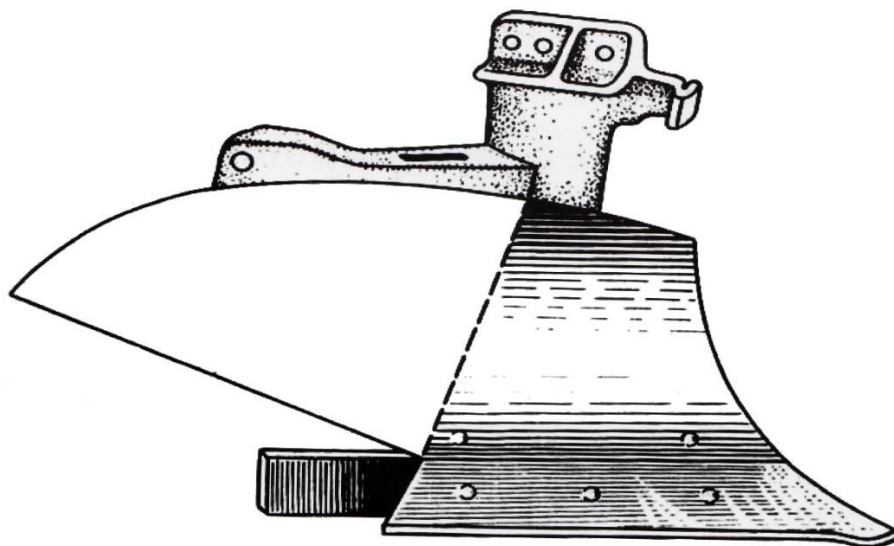


Рисунок 1.4 – Корпус плуга с укороченным отвалом для выполнения ступенчатой вспашки

С целью повышения эффективности противоэрозионной обработки почвы на склоновых полях, имеющих сложный рельеф, применяют различные приспособления для образования на пашне водоемкого микрорельефа. Для этого на раме плугов устанавливают приспособления ПРНТ-6000, ПРНТ-7000, ПРНТ-8000 с различными техническими характеристиками (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Техническая характеристика противоэрозионных приспособлений серии ПРНТ

Показатель	Ед. измерения	Наименование орудий	
		ПРНТ-7000	ПРНТ-9000
Производительность	га/ч	0,6...0,9	1
Рабочая скорость	км/ч	до 7	до 7
Размеры лунок:	см	109/46/20	119/49/15
Расстояние между лунками	м	1,4	0,4
Общий объем лунок микрорельефа	м ³ /га	234	270
Габаритные размеры приспособлений	мм	3485/2400/1670	3100/2820/1590
Масса	кг	425	340

Использование данных приспособлений позволяет на обработанной поверхности создавать изолированные друг от друга лунки или борозды с перемычками, внутренний объем которых может достигать до 250...300 м³. Недостатками таких обработок является то, что в острозасушливые годы поделка такого микрорельефа будет затруднена, в следствии образования на поверхности пашни крупных почвенных глыб. Кроме этого, во время затяжных зимних оттепелях, образованный микрорельеф заполняется водой, а после возврата отрицательных температур, большим количеством льда. В итоге на каждом гектаре пашни может находиться свыше 200 тонн льда, наличие которого будет увеличивать потери талой воды во время снеготаяния и затягивать работы в ранневесенний период [11, 49, 50, 131, 136]. В связи с этим использование таких приспособлений можно считать эффективным только в регионах с теплым климатом.

В Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии проводились исследования по выявлению основных факторов, влияющих на процесс технологической эрозии на участках, обработанных отвальными корпусами плугов с различными конструктивными параметрами [80]. Опыты проводились на склонах от 3° до 9°, при этом изучалось влияние поступательной скорости движения плуга, угла установки лезвия лемеха к направлению движения агрегата и направление движения плуга. В случае, когда обрабатываемый пласт почвы перемещался вверх по склону, угол склона принимал отрицательные значения, а когда пласт почвы отбрасывался вниз по склону, то угол склона принимал положительные значения.

Результаты исследований показали, что на склоне 3° при движении плуга поперек склона со скоростью 9,6 км/ч и установке лезвия лемеха к боковой стенке борозды на угол равный 38°, перемещение почвы вверх по склону происходит на 15,3 см, а вниз по склону при тех же параметрах на 82 см. На склоне 9° данные значения увеличиваются соответственно до 59 и 127,3 см.

Для снижения технологической эрозии на склоновых полях, авторами рекомендуется менять направление движения пахотных агрегатов. В зависимости от величины склона количество обработок, с отбрасыванием почвы вверх по склону, может изменяться от двух до четырех. После чего проводят одну обработку с отбрасыванием почвы вниз по склону [80]. Данные рекомендации могут дать положительный результат, при обработке полей, где толщина плодородного слоя превышает 20 см. На участках со смытым почвенным слоем, рекомендуемые отвальные обработки приведут к перемещению нижнего подпахотного слоя на поверхность пашни.

Применяемые для отвальной обработки оборотные плуги отечественного и зарубежного производства, с право и левосторонними отвальными рабочими органами, позволяют при обработках склонов отбрасывать почвенный пласт постоянно в одном направлении (рисунок 1.5.).



Рисунок 1.5 – Общий вид оборотного плуга для гладкой, отвальной обработки почвы к трактору 50 кН

Данные рабочие органы, в определенных условиях, могут снижать технологическую эрозию. Но использование оборотных плугов на склоновых землях ограничено в следствии того, что на таких полях толщина плодородного слоя может быть менее 20 см. При этом устойчивая качественная обработка почвы оборотными плугами отмечается при глубине от 18 до 35 см. В

итоге применение таких рабочих органов, на полях с небольшим гумусным горизонтом, также приведет к перемешиванию верхнего почвенного слоя с нижним менее плодородным слоем. Кроме этого, при таких обработках получается выровненная не защищенная пожнивными остатками рыхлая поверхность пашни, которая подвержена неконтролируемому размыву талой и ливневой водой. [38, 42, 45, 129, 140, 142].

С целью сокращения потерь почвенных и водных ресурсов широко используют различные наполнители или пожнивные остатки от предшествующих полевых культур.

При обработке почвы почвообрабатывающие орудия образуют открытую полость в виде щели, в которую подают измельченную солому. Перемещение измельченной растительной массы, в образованную щель, может осуществляться различными швырялками или воздушным потоком

Аналогичная почвозащитная технология разработана в институте защиты почв от эрозии ВНИИЗиЗПЭ, основным отличием данной обработки является то, что во время уборки валок, состоящий из соломы убираемой культуры, укладывается на поверхности поля. Во время обработки почвы, эта соломенная масса, перемещается в открытую борозду и уплотняется [1, 90]. Этот прием основной обработки почвы можно считать эффективным, как и предыдущие, только для снижения водной эрозии. К его недостаткам можно отнести высокую энергозатратность и неспособность снижения технологической эрозии, которая возникает от воздействия стоек почвоуглубителей при нарезании щелей.

В НИИСХ Юго-Востока разработана почвозащитная технология и техническое средство для отвальной противозрозионной обработки. Главная особенность которой заключается в том, что на поверхности поля из подрезанного слоя почвы со стерней, формируют гребне-стерневые кулисы. Благодаря тому, что в создаваемых кулисах пожнивные остатки полевых культур имеют высокую концентрацию, повышается их водопроницаемость и механическая проч-

ность [92, 94, 113]. В итоге стекающие по склону потоки воды, за счет пористой структуры кулис, интенсивнее впитываются в обработанный и нижележащий горизонт почвы. В случаях быстрого нарастания потоков воды происходит ее задержание перед кулисами, выполняющими роль своеобразных заграждений. За счет наличия в них значительного количества стерни, при переливе воды через верхнее основание противоэрозионных кулис, происходит их размыв на небольших участках, не превышающих 20...30 см.

Технологический процесс отвальной обработки с созданием стерневых кулис выполняется плугом ПЛН-5-35, на раме которого установлено специальное приспособление с дисковыми рабочими органами (рисунок 1.6.). Плоские диски на продольных лонжеронах рамы плуга, установлены со смещением и под углом атаки 40° к направлению движения. Дисковые органы закреплены на подпружиненных поводках и имеют возможность копирования рельефа поля. Глубина подрезания почвы со стерней регулируется упорным болтом, установленным в верхней части каждого поводка. [97, 115, 129, 118, 119, 127].



Рисунок 1.6 – Общий вид плуга ПЛН-5-35 с приспособлением для гребне-кулисной обработки почвы

Работа плуга ПЛН-5-35 протекает следующим образом. Отвальные рабочие органы производят обработку почвы на глубину от 20 до 35 см. Регулировка глубины отвальной обработки производится при помощи винтового механизма, установленного на стойке опорного колеса. Одновременно с отвальной обработкой верхний почвенный слой срезается дисковыми органами и смещается в сторону предпоследнего корпуса плуга, имеющего укороченный отвал. Во время перемещения подрезанной массы часть почвенных примесей отделяется в пространство между дисками. Перемещаемая почвенно-стерневая масса с дисковых органов подается к предпоследнему корпусу с укороченным отвалом, который смещает данную массу в борозду, образованную третьим корпусом, и частично закрывает ее почвой. В данном случае на поверхности пашни образуется кулиса, нижняя часть которой уложена в борозду, а верхняя находится на поверхности пашни. Высота и ширина образованной кулисы зависят от массы стерневых остатков и от глубины срезания верхнего слоя почвы.

Данная технология рекомендуется для обработки почвы твердостью до 3,5 Мпа, на склонах до 8°. Использование данного орудия позволяет снизить потери воды со стоком до 40...60% и плодородной почвы до трех раз в сравнении с обычной вспашкой. К недостаткам данной обработки можно отнести тот факт, что при значительном снижении водной эрозии, технологическая эрозия, возникающая при использовании данных рабочих органов, остается в полном объеме. В итоге при каждой обработке почвы происходит постепенное сталкивание обрабатываемого слоя почвы в нижнюю часть склона.

1.1.2 Безотвальная обработка почвы и технические средства, применяемые на склоновых землях

Впервые безотвальная технология обработки почвы стала использоваться в основном в острозасушливых зонах и местах проявления водной и ветровой эрозии. Опыт применения таких обработок в первой половине 20

века показал, что стерня, оставленная на склоновой поверхности пашни обеспечивала сокращение поверхностного стока воды и водную эрозию [42, 61, 68, 72, 84,]. За счет высокой отражающей способности поверхности поля отмечалось снижение испарения воды из обработанного слоя почвы.

Для безотвальной обработки применяются орудия с плоскорежущими или рыхлящими рабочими органами, которые выполняют технологический процесс без оборота почвенного пласта.

Агротехническими требованиями на безотвальную обработку предусмотрены следующие основные положения: после прохода орудия на поверхности пашни должно оставаться до 80% пожнивных остатков. Обработанный почвенный пласт должен быть раскрошен с преобладанием фракции размером до 50 мм, не менее 50%. На обработанной поверхности пашни высота гребней и глубина борозд, местах прохода стоек рабочих органов, должна быть не более 5 см. Склоновые поля должны обрабатываться без огрехов и только поперек склона. После безотвальных обработок количество эрозионно-опасных частиц, в верхнем обработанном слое, не должно увеличиваться.

Для выполнения безотвальных обработок применяются следующие почвообрабатывающие орудия: ПГ-3-100; ПГ-3-5; ГУН-4; КАО-10-35; ПЧ-4,5; ПЧ-6; ПЧН-6; ПЧН-3,5; ППП-7; ПРБ-4В; орудия со стойками СИБИМЭ; ПРПВ-8-50 и другие. Мелкие безотвальные обработки до 8...16 см проводят культиваторами-плоскорезами КПШ-9; КТП-7,4; КРГ-10; или комбинированными агрегатами ОПО-4,25; ДА-6*2ПБ; АПК-6 и др.

Положительный эффект при использовании безотвальной технологии обработки, в Поволжском регионе, был получен на легких по механическому составу почвах. В результате лучшей влагозарядки почвы и снижения эрозии на безотвальных обработках была отмечена прибавка урожая зерновых до 2,8 ц/га [28, 67, 69, 73, 77, 95].

На суглинистых тяжелых по гранулометрическому составу почвах напротив была получена отрицательная оценка на безотвальных обработках. Несмотря на то, что на стерневых фонах накапливается больше снега, весной

на таких обработках отмечается больший сток талой воды. Основной причиной больших потерь снеговой воды, является более плотное сложение обработанного слоя и в следствии этого снижение его водопроницаемости. Потери талой воды в виде стока зависят от сложившихся конкретных условий каждого года, а именно: от величины склона, высоты снежного покрова, температуры воздуха, глубины зимних оттепелей, плотности обработанного слоя и состояния верхнего слоя пашни [38, 45, 55, 61, 140].

На заболоченных участках и на склонах, подверженных интенсивной водной эрозии, применяют щелерезы ОПО-3 (рисунок 1.7) и щелерезы-кротователи ЩН-2-140.



Рисунок 1.7 – Общий вид щелереза ОПО- 3 для глубокого безотвального рыхления почвы

Рабочие органы кротователей состоят из стоек с закрепленными к ним дренами. В нижней части стоек рабочих органов установлены подрезающие левый и правый лемеха и долото. Технологический процесс обработки почвы протекает следующим образом, при движении орудия поперек склона подрезанный пласт почвы, крошится и раздвигается в стороны, образуя в центре борозду глубиной до 50 см. После обработки щелерезами-кротователями, в нижней части обработанного пласта почвы, образуются кротовины диаметром до 7 см. Такие обработки обеспечивают быстрое просачивание воды в нижний

горизонт пашни и по проделанным кротовинам равномерно отводятся по обработанной площади [20, 89, 91, 101, 103]. К недостаткам данных обработок можно отнести то, что данный процесс является чрезмерно энергоемким, а применяемые рабочие органы не способны снизить технологическую эрозию, возникающую при каждой обработке от вертикальных стоек рабочих органов, сдвигающих обрабатываемый пласт почвы вниз по склону.

Кроме указанных выше недостатков, на таких обработках отмечается дефицит нитратного азота. Основной причиной недостатка азота в почве является высокая отражающая способность стерневых остатков, которые находятся на поверхности почвы. В следствии чего, на таких агрофонах, наблюдается недостаточное прогревание почвенного слоя, это замедляет микробиологические процессы в почве влияющие на процесс нитрификации [7, 45, 60, 67, 106].

Многочисленные исследования также отмечают, что плоскорезы-глубококорыхлители при низкой влажности пахотного слоя менее 15% не способны обеспечить необходимую равномерность обработки почвы по глубине. Кроме этого, на поверхности пашни образуются крупные глыбы, которые не позволяют качественно подготовить поверхность поля даже весной, под посев яровых культур. Отмечается, что на глыбистой зяби хуже прорастают сорняки, это затрудняет их уничтожение во время предпосевных культиваций и приводит к высокому засорению посевов особенно в годы с повышенной влажностью. В связи с этим для снижения сорной растительности рекомендуется проводить чередование отвальных и безотвальных обработок и дополнительно применять химические обработки гербицидами в посевах [4, 10, 62, 76].

Плоскорезы-щелеватели

Плоскорезы-щелеватели ПЩ-3, ПЩ-5, ПЩК-6,8 применяют в зонах недостаточного увлажнения и регионах, подверженных ветровой эрозии. Их применяют на различных по гранулометрическому составу почвах с твердостью до 3,5 Мпа и высотой стерневых остатков до 25 см. Комбинированные рабочие органы плоскорезов-щелевателей состоят из вертикальных стоек, в

нижней части которых закреплены левые и правые подрезающие лемеха с долотом в центральной части (рисунок 1.8). Позади лемешных рабочих органов, установлены вертикальные щелерезы с долотом в нижней части. При работе данных орудий пласт почвы подрезается лемешными органами, на глубину до 27 см, приподнимается и крошится. После сплошного рыхления почвенного пласта плоскорежущими лапами проводится дополнительное рыхление подпахотного слоя щелерезами, установленными на раме орудия, на глубину до 40 см. После прохода плоскорезов-щелевателей производится полное подрезание и уничтожение сорняков, а на обработанной поверхности остается до 75% пожнивных остатков [21].



Рисунок 1.8 – Общий вид плоскореза-щелевателя ПЩК-6,8 к трактору класса 50 кН

Использование орудий с безотвальными рабочими органами позволяет снизить тяговое сопротивление до 20% в сравнении с плугами и эффективнее задерживать снег на полях. При этом отмечается, что в регионах с резко континентальным климатом, в результате зимних оттепелей, на поверхности безотвальных обработок часто образуется ледяная корка, приводящая к формированию повышенного стока талой воды, вызывающего эрозию [39, 51, 62].

Плуги-глубококорыхлители

Чизельные плуги-глубококорыхлители используются для глубокой безотвальной обработки почвы с рыхлением подпахотного горизонта до 45 см, на

почвах различного гранулометрического состава, с высотой пожнивных остатков до 25 см и удельным сопротивлением почвы до 0,12 Мпа. Технически характеристики применяемых плугов рыхлителей представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Техническая характеристика плугов рыхлителей

Показатель	Ед. измер.	Наименование орудий	
		ПРПВ-8-50	ПЧ-4,5
Тип		навесной	навесной
Ширина захвата	м	3,2	4,5
Глубина обработки:	см		
С долотом		30	30...45
С лапами		-	20...30
Число рабочих органов	шт.	5	11
Производительность	га/ч	3,2	2,5...3,2
Рабочая скорость	км/ч	до 10	до 8
Крошение почвы: количество комков до 5см	%	55	40
Масса	кг	2240	1900

В зависимости от ширины захвата чизельные плуги ПЧ-2,5; ПЧ-4,5; ПЧН-3,5; ПЧК-4,5 могут агрегатироваться тракторами различного тягового класса (рисунок 1.9). Для дополнительного выравнивания и крошения поверхности пашни на раму плугов ПЧ-2,5 и ПЧ-4,5 могут навешиваться приспособления ПСТ- 2,5 или ПСТ-4,5. С целью лучшего крошения почвенного пласта в верхней части чизельных стоек могут устанавливаться активаторы треугольной формы или рабочие органы для послойной обработки, а позади рыхлительных стоек двухрядные ротационные измельчители-выравниватели с зубьями криволинейной формы или спиральные уплотняющие катки (рисунок 1.7.). Применение чизельных плугов увеличивает производительность на основной обработке до 30% и снижает удельную металлоемкость до 40%, по сравнению с плугом ПТК-9-35 [15, 17].



Рисунок 1.9 – Общий вид чизельного плуга ПЧН-3,5 к трактору тягового класса 40-50 кН

Использование таких орудий на склоновых землях за счет глубокого рыхления почвенного пласта до 35...40 см увеличивает водопроницаемость, но при этом их удельное тяговое сопротивление возрастает на 35% и более по сравнению с рыхлением почвы на обычную глубину до 27 см [15, 16, 18, 19, 20, 58, 65].

С целью снижения негативной роли пожнивных остатков, находящихся на поверхности пашни, в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» разработан способ и техническое средство для безотвальной гребне-кулисной обработки [104, 116, 132, 137, 139]. Данная технология представляет собой смешанный вариант отвально-безотвальной основной обработки почвы, которая объединяет в себе все положительные стороны отвальной и безотвальной технологии. Разработанный способ основной обработки используется на склоновых землях, не засоренных камнями, с ограниченной толщиной гумусного слоя до 15 см, где невозможно проводить глубокие отвальные обработки. Основное отличие таких обработок заключается в том, что стерня после уборки полевых культур

используется для создания противоэрозионных рубежей, расположенных поперек склона. При этом проводится сплошное, безотвальное рыхление на различную глубину от 20 до 35 см, а расстояние между противоэрозионными рубежами изменяется в зависимости от глубины рыхления почвы и ширины захвата используемых орудий. В результате того, что поверхность пашни, расположенная между созданными рубежами (кулисами) свободная от стерневых остатков, создаются благоприятные условия для прогревания пахотного слоя и протекания микробиологических процессов, которые не отличаются от отвальных обработок. При этом срезанные пожнивные остатки, смещенные в созданные кулисы, выполняют роль противоэрозионных рубежей, имеющих высокую прочность и водопроницаемость. Кроме этого, стерневые кулисы находящиеся на поверхности поля, снижают скорость потоков ветра, за счет чего создают условия для лучшего задержания снега.

Для выполнения данной обработки используется противоэрозионное орудие с симметрично установленными рабочими органами (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Общий вид орудия для безотвальной обработки почвы на склонах, к трактору тягового класса 50 кН

Оно содержит плоскую раму трапецеидальной формы, на боковых лонжеронах которой закреплены лево и правосторонние рабочие органы, (стойки

СиБИМЭ). В центральной части рамы установлена стойка, оснащенная плоскорежущими лемехами и бороздообразователем. Используемые для создания противоэрозионных кулис дисковые органы закреплены, на раме орудия, на двух симметрично установленных элементах.

Отмечается, что применение данного орудия, на обработке склоновых полей, сокращает поверхностный сток талой воды до 40...50% и потери плодородной почвы в 2,5...3 раза, в сравнении с отвальными обработками [114, 116]. Однако симметричное расположение рабочих органов на раме орудия, обеспечивает при его движении поперек склона срезание и смещение почвенно-стерневой массы одновременно левосторонними дисковыми органами вниз, а правосторонними органами вверх по склону. Таким образом данный технологический процесс обработки не обеспечивает смещение срезаемого верхнего почвенного слоя, в одном направлении, только в верхнюю часть обрабатываемого склона. В связи с этим применение данного орудия не способно снизить технологическую эрозию, возникающую при создании противоэрозионных кулис.

1.2. Особенность применения ресурсосберегающих обработок почвы на склонах

В последнее время в связи с резким подорожанием сельскохозяйственной техники, запасных частей и дизтоплива, сельхозтоваропроизводители переходят на малозатратные технологии. Одним из направлений при внедрении таких технологий, является совмещение основных агротехнических операций, которые выполняются комбинированными агрегатами ОПО-4,25 (рисунок 1.11.); КТП-7,4; ДА-6*2ПБ; АПК-6 и др.



Рисунок 1.11 – Орудие ОПО 4,25 для мелкой безотвальной обработки почвы к трактору тягового класса 30...40 кН

В условиях недостаточного увлажнения широко применяются мелкие мульчирующие обработки. Для таких обработок почвы на глубину до 18 см, применяют стерневые культиваторы АН -8- КСО, фирмы «ВЕЛЕС» (рисунок 1.12.). Для безотвальной обработки стерневых фонов, на раме таких культиваторов, в два ряда закреплены плоскорежущие рабочие органы шириной захвата 535мм. После сплошной обработки выравнивание верхнего слоя почвы проводится дисковыми органами, установленные под углом к направлению движения. Окончательное выравнивание и уплотнение обработанной поверхности поля проводится ротационным, трубчатым катком, установленным в задней части культиватора. После прохода орудия производится разрушение почвенного пласта на всю глубину, при этом на поверхности пашни остается до 80% пожнивных остатков.



Рисунок 1.12 – Общий вид культиватора АН -8- КСО, для мелкой мульчирующей обработки почвы к тракторам тягового класса 50 кН

При широком использовании минеральных удобрений и химических средств защиты растений, такие технологии показывают положительные результаты на равнинных полях и в регионах с достаточным количеством атмосферных осадков [9, 46, 47, 104].

Применение орудий с энергосберегающими рабочими органами позволяет повысить производительность до 40...50%, по сравнению с традиционной отвальной обработкой и значительно сократить расход топлива [98].

Однако по результатам многих исследований, поверхностные обработки почвы не обеспечивают надежную защиту склоновых земель от эрозии, в следствии формирования на таких обработках неконтролируемого стока талой и ливневой воды [38, 58, 59, 44].

Для повышения противозерозионной устойчивости пашни на склонах в НИИСХ Юго-Востока разработан ресурсосберегающий способ и техническое средство для его выполнения. Особенность мелких противозерозионных обработок на склонах заключается в том, что нижнее основание создаваемых кулис

заглубляется в две продольные борозды, а верхняя часть кулис остается на обработанной поверхности. Основные размеры противозрозионных кулис изменяются регулировкой глубины срезания пожнивных остатков и расстоянием между создаваемыми кулисами [93, 116].

В зависимости от величины склона данная обработка может проводиться по двум вариантам: -на склонах до 3° зяблевая обработка проводится только плоскорежущими лапами, без дополнительного рыхления щелерзами, - на склонах более 3° для лучшей водопроницаемости почвы, рекомендуется использовать щелерезы. Их устанавливают за стойками двух крайних плоскорежущих лап. Глубину дополнительного рыхления почвы щелерезами рекомендуется проводить до 30 см. На (рисунок 1.13.) показан общий вид орудия для выполнения данного технологического процесса.



Рисунок 1.13 – Общий вид орудия для мелкой гребне-кулисной обработки почвы на склонах к трактору тягового класса 30...40 кН

Орудие состоит из плоской прямоугольной рамы, на которой закреплены вертикальные стойки с плоскорежущими лапами шириной захвата 800мм. Данные рабочие органы установлены с перекрытием, позволяющим

проводить сплошную безотвальную обработку и полное подрезание сорняков. Перед рыхлящими лапами, на двух симметрично установленных несущих элементах, установлены плоские дисковые органы диаметром 450 мм. Дисковые органы установлены с перекрытием и под углом атаки к направлению движения орудия. Глубина срезания пожнивных остатков дисками регулируется винтовыми устройствами, установленными на концах каждого несущего элемента. Глубина безотвального рыхления почвы лапами регулируется подъемом или опусканием двух опорных колес, на стойках которых предусмотрены механизмы регулировки.

При работе орудия, пожнивные остатки с верхним почвенным слоем подрезаются дисковыми органами и сдвигаются в борозды, образованные крайними стойками плоскорежущих лап. При этом одна из секций с дисковыми органами сдвигает срезанную массу вверх по склону, а вторая симметрично установленная секция вниз по склону. Одновременно с этим производится подрезание сорняков и безотвальное рыхление почвы плоскорежущими лапами, на глубину от 8 до 16 см.

На склонах более 3° почвоуглубители, установленные за стойками крайних лап, производят дополнительное рыхление нижнего горизонта почвы до 30 см.

Применение данного способа обработки и противозрозионного орудия увеличивают производительность агрегатов до 30% и сокращают поверхностный сток талой воды до 40%, по сравнению с отвальной обработкой [45, 71, 118].

При этом недостатком данной технологии остается то, что при создании противозрозионных кулис, перемещение срезанного слоя почвы со стерней поочередно одной из дисковых секций орудия осуществляется постоянно вниз по склону. В связи с этим использование данной конструктивно-технологической схемы и конструкции орудия не способны снизить технологическую эрозию.

1.3. Выводы. Цель и задачи исследования

На основании анализа применяемых почвозащитных приемов основной обработки почвы и средств механизации для их осуществления сделаны следующие выводы:

1. На землях, подверженных водной и технологической эрозии, применяются различные варианты безотвальных обработок предусматривающих сохранение на обработанной поверхности пашни основной части стерневых остатков, отвальные обработки выполняемые рабочими органами разрушающими плужную подошву в подпахотном горизонте или образующими на поверхности водоемких лунок, а также обработки предусматривающие образование из пожнивных остатков вертикальных кулис расположенных поперек господствующего склона, каждая из которых имеет положительные и отрицательные стороны.

2. Применяемые в настоящее время противоэрозионные способы обработки почвы и почвообрабатывающие орудия, не обеспечивают требуемую защиту обрабатываемых склоновых земель от процессов эрозии, в следствие чего потери почвенных и водных ресурсов могут составлять до 70 мм воды и до 30 т почвы с каждого гектара.

3. Анализ известных технологий противоэрозионной обработки почвы показывает, что наиболее перспективными являются обработки с созданием на поверхности склоновых полей противоэрозионных элементов, сформированных из срезанного верхнего слоя со стерневыми остатками, которые снижают поверхностный сток воды до 40...60% и потери почвы в 2...2,5 раза в сравнении с используемой отвальной обработкой.

4. Снижение водной и технологической эрозии, при обработке почвы в эрозионно-опасных местах, возможно в результате включения в конструктивно-технологическую схему почвообрабатывающего орудия рабочих органов для создания элементов противоэрозионного микрорельефа из смещаемого постоянно в верхнюю часть обрабатываемого склона, верхнего 4...6 см

слоя почвы со стерней предшествующей культуры, и рабочих органов для одновременной безотвальной обработки почвы.

На основании проведенного научного исследования и изложенных выводов **целью данной работы является:** снижение водной и технологической эрозии на склоновых землях за счет разработки технологического процесса и противоэрозионного орудия.

Для выполнения данной цели необходимо решить ряд задач:

1. провести анализ применяемых технологий обработки почвы и технических средств, используемых для обработки земель, подверженных процессам эрозии и определить основные направления их совершенствования;
2. обосновать ресурсосберегающий процесс обработки почвы, снижающий водную и технологическую эрозию и конструктивно-технологическую схему нового почвообрабатывающего орудия с возможностью его использования на склонах до 8°;
3. теоретически обосновать основные параметры и тяговое сопротивление рабочих органов противоэрозионного орудия, и возможность их применения на склоновых полях;
4. провести исследования экспериментального почвообрабатывающего орудия в лабораторно-полевых и хозяйственных условиях и определить агро-экологическую и технико-экономическую эффективность его применения.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ОРУДИЕМ С РАЗРАБОТАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

2.1. Разработка ресурсосберегающего процесса обработки почвы на склонах.

Анализ применяемых в производстве агротехнологий показал, что основная обработка почвы являясь одной из основных технологических операций позволяет сохранять и накапливать почвенную влагу и элементы питания, улучшать агрофизические свойства почвы, бороться с болезнями и сорняками [3, 4, 28, 55, 75]. Кроме этого, различные способы основной обработки, способны эффективно противостоять водной и ветровой эрозии, при возделывании полевых культур, в эрозионно-опасных зонах [38, 43, 45, 60, 62].

Известно, что противоэрозионный эффект применяемых обработок почвы зависит от их влияния на интенсивность и продолжительность впитывания выпадающих осадков в пахотный и нижележащий слой почвы. Поверхностный сток, оказывающий влияние на потери почвы в виде смыва, значительно снижается при таких обработках, которые создают оптимальную пористость пахотного слоя и гребнистую поверхность пашни [125, 126, 131, 136]. Кроме этих факторов величина и интенсивность стока воды на склонах зависит от количества пожнивных и растительных остатков, находящихся на поверхности. Благодаря своей полой структуры и высокой прочности стерня является эффективным наполнителем, который способен значительно повысить водопроницаемость обработанного слоя и в тоже время снизить его размыв [45, 85, 118, 120, 123, 129].

Проведенными исследованиями установлено, что в склоновых агроландшафтах кроме водной эрозии значительное влияние на снижение плодородия оказывает технологическая эрозия. Данный вид эрозии возникает при любых

обработках почвы, от воздействия применяемых рабочих органов сельскохозяйственных машин на почвенный пласт [14, 50, 80]. Величина и скорость проявления технологической эрозии напрямую зависят от крутизны склона, способа обработки почвы, их количества и глубины. В связи с этим на склоновых полях от совместного действия данных видов эрозии, верхний почвенный слой, при каждой обработке, постоянно сползает в нижнюю часть склонов, к их основанию. В результате неконтролируемого эрозионного процесса величина гумусного слоя, в верхних ярусах таких полей неуклонно снижается, а в нижней их части появляются глубокие промоины, затрудняющие выполнение последующих технологических операций [28, 37, 39, 82].

Проведенный анализ факторов, влияющих на процесс эрозии показывает, что основное влияние на интенсивность водной и технологической эрозии оказывают климатические условия зоны, рельеф и экспозиция участка, гранулометрические свойства обрабатываемой почвы, применяемые приемы обработки и их количество. Перечисленные факторы, изображенные на рисунке 2.1, можно условно разбить на три категории.

Первая категория факторов характеризуется тем, что они остаются постоянными в течении всего времени. Степень их влияния на процессы эрозии изменяется только от конкретных условий, которые сложились в определенный период. Длина и крутизна обрабатываемого склона, из данной категории факторов, способны оказывать наибольшее влияние на формирование поверхностного стока воды, вызывающего потерю почвы. Во время ливневых осадков увеличение массы стекающей воды наблюдается по всей длине склонового участка. Крутизна склона, в большей степени влияет на скорость и кинетическую энергию сформированного водного потока. По результатам многих исследований [136, 141] видно, что потери плодородного слоя почвы, в результате смыва, пропорциональны величине уклона в степени от 0,5 до 0,75. Также отмечается, что влияние длины и величины уклона участка зависит от структуры почвы, гребнистости поверхности пашни и ее защищенности раститель-

ным покровом. То есть увеличение пористости почвы и количества пожнивных остатков на поверхности пашни, могут значительно снижать влияние длины и крутизны склонового участка.



Рисунок 2.1 – Структурная схема факторов, влияющих на процесс водной и технологической эрозии

Отличие второй категории неуправляемых факторов заключается в том, что они полностью зависят от условий, которые сложились в какой то, определенный временной период. В связи с этим, они могут ежегодно менять степень своего воздействия на процесс эрозии. К примеру, наличие на пашне устойчивого снежного покрова, способно значительно снизить глубину промерзания почвы, по сравнению с местами незащищенными снежным покровом. При этом, за счет лучшей водопроницаемости не промерзшего пахотного

слоя, потери почвенных и водных ресурсов будут значительно снижены. Количество и интенсивность осадков в виде дождя, также влияют на процесс эрозии, связанный с потерей воды и почвы при формировании стока.

Особенностью третьей группы факторов является то, что с их помощью можно менять условия протекания эрозионного процесса. Например, используя технические средства с различными рабочими органами, можно значительно изменить состояние обработанной поверхности пашни и физико-механические свойства пахотного слоя. Поступательная скорость движения орудия, глубина обработки почвы и количество обработок, также оказывают влияние на величину водной и технологической эрозии. Из вышеизложенного можно заключить, что водная и технологическая эрозия могут появляться в одних и тех же местах и часто лишь усиливать друг друга. Поэтому сохранение плодородия на склоновых землях возможно только при комплексном подходе к данной проблеме.

С целью снижения эрозионных процессов, в производстве применяются обработки, предусматривающие создание на поверхности пашни противоэрозионных рубежей и сохранение до 80% пожнивных остатков. Такие технологии обработки почвы способны оказывать значительное влияние на процесс снегозадержания и потерь воды и почвы, во время обильных осадков и снеготаяния [95, 102]. Однако при таких обработках не зависимо от способа движения агрегатов, при механическом воздействии рабочих органов на почвенный пласт происходит постоянное сталкивание верхнего почвенного слоя в нижнюю часть склона [14, 80].

С целью сохранения плодородия почвы на склоновых землях, за счет снижения водной и технологической эрозии, в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» разработан усовершенствованный технологический процесс обработки почвы и противоэрозионное орудие для его выполнения Патент РФ №2728129.

Особенность данного процесса обработки почвы состоит в том, что при работе орудия верхний почвенный слой со стерневыми остатками срезается и

принудительно смещается в сторону вершины обрабатываемого склона. Таким образом, на обработанной поверхности, создается микрорельеф в виде почвенно-стерневых противозрозионных элементов. Схема усовершенствованного процесса противозрозионной обработки почвы на склонах, представлена на рисунке 2.2.

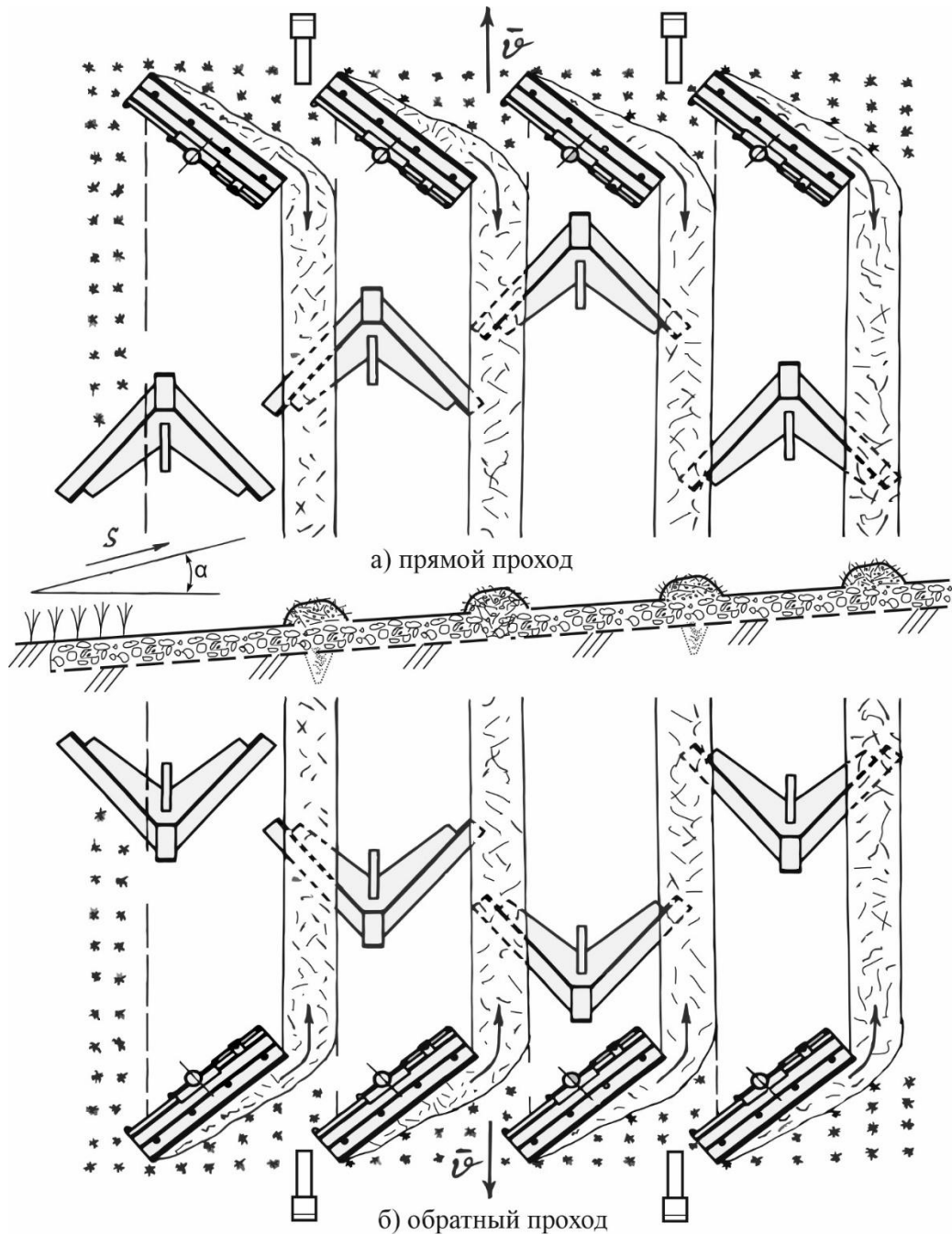


Рисунок 2.2 – Схема технологического процесса обработки почвы, выполняемая рабочими органами противозрозионного орудия

Для выполнения данного процесса обработки почвы, на раме орудия установлено дополнительное приспособление с лемешными рабочими органами, для создания противоэрозионных элементов и рабочие органы для одновременной сплошной обработки.

Образуемые на поверхности пашни противоэрозионные элементы в виде валиков, распределяются с равномерным интервалом по всей длине обработанного склона. Пожнивные остатки, находящиеся в созданных элементах в концентрированном виде, повышают их водопроницаемость и устойчивость от разрушения потоками воды [71, 92, 114, 115, 139].

В связи с тем, что на склоновых землях толщина плодородного слоя, в основном не превышает 10...20 см, то обработка таких полей без утраты плодородия возможна только безотвальными рабочими органами, которые не допускают перемешивания верхнего плодородного слоя с нижним менее плодородным горизонтом. Однако даже используемые безотвальные рабочие органы, при обработке почвы на склонах, не способны полностью предотвратить технологическую эрозию. Чтобы исключить или частично компенсировать сталкивание почвенного слоя вниз по склону необходимо, как вариант, принудительно смещать, при каждой обработке, верхний плодородный слой почвы постоянно только в верхнюю часть обрабатываемого склона. При этом наиболее рациональным будет вариант, когда верхний гумусный слой с пожнивными остатками будет срезаться и сдвигаться вверх, одновременно образуя из перемещаемой массы своеобразные препятствия, в виде почвенно-стерневых элементов (валиков), а нижележащий слой будет разрыхляться без нарушения структуры почвы и оставаться на месте [117]. Для выполнения этих двух взаимосвязанных процессов можно рассмотреть несколько вариантов обработки почвы, которые будут проанализированы ниже.

2.2 Разработка конструктивно-технологической схемы и рабочих органов орудия, снижающих водную и технологическую эрозию

Агротехническими требованиями и техническим заданием, на разработку противоэрозионного орудия, для основной обработки почвы на склонах, отмечаются следующие основные моменты: применяемые рабочие органы орудия должны надежно работать склоновых на участках с небольшим гумусным горизонтом (8...15 см), без нарушения структуры пахотного слоя. При этом одновременно со сплошной обработкой почвы, на поверхности склона, должны создаваться противоэрозионные элементы с заданными технологическими размерами (высотой 0,120...0,20 м и шириной нижнего основания 0,20...0,28 м), способные значительно сократить влияние водной и технологической эрозии. Конструкция почвообрабатывающего орудия должна быть безопасной в эксплуатации, максимально простой и технологичной в изготовлении, надежной в работе и иметь невысокую энергоемкость.

Учитывая данные требования и специфические условия, имеющие место на склоновых землях, необходимо обосновать рациональные рабочие органы для срезания и смещения верхнего почвенного слоя со стерневыми остатками и одновременной обработки почвы, без нарушения структуры пахотного слоя, на глубину до 16...20 см. Для этого рассмотрим возможные комбинации рабочих органов, способных выполнить данный технологический процесс.

Вариант №1. Дисковые органы, используемые для создания противоэрозионных элементов, необходимо установить со смещением и под углом к направлению движения орудия (рисунок 2.3). В виду того, что срезанная со стерней почва должна перемещаться постоянно только в верхнюю часть склона, то дисковые органы при разворотах орудия, на краях поля, должны быть развернуты в горизонтальной плоскости таким образом, чтобы их рабочая поверхность была постоянно обращена в сторону смещения почвы. Учитывая, что при развороте дисковых органов в горизонтальной плоскости перекрытие между дисками будет нарушено, то процесс смещения почвенного

слоя не будет выполняться. При использовании в орудии левосторонних и правосторонних дисковых рабочих органов, попеременно включающимися в работу, значительно увеличатся габариты и металлоемкость почвообрабатывающего орудия, а его конструкция при этом значительно усложнится.

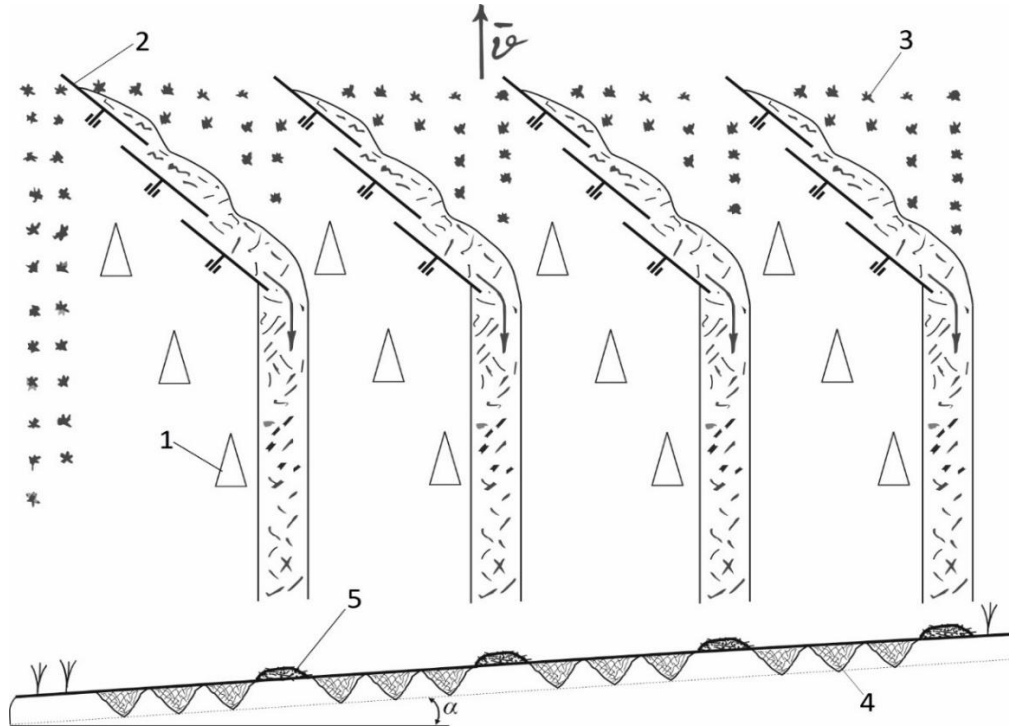


Рисунок 2.3 – Схема процесса обработки почвы, проводимая чизельными стойками и дисковыми рабочими органами орудия по варианту №1 (1- чизельный рабочий орган, 2- дисковый рабочий орган, 3- стерня предшественника, 4- обработанный слой почвы, 5- противоэрозионный элемент)

Использование для сплошного рыхления почвы менее энергоемких рабочих органов чизельного типа, позволит снизить тяговое сопротивление орудия [15, 19, 65, 88]. Однако применение данных рабочих органов затруднит обработку почвы, под основанием сформированных противоэрозионных элементов, и не позволит эффективно уничтожать сорняки при сплошной обработке почвы.

Вариант №2. Использование лемешных органов, для срезания и смещения верхнего слоя почвы со стерней, позволит изменять глубину подрезания почвенного слоя в необходимых пределах. Для смещения срезанного слоя, в верхнюю часть склона, данные рабочие органы должны быть установлены под углом к направлению движения орудия и иметь отвальную поверхность [118].

В таком варианте срезаемый режущей кромкой лемеха слой почвы, перемещаясь на отвал, обращенный рабочей поверхностью к вершине склона, будет сдвигаться данной поверхностью постоянно в верхнюю часть обрабатываемого склона (рисунок 2.4).

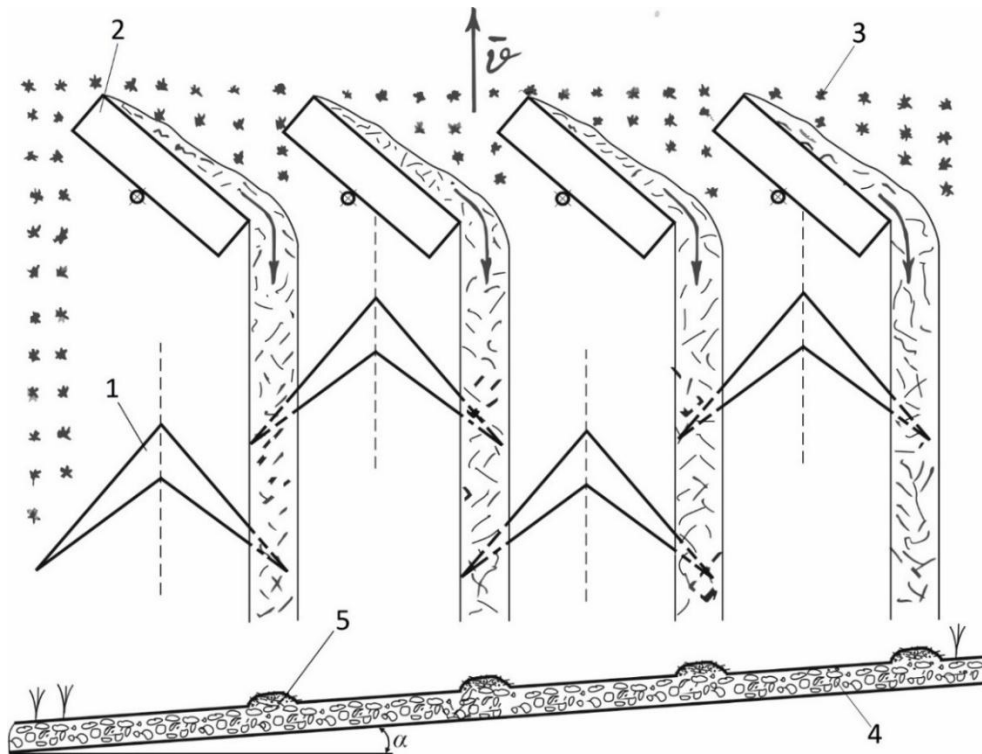


Рисунок 2.4 – Схема процесса обработки почвы, проводимая лемешными органами с отвальной поверхностью и плоскорежущими лапами орудия по варианту №2 (1- плоскорежущая лапа, 2- лемешный рабочий орган, 3- стерня предшественника, 4- обработанный слой почвы, 5- противозерозионный элемент)

При разворотах орудия, установленные на вертикальных осях, рабочие органы разворачиваются в горизонтальной плоскости, таким образом их рабочая поверхность становится вновь обращена в сторону смещения почвенного слоя. Использование лемешных рабочих органов позволит сформировать противозерозионные элементы с необходимыми параметрами по высоте и ширине зависящими от их рабочей ширины захвата и глубины подрезания почвы. Сплошную обработку почвы в данном варианте целесообразно проводить плоскорежущими лапами от культиватора-плоскореза КПШ-9, с шириной захвата 800 мм. Такое сочетание рабочих органов позволит сформировать про-

тивноэрозионный микрорельеф и выполнить сплошную плоскорезную обработку на требуемую глубину до 16 см. Проведенный анализ позволяет лемешные рабочие органы с отвальной поверхностью, в сочетании с плоскорежущими лапами, взять за основу для достижения поставленной в работе цели.

2.3 Обоснование оптимальной схемы расположения экспериментальных рабочих органов

Обозначенный технологический процесс противоэрозионной обработки почвы может выполняться в следующей последовательности:

- вначале плоскорежущими лапами проводится безотвальная обработка почвы, на глубину до 20 см, после чего верхний почвенный слой со стерневыми остатками срезается и сдвигается в верхнюю часть склона. В данном варианте обработки, при недостаточной влажности, на поверхности пашни могут образовываться почвенные комья размером до 15 см и более. В связи с этим создаваемый противоэрозионный микрорельеф будет не однородным по слитности, в виду образования огрехов в виде пустот, расположенных между почвенными комьями. Как следствие это приведет к просачиванию стекающей по склону воды, в образуемые огрехи и снижению противоэрозионной надежности;

- в варианте, когда вначале проводится срезание и смещение верхнего слоя почвы со стерней лемешными органами, а затем сплошное рыхление почвы до 20 см, создаются более приемлемые условия для получения микрорельефа с однородной выровненной формой, состоящей из мелкокомковатой почвенно-стерневой смеси. В данном варианте с целью более эффективного уничтожения сорняков для рыхления почвы необходимо использовать безотвальные рабочие органы. Они должны устанавливаться с перекрытием, обеспечивающим надежное подрезание почвенного пласта, в том числе и под основанием предварительно образованных противоэрозионных элементов, без

нарушения их слитности. Такая последовательность выполнения процесса основной обработки почвы с образованием противоэрозионных элементов, может быть принята за основу.

Проведенный анализ показывает, что наиболее рациональная комбинация применяемых рабочих органов, объединенных в единый технологический процесс, снижающий водную и технологическую эрозию, должен включать лемешные рабочие органы, установленные на вертикальных осях и под углом к направлению движения и плоскорежущие лапы для безотвальной обработки почвы. На рисунке 2.5. представлена схема противоэрозионного орудия с данными рабочими органами.

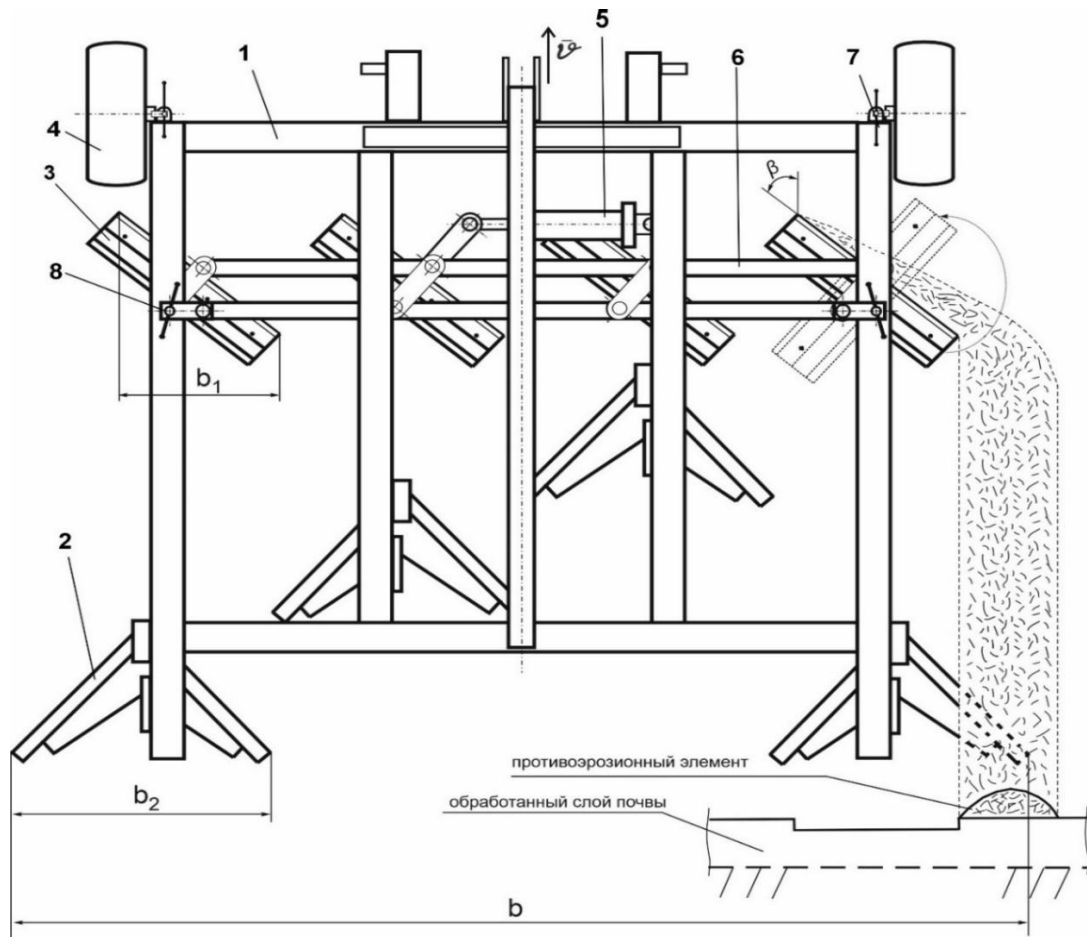


Рисунок 2.5 – Конструктивно-технологическая схема противоэрозионного орудия, применяемого для снижения водной и технологической эрозии на склонах (1- рама прямоугольной формы, 2- плоскорежущие лапы, 3- лемешные рабочие органы, 4-опорные колеса, 5- поворотный гидроцилиндр, 6- поперечная тяга, 7, 8 – механизмы регулировки глубины срезания верхнего почвенного слоя лемешными органами и сплошной обработки почвы плоскорежущими лапами)

Для определения оптимальных конструктивных и технологических параметров рабочих органов противоэрозионного орудия, обеспечивающего снижение водной и технологической эрозии, необходимо провести предварительные теоретические исследования, после чего проверить теоретические расчеты в лабораторно-полевых опытах на различных агрофонах.

2.4 Теоретический анализ процесса создания противоэрозионных элементов при основной обработке почвы

Усовершенствованный процесс противоэрозионной обработки почвы основан на создании противоэрозионных элементов из смещенного, в верхнюю часть склона, почвенного слоя со стерневыми остатками. В связи с этим необходимо теоретически определить возможность смещения, срезанной лемешными рабочими органами почвенно-стерневой массы, на участках с поперечным уклоном от 0 до 8°.

Рассмотрим работу орудия, движущегося с постоянной скоростью – v_0 , поперек обрабатываемого склона величиной – α . В данном случае на материальную частицу почвы массой – m , смещаемую лемешным органом, действует система сил, представленная на рисунке 2.6.

Обозначим силы, действующие на материальную почвенную частицу:

$\bar{G}$ – сила тяжести частицы почвы, Н;

m – масса, перемещаемой материальной частицы почвы, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\bar{N}_1$ – вектор нормальной реакции, действующий со стороны необработанной поверхности участка, Н;

$\bar{N}_2$ – вектор нормальной реакции, действующий со стороны лемешного рабочего органа, Н;

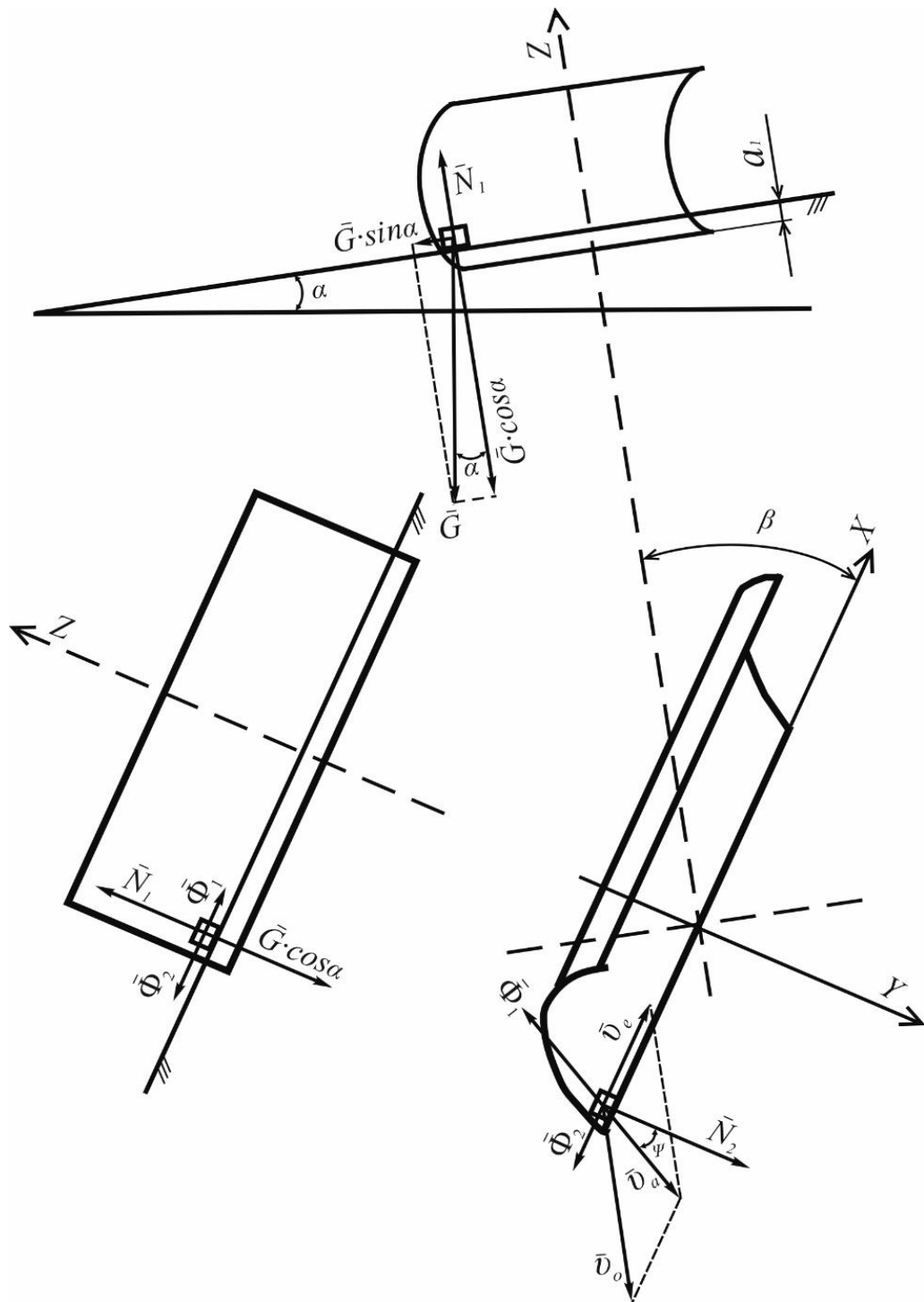


Рисунок 2.6 – Схема к изучению процесса формирования противозрозионных элементов

$\vec{\Phi}_1$ – вектор силы трения частицы почвы по необработанной поверхности, расположенной перед лемешным органом, Н;

$\vec{\Phi}_2$ – вектор силы трения частицы почвы по поверхности лемешного рабочего органа, Н.

$$\bar{\Phi}_1 = \bar{N}_1 \cdot \mu_{\text{вн}}$$

$$\bar{\Phi}_2 = \bar{N}_2 \cdot \mu_c$$

Где:

$\mu_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения срезанной почвенно-стерневой массы;

μ_c – коэффициент трения скольжения частицы почвы по металлической поверхности лемешного органа.

Из представленной системы сил, действующих на перемещаемую частицу почвы массой – m (рисунок 2.6), определим направление абсолютной – $\bar{v}_a$ и относительной – $\bar{v}_e$ скорости почвенной частицы.

Дифференциальное уравнение, в векторной форме, относительного движения материальной частицы почвы, по рабочей поверхности лемешного органа имеет вид:

$$m \frac{dv_e}{dt} = \bar{G} + \bar{N}_1 + \bar{N}_2 + \bar{\Phi}_1 + \bar{\Phi}_2 \quad (2.1)$$

$$m \frac{dv_e}{dt} = -G \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{вн}} \cdot N_1 \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot N_2 = -mg \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{вн}} \cdot N_1 \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot N_2 \quad (2.2)$$

Где:

α – угол поперечного уклона поля, град.;

β – угол установки лемешных рабочих органов к направлению движения орудия, град.;

Ψ – угол трения перемещаемой почвенной частицы по рабочей поверхности лемешного органа, град.

$$\operatorname{tg} \Psi = \mu_c ; \Psi = \operatorname{arctg} \mu_c .$$

Проецируя уравнение (2.2) на ось Y, получим:

$$0 = -G \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + \Phi_1 \cdot \cos \Psi + N_2$$

$$N_2 = G \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + \mu_{\text{вн}} \cdot N_1 \cdot \cos \Psi \quad (2.3)$$

Проецируя уравнение (2.2) на ось Z, получим:

$$0 = G \cdot \cos \alpha + N_1$$

$$N_1 = G \cdot \cos \alpha = mg \cdot \cos \alpha \quad (2.4)$$

Подставляя значения N_1 и N_2 получим:

$$m \frac{dv_e}{dt} = -mg \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot (mg \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot N_1 \cdot \cos \Psi) \quad (2.5)$$

Или

$$\frac{mdv_e}{dt} = -mg \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot mg \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - \mu_c \cdot \mu_{\text{BH}} \cdot mg \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi \quad (2.6)$$

Проведем вынос $-mg$ за скобку:

$$\frac{mdv_e}{dt} = mg(-\sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - \mu_c \cdot \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi) \quad (2.7)$$

Умножив обе части уравнения (2.7) на дифференциал $-dt$:

$$mdv_e = [mg(-\sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - \mu_c \cdot \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi)]dt \quad (2.8)$$

Проинтегрируем полученное уравнение (2.8):

$$m \int dv_e = \int [mg(-\sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - \mu_c \cdot \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi)]dt \quad (2.9)$$

Обозначим результаты интегрирования:

$$\int [mg(-\sin \alpha \cdot \sin \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \mu_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta - \mu_c \cdot \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi)]dt = \Phi(t) + C \quad (2.10)$$

Тогда $-mv_e = \Phi(t) + C$, частное решение уравнения (2.10).

$$\text{При } C=0: \quad mv_e = \Phi(t) \Rightarrow v_e = \frac{\Phi(t)}{m} \quad (2.11)$$

При изменении переменной $-t$ от $-a$ до $-b$, получим:

$$v_e = \frac{\Phi(a) - \Phi(b)}{m} \quad (2.12)$$

Из выражения (2.8), получим:

$$v_e = \frac{[mg \cdot (\mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \sin \Psi - \sin \alpha \cdot \sin \beta - \mu_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + \mu_{\text{BH}} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \Psi)]}{m} \quad (2.13)$$

Решение уравнения (2.13) проводилось с использованием программы.

Данные, используемые для расчета: $v_o=2,8$ м/с; $\mu_{вн}=0,9$; $\mu_c=0,83$; $m = 0,001$ кг.

Результаты расчетов представлены на рисунке 2.7.

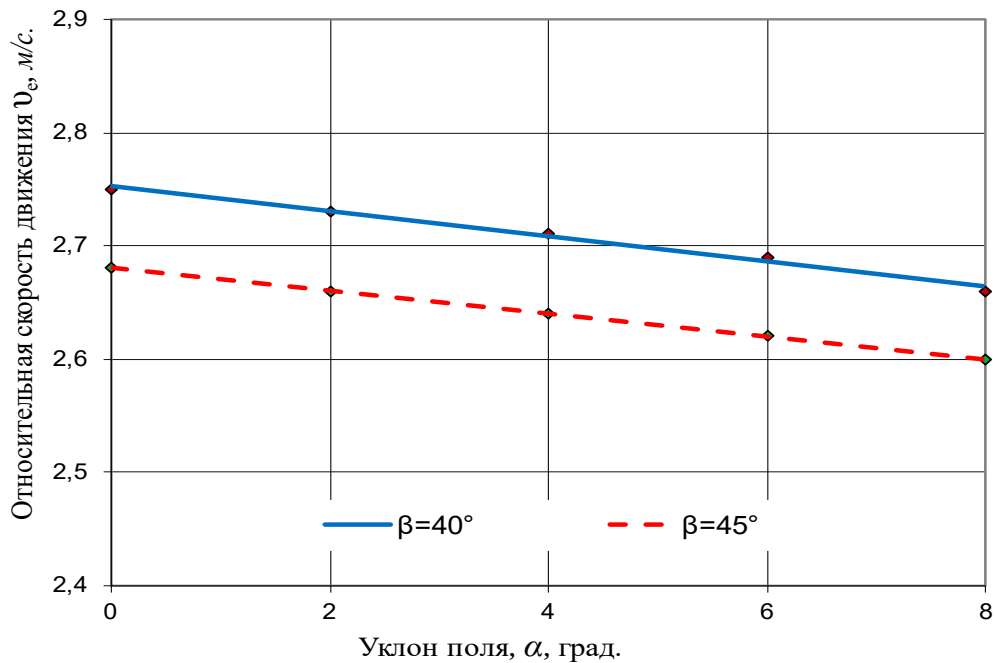


Рисунок 2.7 – Изменение скорости движения почвенной частицы по поверхности лемешного органа, при различной величине обрабатываемого склона α и углах установки рабочего органа β

Полученные расчетным путем данные показали, что при постоянной поступательной скорости противозерозионного орудия $v_o=2,8$ м/с, на ровном обрабатываемом участке поля, при $\alpha = 0^\circ$, и установке лемешного рабочего органа к направлению движения орудия под углом $\beta=40^\circ$, материальная частица почвы будет перемещаться по рабочей поверхности лемешного органа со скоростью равной 2,75 м/с. При увеличении угла установки рабочего органа β до 45° , на участке с максимальным поперечным уклоном поля, при $\alpha = 8^\circ$, перемещение материальной частицы почвы по поверхности лемешного органа будет продолжено, но ее скорость будет снижена на 6,5 % с 2,75 до 2,6 м/с.

Анализируя результаты расчетов, можно предположить, что при работе экспериментального орудия на участках с поперечным уклоном поля α от 0 до 8° , с углом установки рабочих органов к направлению движения агрегата $\beta = 40 \dots 45^\circ$ и поступательной скорости движения агрегата $v_0 = 2,8$ м/с, усовершенствованный технологический процесс обработки почвы, с одновременным формированием противоэрозионного микрорельефа, будет устойчиво выполняться. Проверка проведенных теоретических расчетов и уточненные параметры изучаемых факторов будут определены, при проведении лабораторно-полевых экспериментов, на различных агрофонах.

2.5 Влияние параметров лемешных рабочих органов на создание противоэрозионных элементов

Учитывая, что выполнение разработанного процесса обработки почвы на склонах связано с формированием противоэрозионных элементов с заданными технологическими параметрами, необходимо расчетным путем выявить функциональную зависимость основных размеров создаваемых элементов микрорельефа (высоты и ширины) от конструктивных размеров орудия, т. Е. от рабочей ширины захвата лемешных рабочих органов и глубины срезания верхнего почвенного слоя.

Рассматривая данный процесс видно, что при движении почвообрабатывающего орудия на частицу почвы массой m , сдвигаемую рабочим органом, действует представленная на рисунке 2.8 система сил.

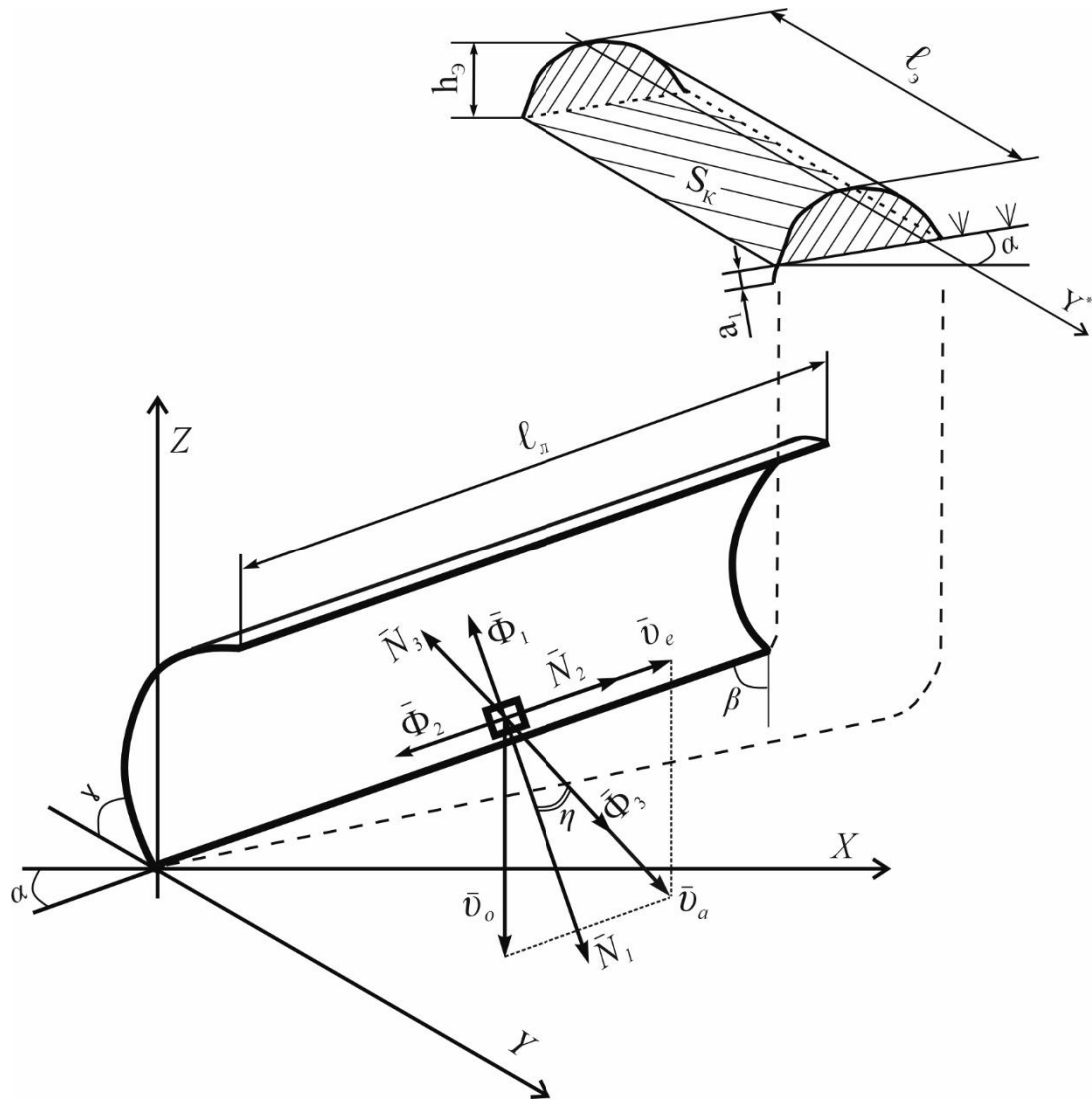


Рисунок 2.8 – Схема сил, к определению влияния параметров лемешных органов орудия на процесс формирования противозрозионных элементов

Введем обозначения сил, действующих на материальную частицу массой m , сдвигаемую рабочей поверхностью лемешного органа:

$\bar{N}_1$ – вектор нормальной реакции, действующей со стороны необработанной стерневой поверхности поля;

$\bar{N}_2$ – вектор нормальной реакции, действующей при движении материальной частицы вдоль рабочей поверхности лемешного органа;

$\bar{N}_3$ – вектор нормальной реакции, действующей при движении материальной частицы в верхнюю часть рабочей поверхности лемешного органа;

$\bar{\Phi}_1$ – вектор силы трения скольжения перемещаемой частицы почвы по стерневой поверхности обрабатываемого участка;

$\bar{\Phi}_2$ – вектор силы трения скольжения частицы почвы при ее движении вдоль рабочей поверхности лемешного органа;

$\bar{\Phi}_3$ – вектор силы трения скольжения частицы почвы при ее движении в верхнюю часть лемешного органа.

Проводимые расчеты выполнялись с учетом поперечного уклона обрабатываемого участка.

$\angle \alpha$ – угол поперечного уклона участка, град;

$\angle \beta$ – угол атаки лемешного рабочего органа к линии движения орудия, град;

$\angle \gamma$ – угол крошения подрезающего лемеха рабочего органа, град;

$\angle \eta$ – угол трения материальной частицы почвы по рабочему органу, град.

Для расчетов были введены коэффициенты C , C_1 и C_2 (2.14), отражающие зависимость высоты создаваемых противоэрозионных элементов от ширины захвата рабочих органов и глубины срезания верхнего слоя почвы.

$$\frac{dh_3}{d\Omega} = C, \quad \frac{dh_3}{db_1} = C_1, \quad \frac{dh_3}{da_1} = C_2, \quad (2.14)$$

где:

C – коэффициент, отражающий зависимость высоты образуемого противоэрозионного микрорельефа - h_3 от основных параметров;

C_1 – коэффициент, отражающий зависимость высоты образуемого микрорельефа - h_3 от рабочей ширины захвата лемешного органа – b_1 , при заданной глубине срезания верхнего слоя почвы – a_1^* ;

C_2 – коэффициент, отражающий зависимость высоты противоэрозионного микрорельефа - h_3 от глубины срезания верхнего слоя почвы – a_1 при заданной рабочей ширине захвата лемешного органа – b_1^* .

Перемещаемая материальная частица почвы массой – m , при сходе с рабочей поверхности лемешного органа отбрасывается на стерневую поверхность пашни. В следствии чего при движении орудия из сдвигаемой почвенно-стерневой массы образуется противоэрозионный элемент.

m – масса перемещаемой материальной частицы почвы, кг;

$\bar{v}_o$ – поступательная скорость движения орудия, м/с;

$\bar{v}_e$ – относительная скорость материальной частицы почвы при ее сходе с поверхности рабочего органа, м/с;

$\bar{v}_a$ – абсолютная скорость перемещаемой материальной частицы почвы массой m , м/с;

t – учетное время работы орудия, с;

$\mu_{вн}$ – коэффициент трения частицы почвы по необработанной поверхности участка;

μ_c – коэффициент трения частицы почвы по поверхности рабочего органа;

μ_1 – коэффициент, отражающий влияние влажности почвы при обработке;

μ_2 – коэффициент, отражающий влияние плотности почвы при обработке;

b_1 – рабочая ширина захвата лемешного органа, м;

h_3 – высота формируемого противоэрозионного элемента, м;

a_1 – глубина срезания верхнего почвенного слоя рабочим органом, м;

a_1^* – установленное значение глубины срезания верхнего слоя почвы лемешным рабочим органом, м;

b_1^* – заданная ширина захвата рабочего органа, м.

С целью уточнения зависимости высоты формируемого противоэрозионного микрорельефа от приведенных выше параметров, определена система равенств (2.15).

$$\begin{cases} C = C(\mu_{вн}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \\ C_1 = C_1(\mu_{вн}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, b_1^*, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \\ C_2 = C_2(\mu_{вн}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, m, b_1^*, a_1, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \end{cases} \quad (2.15)$$

Используя равенства (2.14) и (2.15), перейдем к системе дифференциальных уравнений (2.16)

$$\begin{cases} \frac{dh_3}{db_1} = C_1(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, a_1^*, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \\ \frac{dh_3}{da_1} = C_2(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1^*, m, a_1, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \end{cases} \quad (2.16)$$

Используя введенные обозначения факторов, система (2.16) в векторной форме примет следующий вид (2.17):

$$\begin{cases} \frac{dh_3}{c_1 db_1} = \vec{G}t^2 + Cm(v_o + v_e)tb_1 a_1^* \mu_1 \mu_2 (\overline{\mu_{\text{вн}}N_1} + \overline{\mu_c N_2} + \overline{\mu_c N_3} - \overline{\mu_{\text{вн}}\Phi_1} - \overline{\mu_c \Phi_2} - \overline{\mu_c \Phi_3}) \\ \frac{dh_3}{c_2 da_1} = \vec{G}t^2 + Cm(v_o + v_e)tb_1^* a_1 \mu_1 \mu_2 (\overline{\mu_{\text{вн}}N_1} + \overline{\mu_c N_2} + \overline{\mu_c N_3} - \overline{\mu_{\text{вн}}\Phi_1} - \overline{\mu_c \Phi_2} - \overline{\mu_c \Phi_3}) \end{cases} \quad (2.17)$$

Решая систему уравнений (2.17) относительно переменных b_1 и a_1 получим (2.18):

$$\begin{cases} dh_3 = C_1(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, a_1^*, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, G, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3)db_1 \\ dh_3 = C_2(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1^*, m, a_1, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, G, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3)da_1 \end{cases} \quad (2.18)$$

Для определения функциональной зависимости высоты формируемого противозрозионного микрорельефа h_3 от изучаемых факторов, проинтегрируем обе части системы (2.18) по соответствующим переменным и перейдем к системе равенств (2.19), содержащих неопределенные интегралы, позволяющие определить функциональную зависимость высоты формируемых элементов микрорельефа от ширины захвата лемешных органов b_1 и глубины среза слоя почвы a_1 :

$$\begin{cases} \int dh_3 = \int C_1(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, a_1^*, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, G, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3)db_1 \\ \int dh_3 = \int C_2(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1^*, m, a_1, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, G, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3)da_1 \end{cases} \quad (2.19)$$

Зависимость высоты формируемого противозрозионного микрорельефа от основных изучаемых факторов установлена по выражению (2.20).

$$h_3 = h_3(\mu_{\text{вн}}, \mu_c, \mu_1, \mu_2, v_o, v_e, b_1, m, a_1, t, \alpha, \beta, \gamma, \eta, G, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3) \quad (2.20)$$

После этого определяем взаимосвязь ширины захвата лемешного рабочего органа с объемом формируемого противозрозионного элемента - V_3 , м³ на определенной его длине - l_3 , м.

Полученная поверхность созданного элемента противозрозионного микрорельефа может быть описана уравнением (2.21):

$$P_3: \chi^2 = -p(h_3 - c) \quad (2.21)$$

Тогда учитывая зависимость высоты противозрозионного микрорельефа - h_3 от ширины захвата рабочего органа – b_1 и величины срезаемого верхнего слоя почвы – a_1 , получим:

$$П_3: \chi^2 = -p(h_3(b_1 a_1) - c) \quad (2.22)$$

Введенные параметры – p и – c имеющие постоянные величины в выражениях (2.21) и (2.22) оказывают влияние, на форму создаваемой поверхности противозрозионного микрорельефа – $П_3$.

Прямая - $y^* \parallel Oy$, является образующей поверхности – $П_3$, создаваемого противозрозионного элемента.

Площадь нижнего основания противозрозионного элемента – S_k , которая является площадью проекции его поверхности – $П_3$, определяется по выражению (2.23):

$$S_k = l_3 b_3 \quad (2.23)$$

Где

b_3 – ширина нижнего основания противозрозионного элемента, м;

Площадь основания создаваемого элемента – S_k , ограничена образующими (2.24):

$$\chi = \chi_1, \chi = \chi_2, y = y_1, y = y_2 \quad (2.24)$$

Исходя из уравнения (2.24), определим основные размеры (длину и ширину) создаваемых противозрозионных элементов микрорельефа (2.25 – 2.26).

$$l_3 = \chi_2 - \chi_1 \quad (2.25)$$

$$b_3 = y_2 - y_1 \quad (2.26)$$

Объем, а, следовательно, высота и площадь основания создаваемых элементов микрорельефа зависит от ширины захвата рабочего органа, определяемый формулой, описывающей функциональную зависимость (2.27):

$$V_3 = \iiint_{V_3} d\chi dy dz = \int_{\chi_1}^{\chi_2} d\chi \int_{y_1}^{y_2} dy \int_0^{\chi^2 = -p(h_3 - c)} dz \quad (2.27)$$

Исследования полученных равенств (2.20) и (2.27) показывают, что ширина захвата лемешного рабочего органа оказывает существенное влияние на основные размеры, создаваемых противоэрозионных элементов.

Проинтегрировав выражение (2.27), получаем зависимость высоты элемента $h_э$ от глубины подрезания почвенного слоя a_1 , и ширины захвата лемешного органа – b_1 , при заданной ширине создаваемых элементов – $b_э$ и коэффициенте разрыхления почвенного слоя k_p (приложение Б):

$$h_э = \frac{3}{2} \frac{a_1 b_1 k_p}{b_э} \quad (2.28)$$

Используя выражение (2.28) и программу (приложение Б), построена графическая зависимость (рисунок 2.9) определяющая зависимость основных технологических параметров – $b_э$ и $h_э$ создаваемых противоэрозионных элементов от рабочей ширины захвата лемешных органов b_1 и глубины срезания почвенного слоя a_1 .

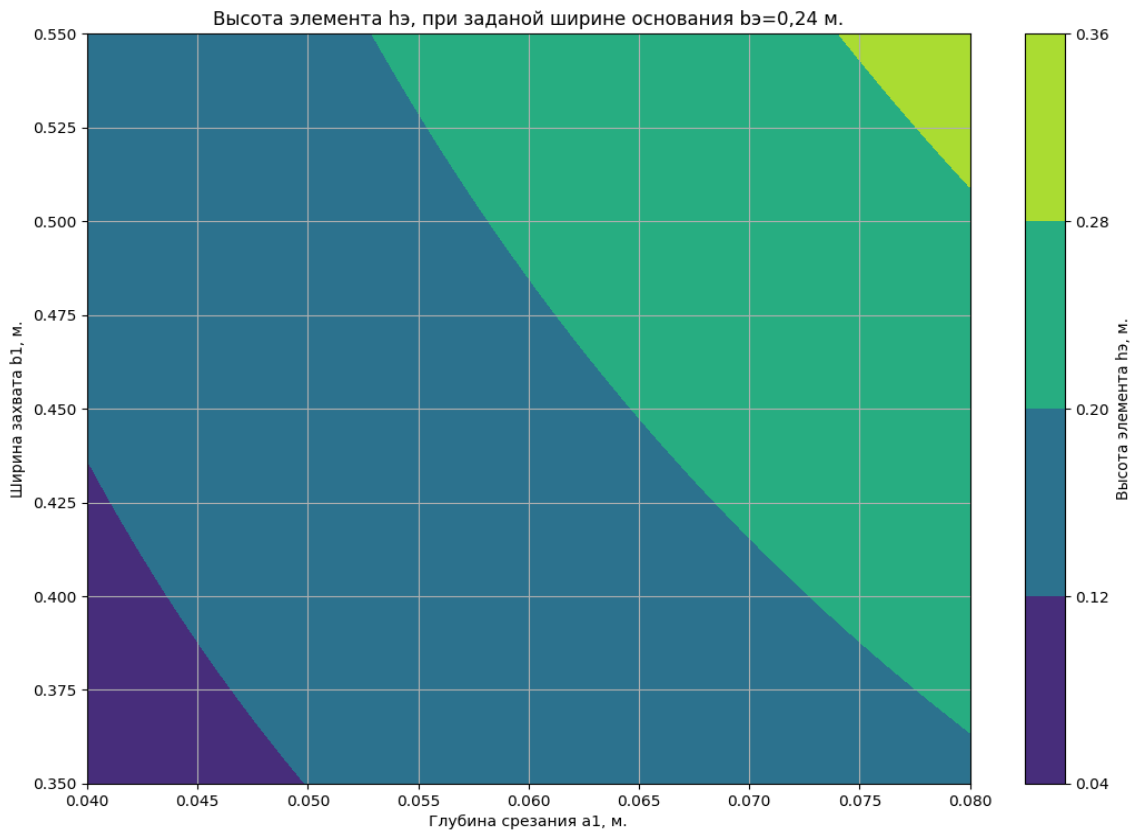


Рисунок 2.9 – Влияние рабочей ширины захвата b_1 лемешных органов и глубины срезания – a_1 почвенного слоя со стерней на основные размеры создаваемых противоэрозионных элементов $b_э$ и $h_э$

Полученные расчетные данные показывают, что для формирования противоэрозионных элементов с параметрами, определенными в агротехнических требованиях, рабочая ширина захвата лемешных органов орудия – b_1 , должна составлять – 0,4...0,45 м, при этом глубина срезания верхнего почвенного слоя – a_1 , должна находиться в пределах 0,044...0,072 м. Полученные расчетным путем параметры будут уточнены, в лабораторно-полевых экспериментах, на разных агрофонах.

2.6 Исследование энергоемкости разработанных рабочих органов орудия для противоэрозионной обработки

Разработанные лемешные рабочие органы в сочетании с плоскорежущими лапами, установленными на плоской сварной раме орудия, обеспечивают сплошное, безотвальное рыхление почвы и одновременное выравнивание гумусного слоя по толщине. Применение данной технологии обработки почвы, за счет создания на поверхности пашни препятствий, в виде противоэрозионных элементов обеспечит снижение водной эрозии и значительно сократит производственные затраты [15, 22, 24, 65, 88, 116, 117].

Анализируя данный процесс противоэрозионной обработки почвы видно, что он объединяет две взаимосвязанные технологические операции. В связи с этим общее тяговое сопротивление экспериментального орудия, будет определяться по выражению:

$$R = R_o + R_{пр}, \quad (2.29)$$

где R_o – тяговое сопротивление, возникающее при сплошном подрезании и рыхлении почвенного пласта безотвальными рабочими органами орудия, Н;

$R_{пр}$ – тяговое сопротивление дополнительного приспособления, оснащенного лемешными органами, возникающее при формировании противоэрозионных элементов, Н.

Тяговое сопротивление R_o почвообрабатывающего орудия, оснащенного плоскорежущими лапами, определяется по известной формуле академика В.П. Горячкина.

$$R_o = f \cdot (G_o + G_{\text{пр}}) + k_2 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot n_2, \quad (2.30)$$

Где f – коэффициент трения рабочих органов орудия при их протаскивании;

G_o – вес экспериментального противоэрозионного орудия, Н;

$G_{\text{пр}}$ – вес применяемых лемешных рабочих органов, Н;

k_2 – удельное сопротивление почвы, возникающее при безотвальной обработке плоскорежущими лапами, Н/м²;

a_2 – глубина обработки почвенного пласта плоскорежущими органами, м;

b_2 – рабочая ширина захвата одной плоскорежущей лапы, м;

n_2 – количество плоскорежущих лап на раме орудия, шт.

Тяговое сопротивление дополнительного приспособления, при формировании противоэрозионных элементов, будет складываться из следующих слагаемых:

$$R_{\text{п}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \quad (2.31)$$

где R_1 – сопротивление, возникающее при срезании лемешными рабочими органами верхнего слоя почвы со стерневыми остатками, Н;

R_2 – сопротивление, возникающее при смещении срезанного почвенно-стерневого слоя, в верхнюю часть рабочей поверхности лемешного органа, Н;

R_3 – сопротивление, возникающее при смещении срезанной почвенно-стерневой массы по необработанной поверхности поля, Н;

R_4 – сопротивление, возникающее при смещении почвенно-стерневой массы вдоль рабочей поверхности лемешного органа и схода смещаемой массы в создаваемые противоэрозионные элементы, Н.

Сопротивление – R_1 , возникающее при срезании слоя почвы со стерневыми остатками, лемешными рабочими органами определяется по выражению:

$$R_1 = k_1 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot n_1 \cdot \mu_1, \quad (2.32)$$

Где k_1 – удельное сопротивление резанию, верхнего почвенно-стерневого слоя Н/м²;

a_1 – глубина срезания верхнего почвенного слоя со стерней, лемешными рабочими органами, м;

b_1 – ширина захвата, подрезающего лемешного рабочего органа, м;

n_1 – количество лемешных рабочих органов, установленных на дополнительном приспособлении орудия, шт.;

μ_1 – коэффициент, зависящий от вида и количества корневых остатков, находящихся в верхнем почвенном слое ($\mu_1 = 1,1 - 1,3$).

Рабочая ширина захвата лемешного органа равна:

$$b_1 = l_{\text{л}} \cdot \sin \beta, \quad (2.33)$$

Где $l_{\text{л}}$ – конструктивная длина лемешного рабочего органа, м;

β – угол установки лемешного органа к направлению движения орудия (угол атаки), град. ($\beta = 40 \dots 45^\circ$).

Сопротивление – R_2 , возникающее при смещении срезанного почвенно-стерневого слоя, в верхнюю часть отвальной поверхности лемешного органа определяется по выражению:

$$R_2 = Q_{\text{нс}} \cdot \mu_{\text{с}} \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot n_1, \quad (2.34)$$

Где $Q_{\text{нс}}$ – масса срезанного верхнего почвенного слоя со стерневыми остатками, смещаемого лемешным органом, кг;

$\mu_{\text{с}}$ – коэффициент трения срезанного верхнего слоя почвы по рабочей поверхности лемешного органа, равный 0,7...0,91;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

γ – угол установки подрезающего лемеха рабочего органа к поверхности поля, град. ($\gamma = 35 \dots 40^\circ$).

Сопротивление – R_3 , возникающее при перемещении срезанного верхнего слоя почвы, лемешным органом, по необработанной стерневой поверхности участка, равно:

$$R_3 = Q_{nc} \cdot g \cdot \mu_{вн} \cdot i \cdot \sin \beta \cdot n_1, \quad (2.35)$$

Где $\mu_{вн}$ – коэффициент трения срезанного верхнего слоя почвы со стеревыми остатками по необработанной поверхности участка равный $0,85 \dots 1,2$;

i – коэффициент, зависящий от величины поперечного уклона обрабатываемого участка ($i=1 \dots 1,2$).

Сопротивление R_4 , возникающее при движении срезанного почвенного слоя вдоль рабочей поверхности лемешного органа равно:

$$R_4 = n_1 \cdot (Q_{nc} \cdot \mu_c \cdot g \cdot \cos \beta + S_{nc} \cdot \rho_{пс} \cdot v_e^2), \quad (2.36)$$

Где S_{nc} – площадь сечения смещаемой почвенно-стерневой массы, лемешным органом, m^2 :

$\rho_{пс}$ – объемная масса смещаемого верхнего почвенного слоя, $кг/м^3$;

v_e – относительная скорость смещаемого почвенного слоя, вдоль рабочей поверхности лемешного органа. $м/с$ (рисунок. 2.10).

$$v_e = v_o \frac{l_l}{l_1}, \quad (2.37)$$

Где l_l – конструктивная длина лемешного рабочего органа, $м$;

l_1 – расстояние от начала попадания срезанного слоя почвы на поверхность лемешного рабочего органа, до момента его схода с рабочего органа, $м$;

v_o – поступательная скорость орудия (рабочего органа), $м/с$.

$$v_e = v_o \frac{\sin(90^\circ - \eta - \beta)}{\sin(90^\circ + \eta)} = v_o (\cos \beta - \operatorname{tg} \eta \cdot \sin \beta) \quad (2.38)$$

Площадь сечения смещаемой почвенно-стерневой массы, лемешным рабочим органом равна, m^2 :

$$S_{nc} = \frac{1}{2} h_l^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi \cdot k_n, \quad (2.39)$$

Где:

$h_{\text{л}}$ – высота лемешного рабочего органа, м;

φ – угол естественного откоса сдвигаемой почвенно-стерневой смеси, при движении почвообрабатывающего орудия, град. ($\varphi \approx 35 \dots 40^\circ$);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий накопление сдвигаемой почвенно-стерневой массы, перед лемешным рабочим органом, ($k_{\text{н}} \approx 1,0 \dots 1,1$).

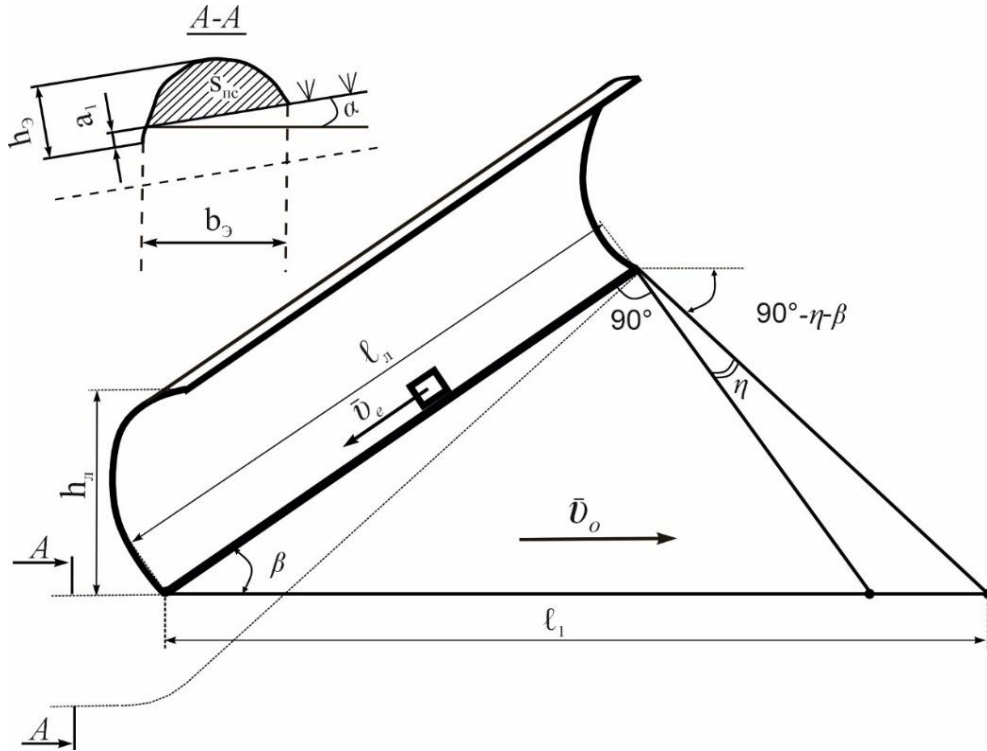


Рисунок 2.10 – Схема к исследованию процесса формирования противо-эрозионного элемента лемешным рабочим органом

Высота лемешного рабочего органа равна:

$$h_{\text{л}} = \sqrt{\frac{2S_{\text{лс}}}{\text{ctg}\varphi \cdot k_{\text{н}}}}, \quad (2.40)$$

Наибольшая пропускная способность лемешного рабочего органа при смещении почвенно-стерневой смеси в верхнюю часть обрабатываемого склона равна, м³/с:

$$Q_{\text{max}} = S_{\text{лс}} \cdot v_o, \quad (2.41)$$

Масса срезанной почвенно-стерневой смеси, сдвигаемой лемешным рабочим органом, определяется по выражению:

$$Q_{nc} = \frac{(h_{\text{л}} - a_1)^2 \cdot l_{\text{л}}}{2 \cdot \text{ctg} \beta \cdot k_P} \cdot \rho_{\text{пс}} \quad (2.42)$$

a_1 – глубина подрезания верхнего почвенно-стерневого слоя лемешно-отвальным рабочим органом, м;

k_P – коэффициент разрыхления сдвигаемой почвенно-стерневой смеси, ($k_P \approx 1,1 \dots 1,2$);

$\rho_{\text{пс}}$ – объемная масса смещаемого верхнего почвенного слоя, кг/м³.

Общее тяговое сопротивление экспериментального почвообрабатывающего орудия, оснащенного плоскорежущими лапами и дополнительным приспособлением с лемешными рабочими органами, равно:

$$\begin{aligned} R = & f \cdot (G_o + G_{\text{пр}}) + k_2 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot n_2 + k_1 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot n_1 \cdot \mu_1 + \\ & + Q_{nc} \cdot \mu_c \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta \cdot n_1 + Q_{nc} \cdot g \cdot \mu_{\text{вн}} \cdot i \cdot \sin \beta \cdot n_1 + \\ & + n_1 \cdot (Q_{nc} \cdot \mu_c \cdot g \cdot \cos \beta + S_{nc} \cdot \rho_{\text{пс}} \cdot v_e^2) \end{aligned} \quad (2.43)$$

$$\begin{aligned} R = & f \cdot (G_o + G_{\text{пр}}) + k_2 \cdot a_2 \cdot b_2 \cdot n_2 + n_1 \cdot (k_1 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot \mu_1 + \\ & + Q_{nc} \cdot \mu_c \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \sin \beta + Q_{nc} \cdot g \cdot \mu_{\text{вн}} \cdot i \cdot \sin \beta + \\ & + Q_{nc} \cdot \mu_c \cdot g \cdot \cos \beta + S_{nc} \cdot \rho_{\text{пс}} \cdot v_e^2) \end{aligned} \quad (2.44)$$

2.7 Выводы по главе

1 Разработана рациональная конструктивно-технологическая схема противоэрозионного орудия, снижающего водную и технологическую эрозию на склонах, объединяющая сплошную обработку почвы и создание на обработанной поверхности противоэрозионных элементов в единый технологический процесс.

2 Теоретическими расчетами установлена функциональная зависимость изменения скорости движения – v_e срезанного почвенного слоя со стерней, по отвальной поверхности рабочего органа, при изменяемой величине обрабатываемого склона и углах установки подрезающего лемеха рабочего органа (выражение 2.13) и определена возможность создания противоэрозионных элементов на склонах до 8° .

3 Определены основные рабочие параметры разработанных лемешных органов и формируемых противоэрозионных элементов (выражения 2.39 и 2.40) и их влияние на энергетические показатели экспериментального орудия.

4 Расчетами определена энергоемкость процесса обработки почвы экспериментальным орудием, выполняющим безотвальную обработку почвы с одновременным формированием противоэрозионных элементов (выражение 2.44) и при работе орудия, выполняющего только безотвальную обработку, без создания противоэрозионных элементов (выражение 2.32).

5 Для эффективной загрузки энергетических средств, при использовании противоэрозионного орудия с разработанными рабочими органами, должны применяться трактора класса 30...40 кН.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа выполнения экспериментальных исследований

Для выполнения обозначенной цели и проведения экспериментальных исследований, намеченных в данной работе, в соответствии с отраслевыми стандартами и рекомендациями [41, 53, 64, 95, 124,143], была разработана программа и методика проведения лабораторно-полевых и производственных опытов.

Исследование физико-механических и технологических свойств создаваемых противоэрозионных элементов и обоснование основных конструктивных параметров противоэрозионного орудия проводились на специальных лабораторных и лабораторно-полевых установках. Для получения объективных результатов исследований опыты проводились, в условиях типичных для зоны Поволжья, на одной лабораторно-полевой установке.

Агротехническая и агроэкологическая оценка противоэрозионного орудия определялась на полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», на разных агрофонах. При проведении исследований руководствовались следующими стандартами ГОСТ Р 54783-2011, ГОСТ 20915-1975, ГОСТ Р 52777-2007, ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ Р 53056-2008, СТО АИСТ 4.1-2010, СТО АИСТ 4.2-2010, СТО АИСТ 2.8-2010 [30-35, 41, 53, 54, 64, 86, 87].

Энергетические исследования противоэрозионного орудия, оборудованного плоскорежущими лапами и лемешными рабочими органами проводились в условиях, приближенных к производственным, с использованием тензометрической аппаратуры ИП-264.

Определение почвозащитной целесообразности предлагаемой противоэрозионной обработки почвы выполнялось, в лабораторно-полевых опытах, на оборудованных стоковых площадках. Степень противоэрозионной защищенности пашни определялась по величине поверхностного стока воды и потерям

плодородной почвы во время смыва. Данные исследования выполнялись согласно требованиям, изложенным в методиках [41, 53, 64, 95, 124].

Результаты, полученные в опытах, обрабатывались на ЭВМ с использованием стандартных программ MS Excel 2007 и MathCad 11. Экономическая целесообразность, применения противоэрозионного орудия, определялась с учетом сохранения плодородия почвы, в результате сокращения процессов эрозии, и повышения урожая полевых культур [34, 86].

3.2. Методика определения основных физико-механических свойств почвы и состояния поверхности обрабатываемых участков при проведении исследований

Тип и гранулометрический состав почвы, на полях, где проводились исследования, были определены (взяты) из находящихся в хозяйстве почвенных карт. Уклон участка, рельеф и микрорельеф поверхности, определялся с помощью нивелира, координатной рейки длиной 2 м, линейки с ценой деления 5мм и шнура.

3.2.1. Методика определения плотности и влажности почвы

Плотность почвы в разные периоды определяли методом взвешивания определённого объёма на весах ВЛКТ-500-М. Для этого использовался металлический цилиндр с известным объемом. Данный цилиндр погружался, на полную глубину, в почву без нарушения ее плотности. После извлечения цилиндра из почвы его наружная поверхность очищалась, а выступающая с обеих концов почва срезалась острым ножом. После взвешивания цилиндра с образцом, часть почвы помещалась в алюминиевую номерную бюксу для определения влажности.

Формула, используемая для определения плотности почвы

$$\rho = \frac{Q_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}}, \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{п}}$ – масса сухой почвы, в объеме используемого цилиндра, кг;

$V_{\text{ц}}$ – внутренний объем используемого цилиндра, м³.

При определении влажности пахотного слоя образцы отбирались по диагонали исследуемого участка, в слоях 0...10; 10...20 и 20...30 см. Для сушки взятых образцов, использовался сушильный шкаф СЭШ-3М. Содержание почвенной влаги в метровом слое определяли, на всех изучаемых вариантах, методом бурения. Отбор образцов проводили, с интервалом равным 10 см, непосредственно перед посевом яровых и озимых культур. Сушку и взвешивание почвенных образцов проводили с использованием лабораторного оборудования (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Оборудование, используемое для определения плотности и влажности почвы (сушильный шкаф СЭШ-3М, весы ВЛКТ-500-М, металлический цилиндр и номерные бьюксы)

Формула для определения влажности почвы:

$$W_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_0} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{в}}$ – масса влаги, испарившейся из почвенного образца, г;

Q_0 – масса сухой почвы исследуемого образца, г.

3.2.2. Методика определения твердости почвы, массы и высоты пожнивных остатков

Масса пожнивных остатков, находящихся на поверхности поля перед проведением исследований, определялась с применением лабораторной рамки, размером 0,5×0,5 м. Образцы стерни подрезались на глубине 5 см, после чего взвешивались с точностью до 0,1 г. Данные исследования проводили с пятикратной повторностью.

Высота пожнивных остатков определялась при помощи линейки с точностью до 0,5 см. Измерения проводили по диагонали исследуемого участка, количество измерений, в опытах, было не менее 100.

Твердость почвы в пахотном слое определяли при помощи твердомера Ревякина А.Н. Замеры выполнялись по диагонали исследуемого участка, повторность опытов пятикратная.

Формула для определения твердости почвы:

$$T = \frac{h_{cp} \cdot M}{S_{\Pi}}, \quad (3.3)$$

где h_{cp} – средняя высота полученной диаграммы на данном замере, см;

M – масштаб пружины, установленной в твердомере, кг/см;

S_{Π} – площадь сечения погружаемого в почву плунжера твердомера, см².

3.2.3. Методика определения коэффициентов внутреннего трения и трения скольжения по стальной поверхности создаваемых противоэрозионных элементов

Основные физико-механические свойства смеси почвы со стерней, из которой создаются противоэрозионные элементы микрорельефа, которые необходимы для дальнейших расчетов, а именно коэффициент трения по стальной поверхности и внутренний коэффициент трения почвенной смеси, со

стерней полевых культур, определяли на изготовленной лабораторной установке (рисунок 3.2).

Лабораторная установка состоит (рисунок 3.2) из продольного ящика - 1 заполненного изучаемой почвенной смесью -2, подвижной тележки-3, перемещаемой на роликах-4 по направляющим дорожкам -5. Подвижная тележка-3 соединена тросом – 6, через блок -7, с грузовой платформой – 8 на которой устанавливается груз – 9. Для устойчивости хода и создания постоянного удельного давления исследуемого материала, в верхней части подвижной тележки -3, размещен груз-10.

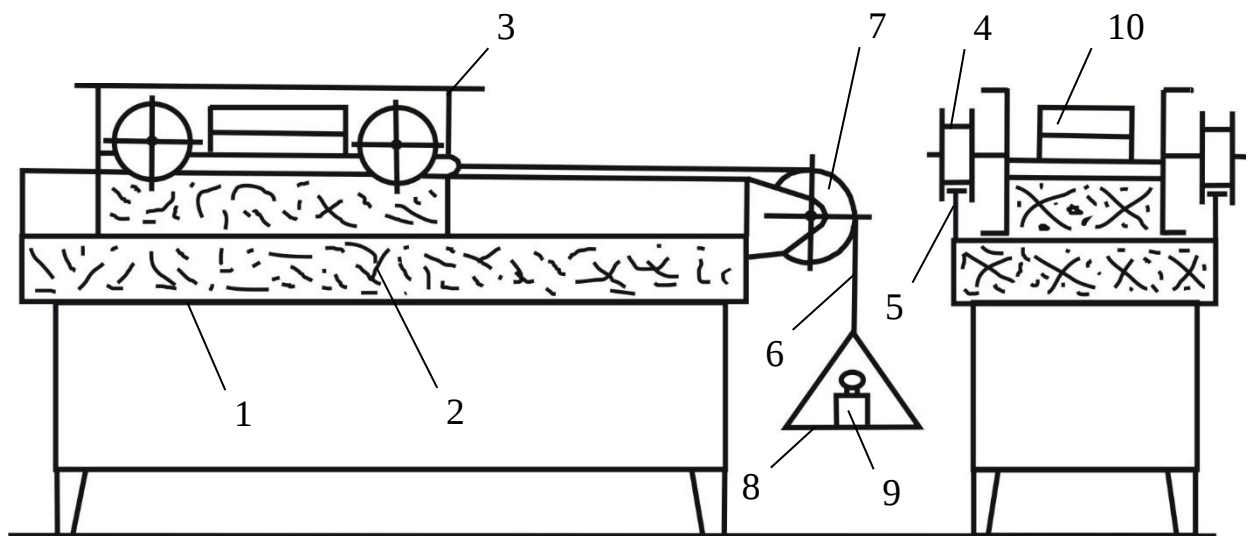


Рисунок 3.2 – Схема используемой установки при определении физико-механических свойств.

При проведении опыта вначале определяли силу трения подвижной тележки на холостом ходу. После этого продольный ящик – 1 и внутренняя полость подвижной тележки-3, заполнялись исследуемым материалом -2, из которого состоят противозерозионные элементы. Далее на площадку подвижной тележки-3, устанавливали груз 10 и догружали грузовую платформу – 8 навесками с различной массой – 9. Масса данных навесок увеличивалась до момента начала движения тележки-3, по направляющим дорожкам – 5. После чего определялась общая масса навесок, установленных на грузовую платформу –

8. Коэффициент внутреннего трения – $\mu_{\text{вн}}$, исследуемого материала противоэрозионных элементов, определяли по формуле (3.4). Опыты повторяли с пятикратной повторностью.

После изменения влажности исследуемого материала противоэрозионных элементов, до необходимой величины, опыт повторялся в той же последовательности.

$$\mu_{\text{вн}} = \frac{F_c - F_x}{Q_o + Q_{\Gamma}}, \quad (3.4)$$

где F_c - суммарная сила трения скольжения, Н;

F_x – сила трения, возникающая на холостом ходу подвижной тележки, Н;

Q_o – масса образца материала противоэрозионного элемента, кг;

Q_{Γ} – масса навесок, установленных на грузовой платформе, кг.

Изучение коэффициента трения скольжения изучаемого материала по стальной поверхности – $\mu_{\text{пс}}$ производилось на той же установке.

Отличие данных исследований заключалось в том, что перемещение подвижной тележки -3 с исследуемой почвенной смесью проводилось по поверхности установленного металлического листа. В этих опытах, так же определяли верхнюю границу влажности, изучаемого материала противоэрозионных элементов, при которой наблюдается устойчивое его налипание, на стальную поверхность. Данная влажность изучаемого материала считалась критической, т.е. такой влажностью, при которой происходит нарушение процесса, в связи с налипанием исследуемого материала на металлическую поверхность.

3.3 Технические средства, применяемые при проведении экспериментальных исследований

Определение оптимальных параметров и режимов работы лемешных рабочих органов проводили в лабораторно-полевых опытах на участке с попе-

речным уклоном от 0 до 8°. Исследования выполняли с использованием специальной экспериментальной установки, которая агрегатировалась тракторами класса 30...40 кН (рисунки 3.3 и 3.4). Лабораторно-полевые исследования выполнялись с четырёхкратной повторностью.

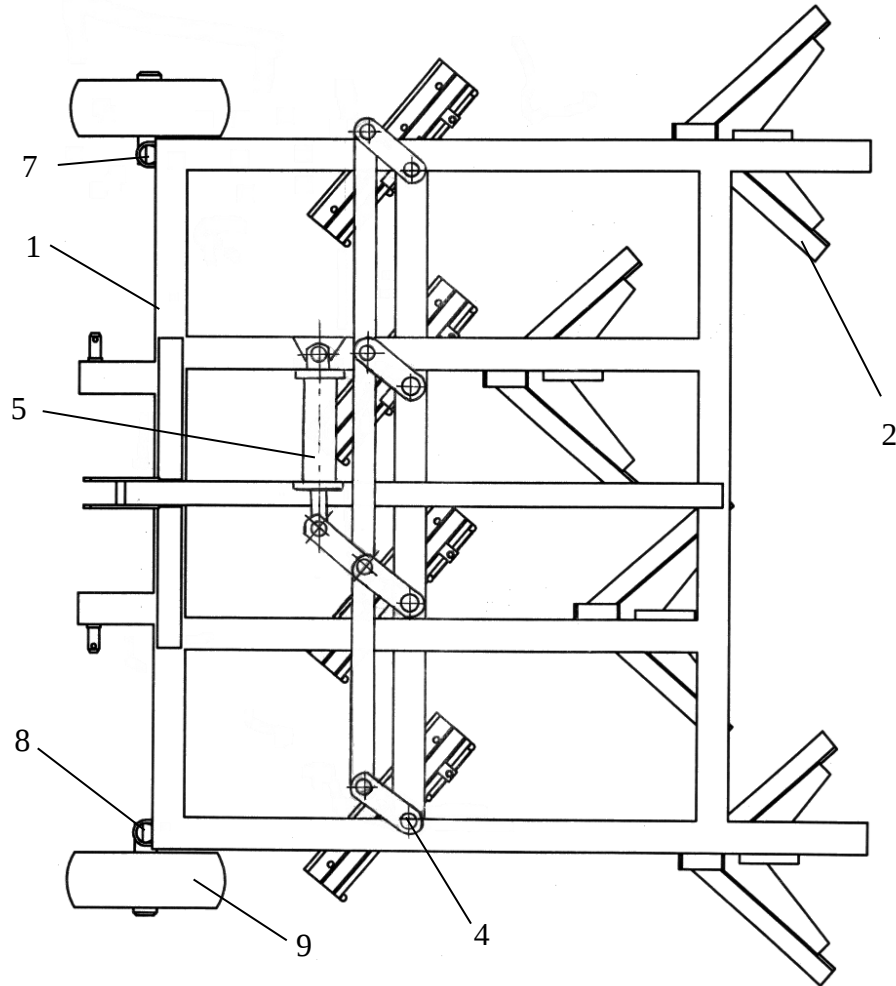


Рисунок 3.3 – конструктивно-технологическая схема экспериментальной установки, используемой в опытах (рама-1, 2-плоскорежущие лапы, 3-лемешные рабочие органы, 4-вертикальные оси, 5-поворотный гидроцилиндр, 6-поперечная тяга, 7 и 8 – винтовой регулировочный механизм, 9-опорные колеса)

Разработанная экспериментальная установка (рисунок 3.3) содержит сварную раму прямоугольной формы – 1, на продольных лонжеронах которой, в два ряда, закреплены стойки плоскорежущих лап – 2, перед которыми установлены лемешные рабочие органы – 3 с отвальную поверхностью. Лемешные органы – 3 закреплены, на вертикальных осях – 4 в один ряд, с возможностью их поворота и изменения угла атаки. Разворот лемешных рабочих органов -3,

производится при помощи поворотного гидроцилиндра – 5, и поперечной тяги – 6. Регулировка глубины обработки почвы рабочими органами – 3 и плоскорежущими лапами – 2 осуществляется, за счет их подъема или опускания, с помощью регулировочных винтовых механизмов – 7 и 8. Устойчивость глубины обработки почвы, во время работы, достигается за счет наличия опорных колес – 9, расположенных в средней части рамы – 1.



Рисунок 3.4 – Общий вид экспериментальной установки, агрегатируемой трактором 30 кН

Перед проведением исследований устанавливалась необходимая глубина срезания верхнего слоя почвы лемешными органами-3 и глубина сплошной обработки плоскорежущими лапами-2, с помощью опорных колес -9 и регулировочных механизмов 7 и 8. При движении почвообрабатывающего орудия поперек склона, плоскорежущими рабочими органами – 2 производилась безотвальная обработка почвы. Одновременно с этим проводилось формирование противоэрозионных элементов из срезанного, и смещенного в верхнюю часть склона, слоя почвы, со стерневыми остатками. Процесс срезания верхнего слоя, его смещения и создания из образовавшейся смеси противоэрозионных элементов, производится лемешными рабочими органами 3.

При разворотах противоэрозионного орудия, поворотным гидроцилиндром 5, через поперечную тягу – 6, производился перевод лемешных органов – 3, в горизонтальной плоскости, на 90° градусов. В результате этого лемешные органы – 3 разворачивались, своей рабочей поверхностью, в сторону вершины обрабатываемого склона. Это позволяло, при движении орудия в обратном направлении, смещать подрезанную почвенную смесь постоянно только в верхнюю часть склона. Данный процесс основной обработки почвы позволяет снижать технологическую эрозию, за счет смещения плодородного гумусного слоя в верхнюю часть склона и частичного его выравнивания по толщине.

3.4 Методика определения параметров разработанных рабочих органов, используемых в противоэрозионном орудии

При определении оптимальных параметров лемешных органов орудия были изготовлены их различные варианты, отличающиеся по конструктивному исполнению.

По форме отвальной поверхности в исследованиях были использованы следующие рабочие органы (рисунок 3.5):



Рисунок 3.5 – Общий вид лемешного рабочего органа с отвальной поверхностью (а – отвальная поверхность с прямыми боковыми обрезами; б – отвальная поверхность со скошенными боковыми обрезами)

- отвальная поверхность с прямыми боковыми обрезами (а);
- отвальная поверхность со скошенными боковыми обрезами (б);

С целью выявления оптимальных конструктивных и технологических параметров в лабораторно-полевой установке были предусмотрены соответствующие регулировки лемешных рабочих органов:

- угол установки (атаки) лезвия лемеха к направлению движения агрегата $\beta=30\dots50^\circ$;
- угол крошения подрезающего лемеха рабочего органа $\gamma=30\dots50^\circ$;
- глубина подрезания верхнего почвенного слоя со стерней $a_1=3\dots8$ см;
- глубина сплошной безотвальной обработки почвы лапами $a_2=8\dots20$ см;

3.4.1 Методика определения основных агротехнических и эксплуатационно-технологических параметров

Данные исследования проводилась в соответствии с действующими отраслевыми стандартами и разработанными на их основе методиками [30-35, 41, 54, 86, 87].

Исследуемые агротехнические и технологические параметры:

- равномерность глубины срезания почвенного слоя со стерней, $\pm$ см;
- равномерность глубины сплошной обработки почвы, $\pm$ см;
- крошение обработанного почвенного слоя, %, размеры комков, см;
- величина смещения срезанного почвенного слоя в верхнюю часть склона, см;
- параметры (высота и ширина нижнего основания) элементов образуемого противоэрозионного микрорельефа, см;
- масса одного погонного метра элемента, создаваемого из срезанного и смещенного почвенного слоя, кг/м;

Изучаемые эксплуатационно-технологические параметры:

- скорость движения противоэрозионного орудия, м/с;
- производительность орудия, за 1 час основного времени, га;
- погектарный расход топлива, кг/га;

Равномерность глубины срезания верхнего почвенного слоя со стерневыми остатками определялась после прохода экспериментального орудия. На поверхность двух соседних элементов созданного микрорельефа укладывалась линейка длиной 1 метр и проводились замеры, от нижнего обреза линейки до дна срезанной лемешными рабочими органами полосы почвы. Замеры проводились с интервалом 5 см, поочередно под каждым рабочим органом. Повторность опытов четырехкратная.

3.4.2 Методика определения основных технологических параметров создаваемых противоэрозионных элементов

Технологические параметры образуемых элементов микрорельефа (высота и ширина) определялись с помощью, двух линеек, длиной по 2 метра. Линейки укладывались продольно, на верхнюю часть двух соседних элементов. После чего проводились замеры от нижнего обреза линеек до поверхности пашни, с точностью измерений до 0,5 см. Измерения проводили, в местах установившегося режима работы, но не ближе 30 метров от края исследуемого участка (рисунок 3.6).

Масса одного погонного метра созданного противоэрозионного элемента, определялась при помощи мерного ящика и весов. Один погонный метр валика противоэрозионного микрорельефа, с помощью совка собирался в ящик, до поверхности пашни, и взвешивался на весах с точностью до 5 г. После чего по формуле (3.5) определяли массу одного погонного метра перемещенной почвенной смеси в верхнюю часть склона.



Рисунок 3.6 – Оборудование, используемое в лабораторно-полевых исследованиях (профильная линейка, твердомер Ревякина А. Н., агрономический щуп, рамка размером 0,5х0,5 м)

$$Q_{\text{пм}} = \frac{Q_{\text{э}} - Q_{\text{т}}}{\ell_{\text{э}}} \quad (3.5)$$

где $Q_{\text{э}}$ – масса противоэрозионного элемента (тары с почвенной смесью), кг;

$Q_{\text{т}}$ – масса пустой тары, кг;

$\ell_{\text{э}}$ – учетная длина элемента микрорельефа, с которого собрана почвенная смесь, м.

Величину смещения срезанного верхнего слоя почвы с пожнивными остатками определяли с помощью линейки, которая укладывалась на вершины элементов созданного микрорельефа. Исследования проводили по стерне озимой пшеницы на склоне с уклоном от 0 до 8°. Замеры проводились от центра срезанной лемешными рабочими органами полосы почвы до центра (оси симметрии) образуемого из этой почвы противоэрозионного элемента. Проводимые измерения выполнялись поочередно на всех лемешных рабочих органах

на прямом и обратном проходах экспериментального орудия. Опыты проводили с четырехкратной повторностью.

3.5 Методика определения потерь почвенных и водных ресурсов

Для определения величины потерь воды в виде поверхностного стока и почвы при смыве плодородного слоя, оборудовались специальные стоковые площадки. Их закладывали на склоне южной экспозиции, до наступления устойчивых заморозков, на всех изучаемых вариантах обработки почвы. Учет потерь воды во время дождей и снеготаяния проводился с помощью установки специальных водосливов с треугольными вырезами (рисунок 3.7). Во время активного таяния снежного покрова, через каждый час, проводили постоянные замеры и учет потерь талой воды, через водосливы.



Рисунок 3.7 – Стоковая площадка, оборудованная водосливом

3.6. Методика определения тяговых характеристик экспериментального орудия

Энергетические показатели экспериментального орудия проводились на выровненном участке с однородной по гранулометрическому составу почвой. Исследования проводили при влажности почвы в пахотном слое – 18,5% и твердости – 1,9 Мпа. Глубина безотвальной обработки почвы составляла 16 см. Опыты проводились по двум вариантам: 1 -определялось тяговое усилие орудия в работе с дополнительным приспособлением, оснащенным лемешными органами; 2 – при работе орудия с отключенным дополнительным приспособлением. Поступательная скорость орудия, на обоих вариантах опыта, изменялась от 1,5 до 2,8 м/с.

Перед началом каждого опыта проводилась тарировка и прогрев аппаратуры. Измерительный комплекс ИП 264 включался в работу после прохода полосы разгона, равной 30 метров, при установившемся режиме работы орудия. На каждом варианте, опыты проводились с трехкратной повторностью.

Для измерения крутящих моментов применялись полуоси с фольговыми тензорезисторами, соединенными по мостовой схеме. Расстояние, пройденное орудием, фиксировалось при помощи путеизмерительного колеса, установленного на подпружиненной подвеске.

3.7. Определение эффективности применения экспериментального орудия

Изучение основных обработок почвы на склоновых землях и их влияние на агроэкологические показатели и формирование урожая зерновых культур проводилась с использованием рекомендуемых методик [41,53].

Опыты проводились на 5 вариантах, повторность опытов 3 кратная. Размеры каждой делянки составляли: длина – 200 метров, ширина – 36 метров. Биологическая урожайность зерна определялась с помощью рамки размером

0,5 на 0,5 м в 5 кратной повторности. После обмолота снопов зерно очищалось от примесей, а влажность приводилась к стандартной, равной 14%. В опытах изучались три способа обработки почвы: безотвальная на глубину 12...14 см и 20...22 см; разработанная противоэрозионная обработка с формированием на поверхности пашни противоэрозионных элементов на такую же глубину и отвальная обработка на глубину 20...22 см, в качестве контроля. После определения биологической урожайности проводилась уборка делянок прямым комбайнированием, комбайном САМПО – 500. Зерновая часть с каждого варианта опыта взвешивалась и приводилась к стандартной влажности и чистоте.

3.8. Выводы по главе

1. Методика определения физико-механических и технологических свойств используемых агрофонов и формируемых противоэрозионных элементов, позволила определить необходимые исходные данные для обоснования рациональных рабочих органов противоэрозионного орудия.

2. Используемые общие и частные методики, экспериментальные установки, приборы и оборудование позволили получить объективные данные, которые использовались при проектировании и изготовлении экспериментального образца противоэрозионного орудия.

3. Исследование разработанного экспериментального орудия в лабораторно-полевых и производственных условиях, по изложенной методике позволило определить объективные технико-экономические показатели.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Исследования рабочих органов нового противозрозионного орудия для обработки почвы на склоновых полях проводились в соответствии с разработанной программы, изложенной в третьем разделе диссертации.

4.1 Исследование физико-механических свойств элементов противозрозионного микрорельефа

При разработке новых рабочих органов экспериментальных машин необходимо иметь полную информацию о условиях в которых предполагается ее эксплуатация. В связи с этим проводились исследования конкретных условий, т.е. тип и гранулометрический состав почвы, влажность и твердость пахотного слоя, количество пожнивных остатков и их высота, рельеф и микрорельеф поля, а также физико-механические свойства почвенной смеси, из которой формируются противозрозионные элементы.

Изучению этих показателей отводится особое значение, в связи с тем, что они влияют на параметры разрабатываемых рабочих органов почвообрабатывающего орудия, на его тяговые характеристики, а также на агротехнические, эксплуатационно-технологические и энергетические показатели.

Определение коэффициентов внутреннего трения и трения скольжения по металлической поверхности изучалось на почвенной смеси, с использованием стерни полевых культур. Опыты проводились на лабораторной установке, изображенной на (рисунке 3.1). Влажность изучаемого материала при исследовании коэффициентов трения изменялась с интервалом 3,2...3,7% в шести точках. Результаты, полученные при проведении экспериментов показаны на графиках (рисунки 4.1 и 4.2).

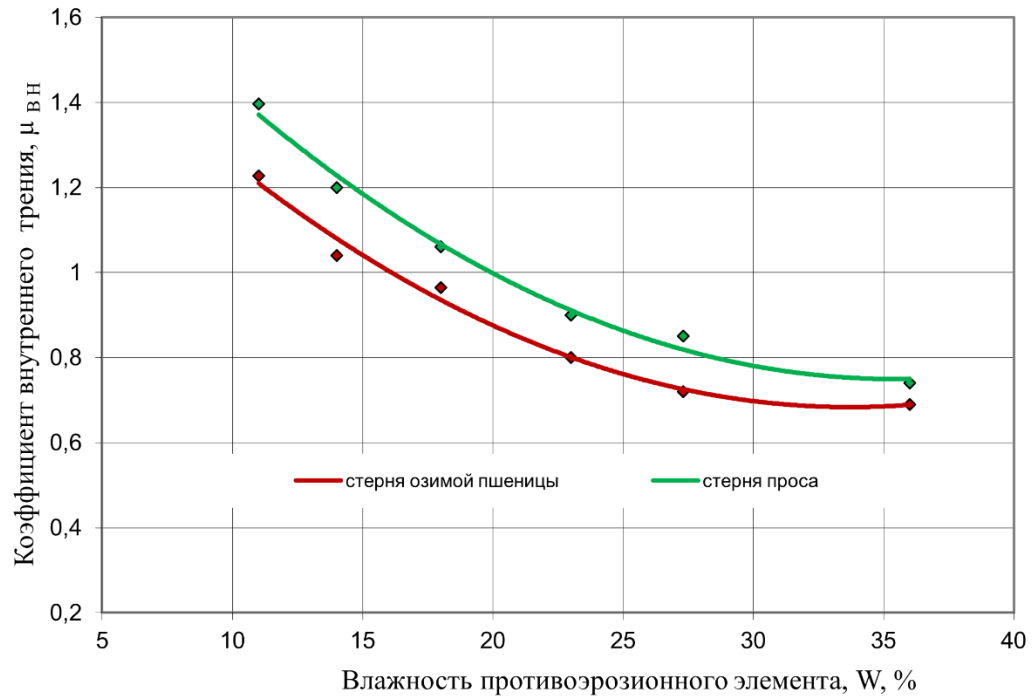


Рисунок 4.1 – Зависимость величины коэффициента внутреннего трения $\mu_{вн}$ материала противозерозионного элемента от его влажности W

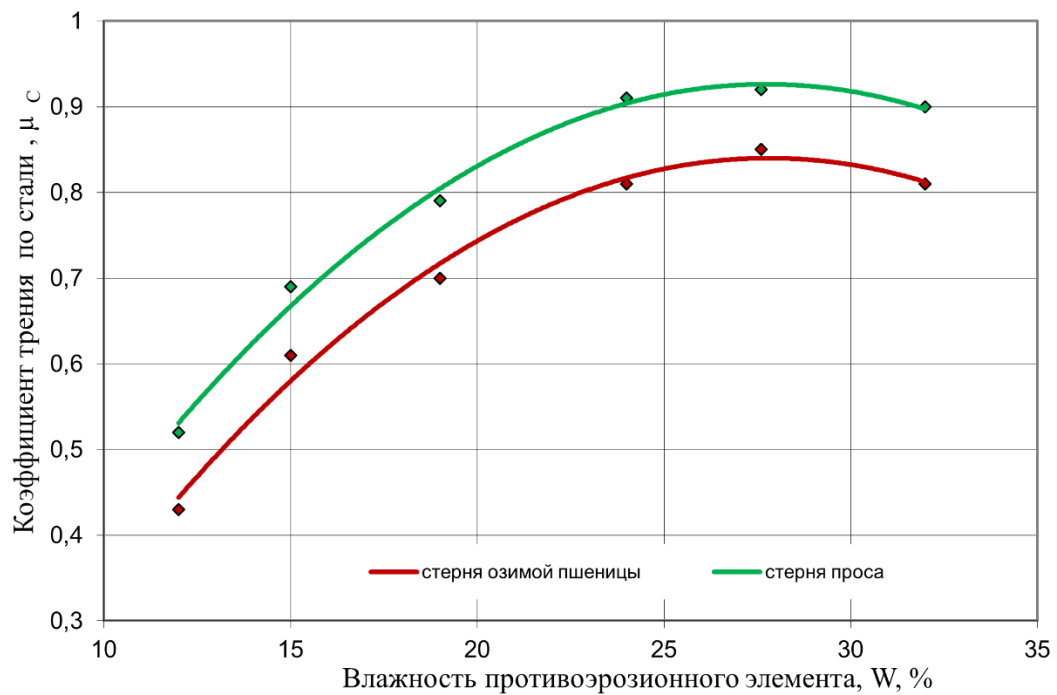


Рисунок 4.2 – Зависимость величины коэффициента трения скольжения материала противозерозионного элемента по стальной поверхности μ_c от его влажности W

Анализируя полученные результаты исследований видно, что с повышением влажности исследуемого материала до 25,4%, значения коэффициентов внутреннего трения снижаются. У образца со стернёй озимой пшеницы значение данного коэффициента трения снижаются до 0,68, а на образцах со стернёй проса до 0,83. Дальнейшее увеличение влажности изучаемого материала почвенной смеси до 35,2% практически не изменяет значение коэффициента трения. Для материала, состоящего из смеси почвы со стерней проса, при той же влажности изучаемых образцов, значение данного коэффициента снижалось до 0,78.

Значения коэффициентов трения скольжения по металлической поверхности, с увеличением влажности изучаемых образцов до 24% возрастают. У образца со стернёй озимой пшеницы данный коэффициент увеличивается до 0,82, у образца со стернёй проса до 0,91. Увеличение коэффициентов трения происходит в результате повышения липкости почвенной смеси. Максимальное значение коэффициентов трения у обоих исследуемых образцов отмечается при их влажности 27,5%, у образца со стерней озимой пшеницы он составил 0,86, у образца со стерней проса 0,93. При увеличении влажности исследуемых образцов выше 27,5%, значения коэффициентов трения незначительно снижаются, у образца со стерней проса до 0,90, у образца со стерней пшеницы до 0,81.

Значения коэффициента трения скольжения по металлической поверхности и коэффициента внутреннего трения материала противозерозионных элементов, состоящих из почвенно-стерневой смеси, определенные в опытах, могут быть использованы в расчетах при проектировании технических средств, работающих в аналогичных условиях.

Проведенные исследования показывают, что наиболее предпочтительной для выполнения технологического процесса обработки почвы, можно считать влажность почвенной смеси от 14 до 25%. При более низкой влажности могут образовываться крупные почвенные комья, а при влажности более 25%,

периодически может нарушаться процесс создания противоэрозионных элементов в связи с налипанием почвенной смеси на поверхность лемешных рабочих органов орудия.

4.2. Лабораторно-полевые исследования противоэрозионного почвообрабатывающего орудия

При проведении теоретических исследований были определены основные факторы влияющие на процесс формирования противоэрозионного микрорельефа и выявлено их влияние на скорость перемещения почвенной смеси по металлической поверхности лемешного рабочего органа, при создании противоэрозионных элементов. В данном разделе необходимо проверить достоверность теоретических расчетов и выявить влияние факторов, которые не удастся определить расчетным путем, таких как угол установки (крошения) подрезающего лемеха, оптимальные границы влажности и твердости почвы, количество стерневых остатков на поверхности поля и т.д. оказывающих влияние на технологический процесс обработки почвы.

4.2.1 Зависимость процесса создания противоэрозионных элементов от угла крошения подрезающего лемеха и влажности пахотного слоя

С целью получения более полной информации данные исследования выполнялись на двух агрофонах. Первая серия опытов выполнялась на участке после уборки яровой пшеницы, при низкой влажности почвы в пахотном слое 13,4% и с небольшим количеством стерневых остатков. Твердость почвы составляла 3,1 Мпа, масса пожнивных остатков 178 г/м², высота стерневых остатков 14,3 см. Вторая серия опытов выполнялась после уборки поздних яровых культур, по стерне проса с большим количеством стерневых остатков.

Данные исследования проводились в более благоприятных условиях: влажность почвы на данном участке составляла 23,8%, твердость обрабатываемого слоя 1,9 Мпа, масса стерневых остатков 298 г/м².

Полученные результаты (рисунок 4.3) показывают, что в обоих вариантах, увеличение угла установки подрезающего лемеха рабочего органа γ до 40° приводит к более устойчивому заглублению рабочих органов в почву. В результате чего происходит равномерное подрезание почвенного слоя и масса создаваемого противоэрозионного элемента, на стерне проса, увеличивается на 60,2% до 19,7 кг. При увеличении угла установки подрезающего лемеха более 40°, наблюдается неустойчивый сход подрезанной почвенной смеси с рабочего органа. Это приводит к нарушению технологического процесса, в результате волочения почвенной смеси перед рабочими органами. В итоге масса одного погонного метра созданного противоэрозионного элемента снижается на 14,5%, до 17,21 кг. На участке со стерней яровой пшеницы, при более низкой влажности почвы равной 13,4%, с увеличением угла γ с 25 до 40°, за счет увеличения реакции со стороны подрезаемого слоя почвы на рабочую поверхность лемеха, обеспечивается более устойчивое его заглубление. Это приводит к значительному увеличению массы 1 п. м. создаваемого противоэрозионного элемента с 6,5 до 17,6 кг. Дальнейшее увеличение угла γ до 50°, также приводит к нарушению процесса схода почвенно-стерневой массы с поверхности рабочего органа. В итоге масса перемещенной почвы снижается на 18,1% до 14,9 кг. Исходя из результатов проведенных опытов, наиболее оптимальным, можно считать угол установки подрезающего лемеха к поверхности поля γ равный 35...40°.

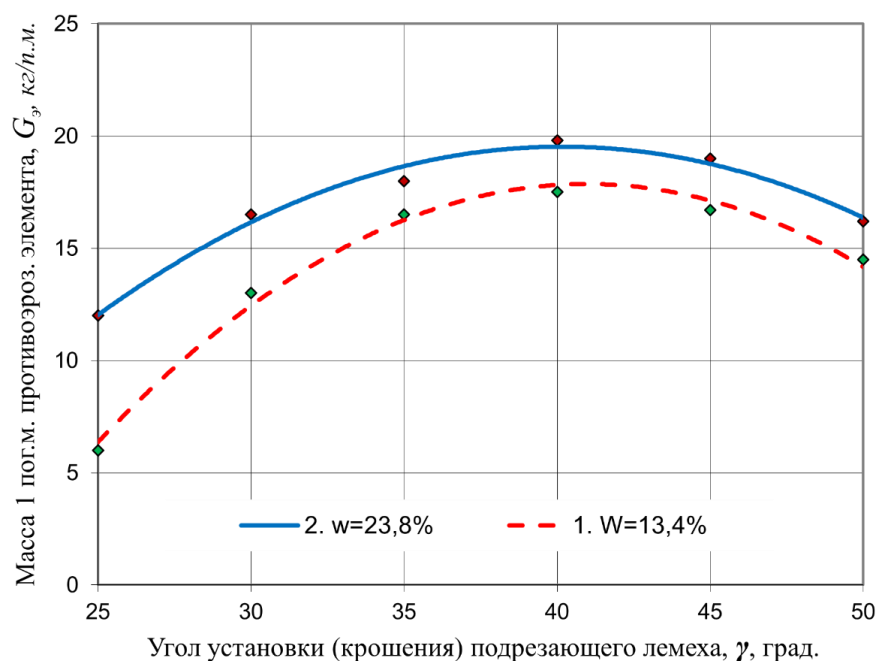


Рисунок 4.3 – Зависимость процесса создания противоэрозионных элементов от угла установки (крошения) γ подрезающего лемеха и влажности почвы – W (1. – влажность почвы $W=13,4\%$; 2. – влажность почвы $W=23,8\%$)

4.2.2 Влияние угла крошения подрезающего лемеха и глубины срезания верхнего слоя почвы на параметры противоэрозионных элементов

Предварительными опытами выявлено, что глубина срезания почвенного слоя со стерневыми остатками является одним из основных факторов, оказывающих влияние на размеры создаваемых элементов противоэрозионного микрорельефа. В связи с этим ставилась задача по определению нижней и верхней границы этого фактора, который бы обеспечивал формирование противоэрозионных элементов с оптимальными технологическими параметрами, определенными агропотребованиями. Данные исследования проводились, в типичных для данной зоны условиях, при влажности верхнего почвенного слоя $18,5\%$, твердости $2,2$ Мпа, с количеством стерневых остатков на поверхности – 230 г/м².

Полученные результаты показали, что увеличение угла крошения подрезающих лемехов при всех исследуемых вариантах глубины срезания почвенного слоя, значительно увеличивает поперечное сечение и массу создаваемых элементов (рисунок 4.4).

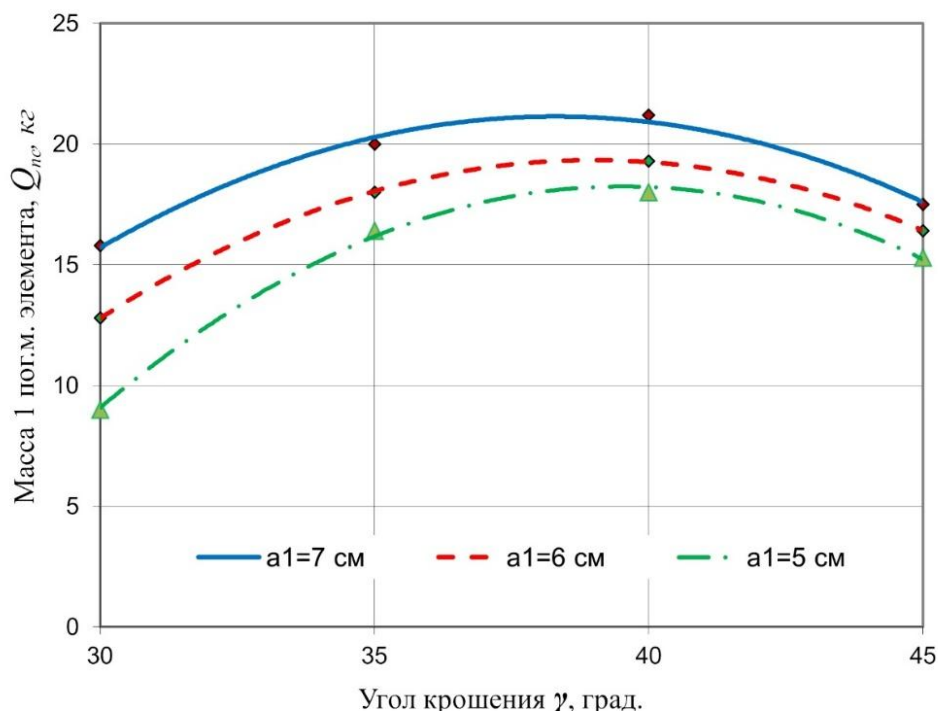


Рисунок 4.4 – Влияние угла крошения – γ и глубины срезания верхнего слоя почвы – a_1 на процесс создания противозерозионных элементов

При установленной глубине срезания 0,05 м, масса одного погонного метра создаваемых элементов микрорельефа, с увеличением угла крошения до 40° возрастает на 94% до 17,5 кг. При установленной глубине срезания почвы 0,06 и 0,07 метра масса создаваемых элементов увеличивается соответственно на 33 и 56 % до 19,2 и 21,2 кг. Увеличение глубины срезания стернового слоя почвы более 0,07 м приводит к значительному увеличению основных размеров создаваемых элементов, которые выходят за границы, установленные агротехническими требованиями. Кроме этого, неоправданно возрастают энергетические затраты. При глубине срезания почвенного слоя равной 0,04 м при всех исследуемых углах крошения γ , происходит неустойчивое заглубление и срезание стерновых остатков. В итоге масса создаваемых элементов снижается до 20%, а основные их размеры высота и ширина нижнего основания значительно

изменяются в продольном направлении их формирования. Это приводит к нарушению слитной формы элементов в результате образования пустот по всей их длине, что приведет к просачиванию воды через такие пустоты и снижению противоэрозионной надежности таких обработок.

4.2.3 Влияние формы отвальной поверхности лемешного рабочего органа и поступательной скорости почвообрабатывающего орудия на параметры создаваемых элементов микрорельефа

Данная серия опытов по выявлению наиболее оптимальной формы отвальной поверхности рабочего органа проводилась в следующих условиях: агрофон- стерня озимой пшеницы, рельеф участка выровненный, с уклоном, не превышающим 2° , влажность и твердость почвы при проведении исследований составляли соответственно 16,5% и 2,0 Мпа, масса стерневых остатков в среднем была равна 236 г/м².

Анализ полученных результатов показывает (рисунок 4.4), что при увеличении поступательной скорости орудия от 1,4 до 2,8 м/с (4,7...10,1 км/ч), форма, ширина и высота создаваемого микрорельефа изменялись в незначительных пределах. В указанном диапазоне скоростей средняя высота создаваемых элементов микрорельефа h_z снижается на 20,3% с 0,175 до 0,14 м, а их ширина b_z , увеличивается в среднем на 18,2%, с 0,22 до 0,26 м. По агротехническим требованиям, эти показатели должны быть в пределах (высота 0,12...0,20 м, ширина 0,20...0,28 м).

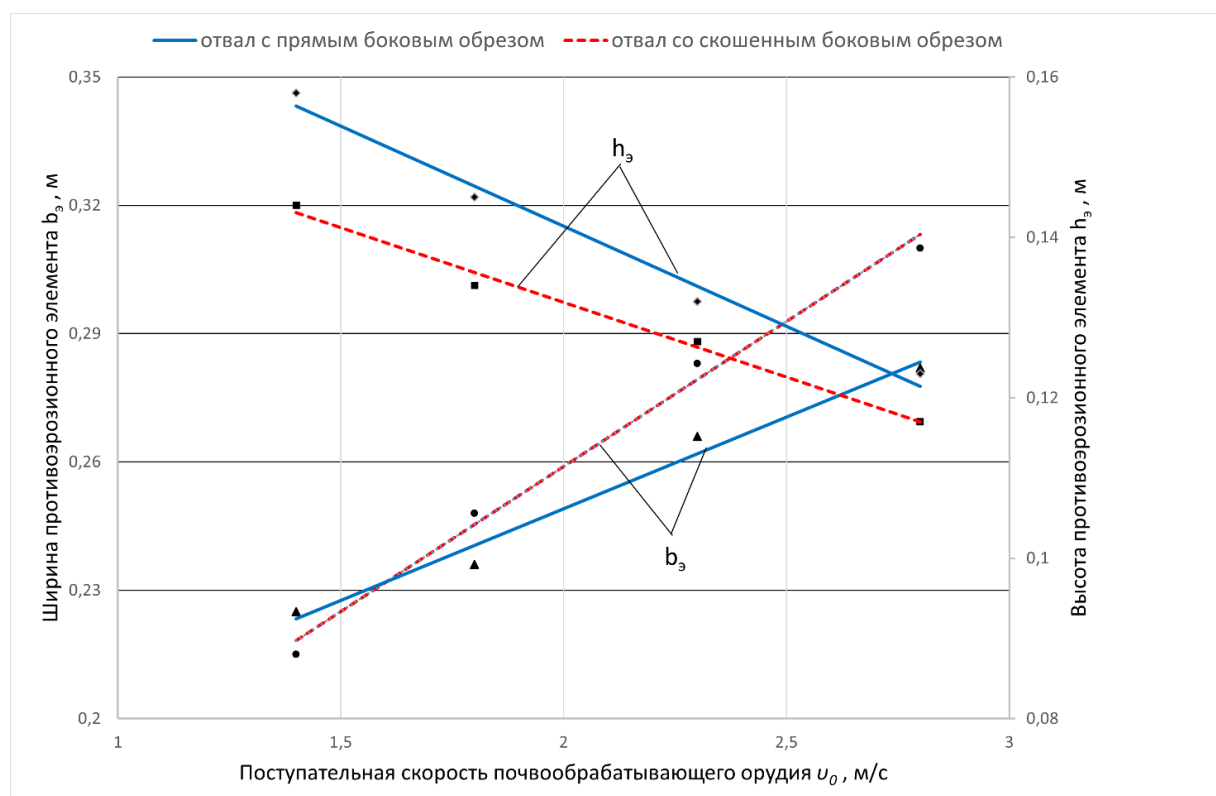


Рисунок 4.4 – Зависимость параметров противоэрозионных элементов (ширины нижнего основания $b_э$ и высоты гребней $h_э$) от формы отвальной поверхности рабочего органа и поступательной скорости движения орудия u_0

При использовании рабочих органов со скошенными боковыми обрезами отвалов исследуемые технологические параметры создаваемого микро рельефа изменялись в большей степени. Высота – $h_э$ противоэрозионных элементов снижалась с 0,16 до 0,125 м, их ширина – $b_э$ увеличивалась с 0,215 до 0,29 м. Более вытянутые по ширине элементы создаваемого микро рельефа получаются в результате того, что сход почвенной смеси через боковые обрезы отвалов начинается значительно раньше. При этом смещаемая, срезанная масса, под действием кинетической энергии, более интенсивно отбрасывается в сторону, тем самым растягивая создаваемые элементы микро рельефа по ширине. Результаты опытов показали, что рабочие органы, оснащенные отвальной поверхностью с прямыми боковыми обрезами, формируют более компактный противоэрозионный микро рельеф с необходимой формой и размерами, отвечающими агротехническим требованиям.

4.2.4 Влияние угла установки (атаки) лемешных рабочих органов и угла поперечного уклона обрабатываемого участка на величину смещения срезаемого почвенного слоя

Опыты выполнялись по стерне озимой пшеницы. Влажность почвы в верхнем слое 16,8%, твердость 2,5 Мпа, масса стерневых остатков 253 г/м², высота стерни 23,4 см.

На (рисунке 4.5.) показано влияние параметров лемешных рабочих органов орудия и характеристики обрабатываемого участка на величину смещения срезанного почвенного слоя в верхнюю часть склона.

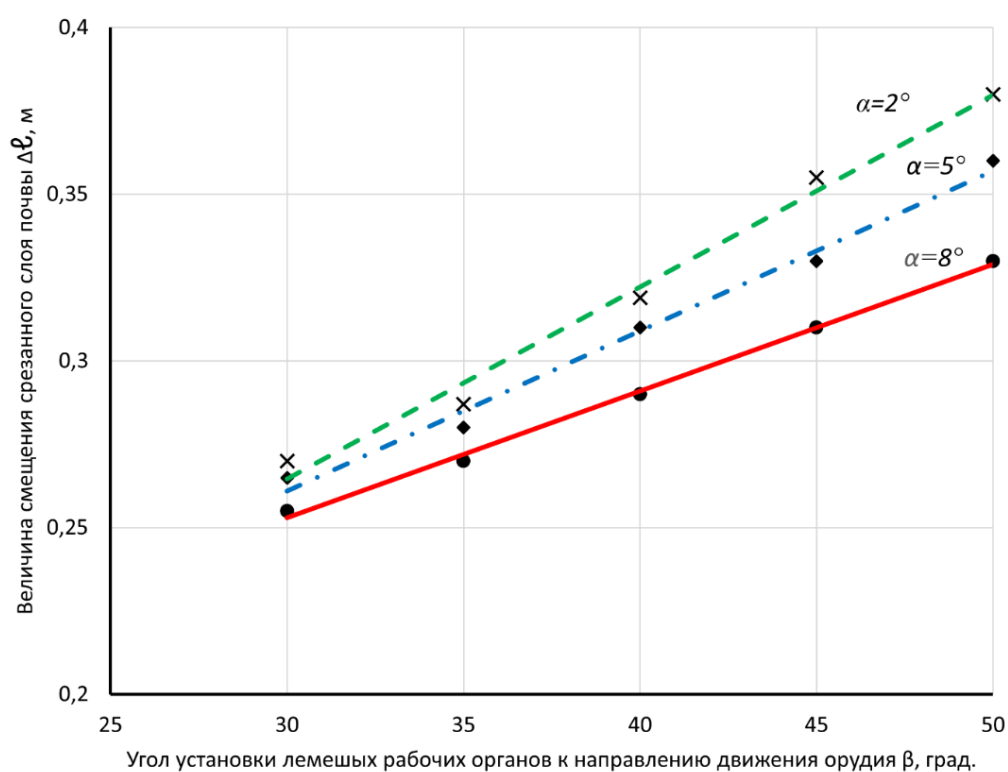


Рисунок 4.5 – Зависимость величины смещения срезанного верхнего слоя почвы – $\Delta \ell$, от угла атаки лемешных органов – β и величины обрабатываемого склона – α

Полученные в опытах результаты (рисунок 4.5.) показывают, что независимо от величины поперечного уклона поля, с увеличением угла установки (атаки) рабочих органов – β с 30 до 50° смещение верхнего почвенного слоя с пожнивными остатками – $\Delta \ell$ изменяется по линейной зависимости. При этом

величина смещения срезанной почвенной смеси в верхнюю часть склона возрастает с 0,25 до 0,375 метра. Это происходит в основном за счет увеличения рабочей ширины захвата – $b_{\text{л}}$ лемешных рабочих органов. При установке угла (атаки) $\beta = 40^\circ$ величина смещения срезанного почвенного слоя $\Delta \ell$, на склоне с уклоном $\alpha = 2^\circ$, составляет 0,33 метра. На склоне с поперечным уклоном обрабатываемого участка равным $\alpha = 5$ и 8° , в результате дополнительного сопротивления и частичного осыпания смещаемой вверх почвы, величина смещения почвенной массы снижается на 6,1...12,1%, соответственно до 0,31...0,29 метра. В опытах установлено, что при установке угла β меньше 40° , на склоне $\alpha = 8^\circ$, величина смещения срезанного верхнего слоя почвы $\Delta \ell$ снижается до 0,25...0,27 м, кроме этого, отмечено неустойчивое заглубление рабочих органов на участках с высоким содержанием пожнивных остатков (озимая пшеница, просо). При увеличении угла атаки β больше 45° , смещение почвенного слоя в сторону вершины склона увеличивается на 8,3...9,7% до 0,33 – 0,37 м, но при этом имеет место залипание поверхности лемешных рабочих органов почвой. Чаше это отмечается при влажности, обрабатываемого слоя почвы, выше 24%. По полученным в опытах результатам можно заключить, что для надежного протекания разработанного технологического процесса обработки почвы на склонах, оптимальным является угол установки лемешных органов $\beta = 40...45^\circ$.

4.2.5 Исследование профиля поверхности пашни и дна борозды, образуемых после прохода экспериментального орудия

Данные исследования выполнялись на участке со следующей характеристикой: агрофон – стерня озимой пшеницы, влажность почвы 17,4% и твердость 2,2 Мпа. Количество стерневых остатков, находящихся в пятисантиметровом слое 293 г/м², их высота 25,3 см. Рельеф участка выровненный, склон южной экспозиции составлял от 2 до 5°. Глубина обработки почвы плоскорежущими лапами составляла 16 см, глубина подрезания верхнего слоя почвы

лемешными рабочими органами 5 см. Поступательная скорость экспериментального орудия, в агрегате с трактором МТЗ 1523, составляла 2,4 м/с. Полученные результаты исследований показаны на (рисунке 4.6).

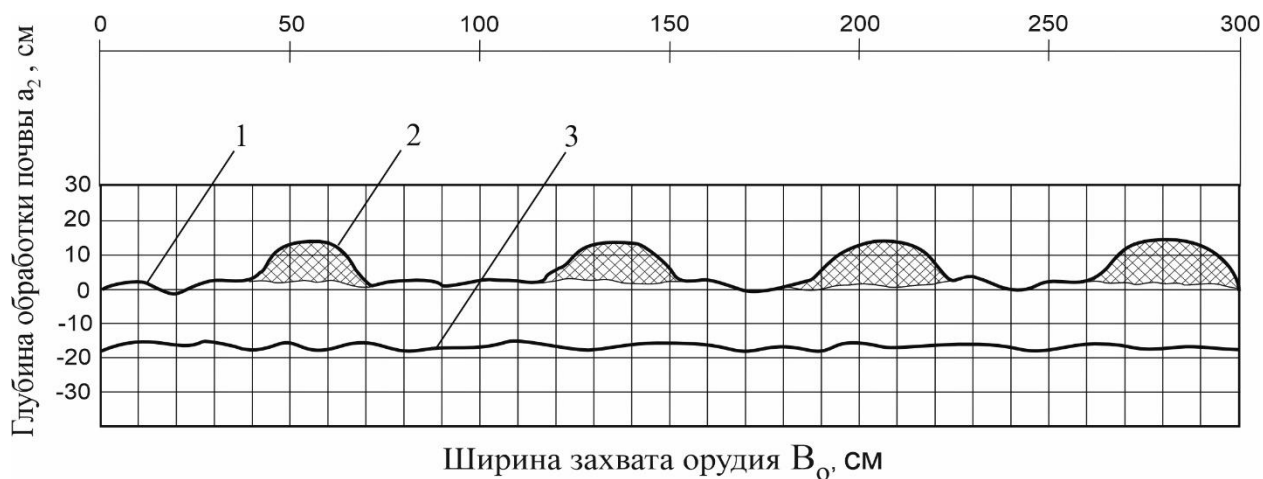


Рисунок 4.6 – Профиль поверхности и дна борозд после прохода экспериментального почвообрабатывающего орудия (1-поверхность обработанного участка, 2-противоэрозионные элементы, 3-дно обработанного слоя почвы)

Из анализа представленного профиля поверхности и дна борозды видно, что на обработанной поверхности пашни, с интервалом 0,69...0,74 м друг от друга, расположены созданные элементы противоэрозионного микрорельефа. Высота валиков микрорельефа составляет 0,12...0,16 м, их ширина 0,23...0,30 м. В продольном направлении сформированный микрорельеф имеет однородную, слитную форму без выраженных возвышений и просветов. Дневная поверхность пашни, расположенная между соседними элементами микрорельефа, имеет однородную выровненную форму и поверхность. Величина отдельных комков почвы не превышает 10...12 см, высота гребней не более 5...7 см. Дно обработанного профиля, также имеет выровненную поверхность в следствии того, что сплошная обработка почвы проводится плоскорежущими лапами с выровненной в горизонтальной плоскости режущей кромкой лемехов. Исследование профиля показало, что при обработке почвы происходит полное подрезание сорняков по всей ширине захвата орудия, включая площадь, нахо-

дующуюся под основанием противоэрозионных элементов. Таким образом полученные в опытах результаты показывают, что технологический процесс обработки почвы экспериментальным орудием, по основным показателям, соответствует теоретически обоснованному процессу противоэрозионной обработки почвы на склонах.

Дополнительно определялась надежность выполнения технологического процесса создания противоэрозионных элементов на агрофоне с высокостебельными предшественниками, с длиной стерневых остатков до 0,68 м и массой до 460 г/м². Влажность почвы в пахотном слое на данном опыте составляла 21,4%, твердость 2,2 Мпа (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7. – участок с высокостебельными пожнивными остатками, обработанный противоэрозионным орудием (агрофон стерня сорго, убранного на зерно)

В процессе работы орудия при установке глубины срезания верхнего слоя с пожнивными остатками 0,05 м, создавался однородный противоэрозионный микрорельеф. При этом средняя ширина формируемых элементов составляла 0,305 м, высота 0,168 м. При глубине срезания почвенного слоя 0,065 м, увеличивалась масса и параметры создаваемых элементов. Это приводило

к нарушению процесса обработки почвы, вследствие периодического забивания рабочих органов почвенной смесью.

4.2.6 Влияние поступательной скорости движения экспериментального противоэрозионного орудия на его тяговое сопротивление

Исследование проводились на склоновом участке с уклоном $3...4^\circ$, после уборки озимой пшеницы. Рельеф опытного участка, выровненный с однородной по гранулометрическому составу почвой. Средняя глубина обработки плоскорежущими лапами орудия составляла 16,4 см, глубина подрезания верхнего почвенного слоя лемешными рабочими органами 5,1 см. Влажность почвы при проведении исследований составляла 18,5%, твердость 1,9 Мпа, масса стерневых остатков на одном квадратном метре была равна 252 г/м^2 , их высота 24,3 см. На рисунке 4.8 представлены полученные результаты значений тягового сопротивления экспериментального противоэрозионного орудия.

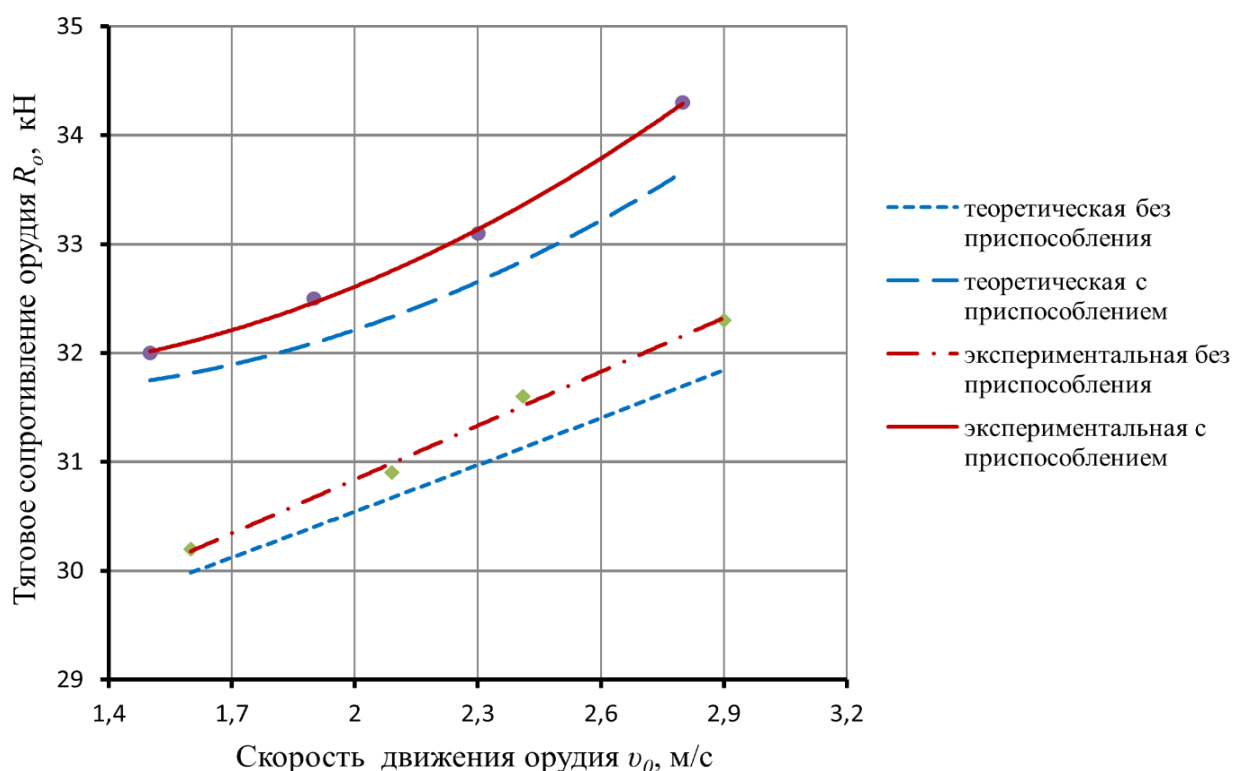


Рисунок 4.8 – Влияние поступательной скорости экспериментального орудия – v_0 на его энергетические показатели – R_o

С увеличением поступательной скорости орудия, оснащенного лемешными рабочими органами и плоскорежущими лапами с 1,5 м/с до 2,8 м/с, его тяговое сопротивление возрастает на 7,5%, с 32,0 до 34,4 кН.

При проведении безотвальной обработки почвы, без формирования противозерозионных элементов лемешными рабочими органами, с повышением поступательной скорости движения орудия от 1,6 до 2,9 м/с, его тяговое сопротивление также увеличивается на 6,9% с 30,2 до 32,3 кН.

Экспериментально определено, что при выполнении технологического процесса основной обработки почвы, энергоемкость лемешных рабочих органов, при формировании противозерозионных элементов, увеличивает общее тяговое сопротивление экспериментального орудия не более чем на 7%. Проведенные энергетические исследования показывают, что экспериментальные зависимости, полученные в опытах (рисунок 4.8), согласуются со значениями, полученными в результате расчета, по формулам (2.43 и 2.29). По своим тяговым характеристикам экспериментальное противозерозионное орудие соответствует тракторам тягового класса 30...40 кН.

4.2.7 Исследование основных агротехнических показателей работы экспериментального почвообрабатывающего орудия

Изучение агротехнических показателей экспериментального орудия проводили по стерне озимой пшеницы. Полученные результаты представлены в таблице 4.1.

Условия проведения данных исследований: уклон участка 3...5°, влажность и твердость почвы были равны 21,6% и 1,8 Мпа. Масса пожнивных остатков, находящихся на поверхности, составляла 217 г/м².

Результаты опытов показывают, что экспериментальное орудие на рабочих скоростях 2,1...2,7 м/с (7,5...9,7 км/ч) обеспечивает равномерную глубину основной обработки почвы на склонах 16,3 см и 13,4 см, со среднеквадратическим отклонением, не превышающим $\pm 1,3$ см, что соответствует агротехническим требованиям. Средняя глубина подрезания верхнего почвенного слоя с

пожнивными остатками лемешными рабочими органами составила 5,3...5,8 см. Крошение почвы в обработанном слое было удовлетворительное, при этом количество фракций почвы размером до 5 см, при различной глубине обработки, изменялось незначительно от 71,7 до 75,2%.

Таблица 4.1 – Агротехническая оценка экспериментального почвообрабатывающего орудия

Исследуемые показатели	Агротехнические требования	Полученные результаты	
Состав агрегата	трактор кл. 30-40 кН	МТЗ-1523 + экспер-е орудие	
Режим работы:		1	2
Поступательная скорость движения, (м/с)	До 2,8	(2,1)	(2,7)
Ширина захвата орудия, м	3±0,05	3,0	3,0
Глубина безотвальной обработки почвы, см	До 20	16,7	13,1
Среднее квадратическое отклонение глубины обработки, ±см	1,5	1,2	1,3
Глубина срезания почвы лемешными органами, см	4,0-7,0	5,8	5,3
Крошение обработанного пласта, %, размеры комьев почвы до 50 мм	Более 55	71,7	75,2
Количество лемешных органов на раме орудия, шт.	4	4	4
Размеры образуемых элементов микрорельефа, см			
- ширина нижнего основания	20-28	24,2	26,8
- высота по гребням	12-20	13,9	12,5
Полнота срезания сорняков, %	100	100	100
Величина смещения верхнего срезанного почвенного слоя, см	28-35	30,2	32,3
Содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем 5 см почвенном слое, %	Не должно возрастать	Не возрастает	Не возрастает
Забивание рабочих органов орудия	Не допускается	Не наблюдалось	Не наблюдалось

Одновременно с обработкой почвы при проходе орудия, на поверхности пашни создавался противозерозионный микрорельеф (рисунки 4.9- 4.10).



Рисунок 4.9 – Противозерозионное орудие в работе (агрофон – стерня озимой пшеницы)



Рисунок 4.10 – Общий вид участка, обработанного экспериментальным орудием (агрофон стерня озимой пшеницы)

При увеличении поступательной скорости движения орудия с 2,1 до 2,7 м/с, форма создаваемых противозрозионных элементов остается постоянной, при этом их основные размеры изменяются незначительно, не более чем на 11,2%: средняя высота элементов микрорельефа составляла 12,5...13,9 см, ширина нижнего основания 24,2...26,8 см. Повышение рабочей скорости орудия приводит к увеличению кинетической энергии, передаваемой со стороны лемешных рабочих органов на верхний подрезанный почвенный слой. За счет этого величина смещения срезанной почвенной смеси, в верхнюю часть обрабатываемого склона, увеличивается до 7,0% с 30,2 до 32,3 см. В опытах было отмечено, что при увеличении глубины обработки почвы плоскорежущими лапами орудия, равномерность подрезания верхнего почвенного слоя с пожнивными остатками становится более устойчивой. Независимо от глубины обработки почвы плоскорежущими лапами и поступательной скорости движения орудия, по всей ширине захвата, отмечается полное подрезание сорняков.

Полученные в экспериментах результаты, соответствуют положениям агротехнических требований (таблица 4.1).

4.3 Агроэкологические исследования используемых вариантов основной обработки почвы

При проведении данных опытов ставилась задача определить влияние различных способов основной обработки почвы на снижение потерь почвенных и водных ресурсов на склоновых полях.

Оценка изучаемых вариантов основной обработки почвы выполнялась на стоковых площадках, на которых в осенний период устанавливались водосливы с треугольными вырезами. Противозрозионная эффективность изучаемых обработок оценивалась по величине потерь воды в виде поверхностного стока и потерям плодородной почвы в виде смыва с гектара.

Количество влаги в почве определяли методом бурения и взятия почвенных образцов в период посева яровых и озимых культур.

Следует отметить, что в период проведения опытов в течении зимы наблюдалось три оттепели продолжительностью от 4 до 9 дней. В связи с этим на поверхности пахотного слоя скапливалась талая вода, которая при возврате отрицательных температур в низинах образовала ледяную корку. В течении зимнего периода величина снежного покрова на опытных участках была равномерная и составляла 23...28 см (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Агроэкологические показатели применяемых способов обработки почвы (март 2023 год, южный склон $\gamma=3-5^\circ$)

Способ обработки почвы.	Запасы снега, см.	Поверхностный сток, мм.	Коэффициент стока.	Потери почвы, т/га.	Запасы влаги в метровом слое почвы, мм.
Отвальная обработка на 20...22 см.	21,4	7,5	0,106	0,7	144,3
Противоэрозионная обработка на 16 см.	27,5	4,6	0,062	0,2	158,2
Безотвальная обработка на 16 см.	28,4	8,2	0,105	0,5	147,6

Запас воды в снеге по вариантам колебался от 64 до 78 мм. Весеннее снеготаяние началось с 7 марта и продолжалось до 19 марта. Наибольший поверхностный сток талой воды не зависимо от способа основной обработки сформировался на сложном выпукло-вогнутом рельефе. Самый большой сток воды был отмечен на мелкой безотвальной обработке 8,2 мм, что выше на - 20,6% чем на контрольной отвальной обработке. Наибольшую потерю воды со стоком на безотвальной обработке можно объяснить тем, что на ней сформировался самый большой снежный покров, содержащий 78 мм воды и в тоже время образовался более плотный пахотный слой с недостаточной инфильтрационной способностью. Но в результате высокой рыхлости пахотного слоя и

отсутствия на поверхности пашни растительных остатков потери плодородной почвы, на варианте с отвальной обработкой, были наибольшими и составили 0,7 т/га.

На паровом поле, в период с апреля по август 2023 года, выпало 6 дождей с различной интенсивностью. Один дождь, выпавший 19. 07. 23 г, имел ливневой характер с объемом воды 39,3 мм (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Агроэкологические показатели применяемых обработок почвы на паровом поле (апрель-август 2023год), южный склон $\gamma=3-5^\circ$)

Способ обработки почвы.	Количество выпавших осадков, мм.	Поверхностный сток, мм.	Коэффициент стока.	Потери почвы, т/га.	Запасы влаги в метровом слое почвы, мм.
Отвальная обработка на 20...22 см.	187,4	19,2	0,102	3,9	168,6
Противоэрозионная обработка на 16 см.	187,4	4,1	0,022	0,4	183,2
Безотвальная обработка на 16 см.	187,4	20,7	0,110	3,4	172,4

Сформировавшийся в этот период, на всех вариантах обработки почвы, поверхностный сток воды приводил к потерям почвы различной интенсивности. При этом на варианте с отвальной обработкой потери воды и почвы составили 19,2 мм и 3,9 т/га. На делянках, обработанных противоэрозионным орудием, потери воды составили 4,1 мм, потери почвы на этом варианте обработки отсутствовали. На вариантах с безотвальной обработкой, потери воды составили 20,7 мм, а потери почвы 3,4 т/га. Выпадающие остальные осадки, в период проведения опытов, не приводили к потерям воды и почвы не на одном

из изучаемых вариантов обработки. За счет сокращения поверхностного стока воды на варианте противозрозионной обработки, выполненной экспериментальным орудием, запасы влаги в метровом слое почвы, в период посева озимой пшеницы, были выше на 14,6 мм, в сравнении отвальной обработкой.

На рисунках 4.11- 4.13 представлен общий вид изучаемых обработок почвы в разные периоды.



Рисунок 4.11 – Состояние участка, обработанного противозрозионным орудием, в начале таяния снега (предшественник - озимая пшеница, южный склон 3...5°)



Рисунок 4.12 – Состояние участка, обработанного противозерозийным орудием, в период активного таяния снега



Рисунок 4.13 – Состояние участка, обработанного плугом ПЛН-5-35, в период активного таяния снега (предшественник - озимая пшеница, глубина обработки – 20...22 см, южный склон 3...5°)

4.4. Влияние способов противоэрозионной обработки почвы на урожайность полевых культур

С целью изучения агроэкологического эффекта, создаваемого при различных обработках почвы и его влияния на формирование урожайности полевых культур, проводились сравнительные опыты. Исследования выполнялись на склоне южной экспозиции, с уклоном участка до 5 градусов. Агрофоном была стерня озимой пшеницы с влажностью почвы 17,6%, твердостью 2,3 МПа и массой пожнивных остатков 214 г/м².

Изучались три варианта основной обработки почвы: 1 - безотвальная обработка на глубину 12...14 см и 20...22 см, она выполнялась комбинированным агрегатом АПК-3 с дисковыми батареями и плоскорежущими рабочими органами, 2-противоэрозионная обработка, также на глубину 12...14 см и 20...22 см, с созданием на поверхности пашни противоэрозионных элементов, сформированных из смещенной в верхнюю часть склона почвенной смеси. Данная обработка выполнялась экспериментальным орудием с установленными на раме плоскорежущими лапами и лемешными рабочими органами с отвальной поверхностью, 3-отвальная обработка на глубину 20...22 см (контроль), она проводилась плугом ПЛН 5-35 с корпусами культурного типа.

Проведенные исследования показали, что за счет сокращения потерь воды со стоком и сохранения плодородия в результате снижения водной эрозии, урожайность яровой пшеницы, на варианте обработки почвы противоэрозионным орудием, составила 15,8 ц/га, что на 8,2% выше урожайности, полученной на варианте с отвальной обработкой 14,6 ц/га. Урожайность яровой пшеницы на вариантах с безотвальной обработкой составила 14,2 ц/га, что ниже на 11,3% урожайности, полученной на противоэрозионной обработке (таблица 4.4).

Таблица 4.4 - продуктивность яровой пшеницы и просо, на исследуемых обработках почвы (южный склон 3-5°)

Способ обработки почвы	Урожайность, т/га	
	Яровая пшеница	Просо
Безотвальная обработка на 12-14 см.	13,1	-
Безотвальная обработка на 20-22 см.	14,2	19,7
Противоэрозионная обработка на 12-14 см.	14,4	-
Противоэрозионная обработка на 20-22 см.	15,8	21,4
Отвальная обработка на 20-22 см.	14,6	19,4

В опытах с обработкой почвы на глубину 12...14 см урожайность пшеницы на всех вариантах обработки была снижена в среднем на 10...11% и составила на противоэрозионной обработке 14,4 ц/га, на безотвальной обработке 13,1 ц/га. Причиной снижения урожайности, на мелкой обработке, явилось более сильная засоренность посевов сорняками, которые оказали конкуренцию растениям пшеницы за питание и влагу. В связи с этим в производстве, для борьбы с сорняками в посевах пшеницы, на мелких обработках почвы можно рекомендовать применение гербицидов.

Исходя из рекомендаций по возделыванию крупяных культур в Поволжье, урожайность просо в данных условиях определялась только при одной глубине обработке почвы 20...22 см [62,76,94,131]. Полученные в опытах результаты показали, что за счет сокращения потерь воды и лучшей влагозарядки почвы наиболее эффективной основной обработкой оказалась противоэрозионная, на которой урожай зерна составил 21,4 ц/га. Полученная урожайность, на 10,3% превысила урожай, полученный на варианте с отвальной обработкой. На безотвальной обработке полученная урожайность, зерна просо 19,7 ц/га, была на одном уровне с урожаем, полученным на отвальной обработке.

4.5 Выводы по главе

1. В лабораторно-полевых опытах определены рабочие параметры разработанных рабочих органов орудия, формирующих противоэрозионный микрорельеф: конструкция рабочих органов -лемешные с прямыми боковыми обрезами на отвальной поверхности, угол установки подрезающих лемехов рабочих органов к продольной оси орудия $\beta = 40...45^\circ$, угол крошения подрезающих лемехов к горизонтальной плоскости $\gamma = 35...40^\circ$, глубина срезания почвы лемешными органами $a_1 = 0,050...0,070$ м.

2. Экспериментальное орудие с установленными рабочими параметрами обеспечивает получение в обработанном слое почвенную фракцию, размером до 50 мм, не менее 70% и одновременно создать на поверхности пашни противоэрозионные элементы (с шириной нижнего основания $b_э = 0,24...0,28$ м, высотой гребней $h_э = 0,125...0,16$ м), при этом обеспечит смещение срезанного почвенного слоя со стерней в верхнюю часть склона на величину $\Delta l = 0,29...0,32$ м.

3. При создании противоэрозионных элементов применяемые лемешные рабочие органы, увеличивают тяговое сопротивление экспериментального орудия не более чем на 7%. На основании полученных тяговых характеристик определено, что для эффективной работы экспериментального орудия должны использоваться трактора тягового класса 30...40 кН.

4. Применение экспериментального орудия на основной обработке, за счет создания на обработанной поверхности склонов противоэрозионных элементов, снижает поверхностный сток до 39...44 % и потери почвы в 2,4...3,5 раза.

5. За счет сокращения водной и технологической эрозии и сохранения почвенной влаги и элементов питания, прибавка урожайности на яровой пшенице составила 8,2%, (1,2 ц/га) и на просо 10,3%, (2,0 ц/га).

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРУДИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

5.1 Испытание экспериментального орудия с разработанными рабочими органами в условиях производства

Проверка эффективности использования экспериментального орудия проводилась в опытной станции «Аркадакская» Аркадакского района Саратовской области (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Использование противоэрозионного орудия в производственных условиях (агрофон - стерня овса)

Основной задачей данных исследований было определение надежности выполнения технологического процесса противоэрозионной обработки в реальных условиях данного хозяйства, определение его агроэкологических показателей, а также производительности и расхода топлива на гектар. Опыты проводились по стерне овса, уклон участка поля составлял $2...4^{\circ}$, влажность

почвы в обрабатываемом слое была 17,6%, твердость 2,6 МПа. Масса стерневых остатков составляла 227 г/м². Результаты, полученные в производственных условиях, представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Показатели противозрозионного орудия, полученные в производственных условиях

Исследуемые показатели	Значение показателя по:	
	агротребованиям	результатам испытаний
Состав агрегата	Трактор класса 30-40 кН	МТЗ -1523 + орудие
Режим работы:	1	2
-рабочая скорость экспериментального орудия, км/ч (м/с)	до 10 (2,8)	9,3 (2,6)
- ширина захвата экспериментального орудия, м	3±0,05	3,0
- глубина безотвальной обработки почвы, см	До 16,0	16,7
- глубина срезания слоя почвы лемешными рабочими органами, см	4-7	5,6
Производительность га/ч: - основного времени - сменного времени	1,8-3,0 -	2,5 2,12
Удельный расход топлива, кг/га	-	8,1
Показатели качества выполнения технологического процесса: - крошение почвы, %, размер фракции менее 50 мм Размеры элементов образуемого микрорельефа, см - ширина нижнего основания - высота гребней - забивание рабочих органов орудия	Более 55 20-32 12-20 Не допускается	62,3 25,8 14,3 отсутствовало

Анализ полученных данных показывает, что экспериментальное орудие агрегатируемое трактором МТЗ-1523 на рабочих скоростях 2,1...2,6 м/с (7,5...9,7 км/ч) обеспечивает равномерную установочную глубину основной обработки почвы на склонах 16,7 см, со среднеквадратическим отклонением,

не превышающим $\pm 1,3$ см, что соответствует агротехническим требованиям. Средняя глубина срезания верхнего 5 см слоя почвы со стерневыми остатками, лемешными рабочими органами, составила 5,6 см. Крошение обработанного пласта почвы было удовлетворительное, при этом количество фракции почвы размером до 5 см составляло не менее 62%. Одновременно с обработкой почвы после прохода орудия, на поверхности пашни создавался противоэрозионный микрорельеф из подрезанной почвенной смеси. С увеличением поступательной скорости движения орудия до 2,6 м/с (9,3 км/ч) форма и размеры создаваемых поперек господствующего склона противоэрозионных элементов были в допустимых пределах, определенных агротребованиями, и составляли (средняя ширина 0,26 м и высота 0,14 м).

Производительность агрегата, состоящего из трактора МТЗ 1523 и экспериментального орудия за час основного времени, составила 2,5 га, при этом удельный расход топлива составил 8,1 кг/га.

В процессе работы экспериментального орудия отмечались периодические забивания стоек плоскорежущих лап стеблями сорняков, которые очищались на краях поля.

5.2. Техничко-экономическая эффективность применения экспериментального почвообрабатывающего орудия

Экономическая эффективность от применения экспериментального орудия для обработки почв, подверженных водной и технологической эрозии, определялась по методикам, рекомендуемым для определения эффективности использования НИР и ОКР, а также новой техники, используемой в сельскохозяйственном производстве [31,34,41,78].

Сравнение экспериментального орудия проводилось с близким по назначению и производительности комбинированным почвообрабатывающим агрегатом АПК-3,0 производства ОАО «Волгодизельаппарат», которые широко используются в Поволжье.

Экономическая эффективность экспериментального орудия складывалась из двух составляющих: - от получения дополнительной продукции (повышения урожайности) и от снижения потерь плодородной почвы в результате сокращения процессов эрозии.

Техническая характеристика и исходные данные для расчета представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Данные, используемые при расчете экономической эффективности экспериментального орудия

Показатели	Единица измерения	МТЗ-1523+ АПК-3,0	МТЗ-1523+ экспериментальное орудие
Агрегатирование	Класс трактора	3 - 4	3 - 4
Рабочая скорость	км/ч	9,3	9,3
Глубина обработки	см	До 16	До 16
Ширина захвата	м	3,0	3,0
Годовая загрузка	га	300	300
Масса орудия	кг	2100	1760

5.2.1. Экономическая эффективность от использования экспериментального орудия по приведенным затратам

Производительность экспериментального орудия за 1 час времени смены определялась по формуле:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot k_{\text{см}} , \text{ га/ч} \quad (5.1)$$

где 0,1 - коэффициент перевода;

B - ширина захвата используемого орудия, м;

v - поступательная скорость экспериментального орудия, км/ч;

$k_{\text{см}}$ - коэффициент использования времени смены равный (0,7...0,9).

Балансовую стоимость применяемого энергетического средства определяли по выражению:

$$B_{\text{тр}} = C_{\text{опт}} \cdot K_{\text{т}}, \text{ руб} \quad (5.2)$$

где $C_{\text{опт}}$ - оптовая цена используемого трактора, руб.;

$K_{\text{т}}$ - коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку новой техники при покупке (1,1...1,2).

Проект оптовой цены экспериментального орудия определяли по выражению:

$$C_{\text{опт}} = \left(\frac{C_{\text{опт}}^{\text{Б}}}{M_{\text{Б}}} \right) \cdot M_{\text{Э}}, \text{ руб.} \quad (5.3)$$

где $C_{\text{опт}}^{\text{Б}}$ - оптовая цена производственного орудия, руб.;

$M_{\text{Б}}$ - масса производственного орудия, кг;

$M_{\text{Э}}$ - масса экспериментального орудия, кг;

Затраты, на основной обработке почвы, определяли по выражению:

$$\Pi = З + \Gamma + А, \text{ руб./га}, \quad (5.4)$$

где $З$ - заработная плата механизатора, руб./га;

Γ - стоимость дизельного топлива, руб./га;

$А$ - амортизационные отчисления на ТР, КР и ТО, руб./га;

Заработная плата механизатора, руб./га:

$$З = Ч \cdot n \cdot K_{\text{д}} / W, \text{ руб./га} \quad (5.5)$$

где $Ч$ - тарифная ставка оплаты труда, руб./ч;

n - количество рабочих обслуживающих МТА, чел;

$K_{\text{д}}$ - коэффициент, учитывающий различные виды доплат (1,3).

Затраты на дизельное топливо и смазочные материалы, руб./га:

$$\Gamma = P \cdot C_{\text{т}} \cdot K_{\text{г}}, \text{ руб./га} \quad (5.6)$$

где P - погектарный расход дизельного топлива, кг/га;

$C_{\text{т}}$ - цена 1 кг дизельного топлива, руб.;

$K_{\text{г}}$ - коэффициент, учитывающий стоимость смазочных материалов (1,15).

Амортизационные отчисления определяли, как сумму всех составляющих затрат МТА:

$$A = B \cdot a / (100T \cdot W) \quad (5.7)$$

где B - капитальные вложения, руб.;

a - норма амортизационных отчислений для орудия (12%), для трактора (15,6%)

T - годовая загрузка орудия, ч.

Затраты труда на единицу работы определяли по выражению:

$$P_{ед} = n / W \text{ , чел. ч/га} \quad (5.8)$$

где n - количество механизаторов, обслуживающих агрегат, чел;

W - часовая производительность орудия, га/ч.

Приведенные капиталовложения, руб./га:

$$\text{по орудью} \quad K_o = \frac{B^o \cdot E_n}{T_g^o \cdot W_{см}} \quad (5.9)$$

$$\text{по трактору} \quad K_o = \frac{B_{тр} \cdot E_n}{T_g^{тр} \cdot W_{см}} \quad (5.10)$$

где E_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (0,15).

$$K = K_o + K_{тр} \text{ ,} \quad (5.11)$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$P_{пр} = П + K \text{ , руб./га} \quad (5.12)$$

где $П$ - прямые затраты труда, руб./га;

Экономия по приведенным затратам определяется по формуле:

$$\Delta P_{пр} = P_{пр}^Б - P_{пр}^Э \text{ , руб./га} \quad (5.13)$$

где $P_{пр}^Б, P_{пр}^Э$ - приведенные затраты производственного и экспериментального орудия, руб./га.

5.2.2 Экономическая эффективность экспериментального орудия, полученная от повышения урожайности зерновых культур

Увеличение урожайности зерновых культур с 1 га, определяли по выражению:

$$\Delta Y = Y_{\text{Э}} - Y_{\text{Б}}, \text{ т/га} \quad (5.14)$$

Где - $Y_{\text{Э}}$ и $Y_{\text{Б}}$ - полученная урожайность при использовании соответственно производственного и экспериментального орудия, т/га.

Стоимость полученной дополнительной продукции с 1 га, руб.:

$$P_{\text{д}} = \Delta Y \cdot C_{\text{З}}, \text{ руб./га} \quad (5.15)$$

где $C_{\text{З}}$ - закупочная цена 1 т зерна, руб.

Стоимость полученной дополнительной продукции в течении 1 года, руб.:

$$P_{\text{Г}} = T \cdot P_{\text{д}}, \text{ руб.} \quad (5.16)$$

где T - нормативная наработка на орудие в год, га.

5.2.3 Экономическая эффективность экспериментального орудия, полученная от снижения потерь плодородной почвы при эрозии

Экономия от снижения потерь плодородной почвы во время эрозии определяется по выражению:

$$\Delta \Pi = (Q_{\text{Б}} - Q_{\text{Э}}) \cdot C_{\text{П}}, \quad (5.17)$$

где $Q_{\text{Б}}$ и $Q_{\text{Э}}$ - потери плодородной почвы от эрозии, после использования соответственно производственного и экспериментального орудия, т/га;

$C_{\text{П}}$ - удельная стоимость потерянной при эрозии плодородной почвы, руб./т.

$$C_{\text{П}} = C_{\text{гум}} + C_{\text{N}} + C_{\text{P}} + C_{\text{K}} \quad (5.18)$$

где $C_{\text{гум}}$ - стоимость смытого гумуса, которая эквивалентна 10 частям навоза, т.е. - $C_{\text{гум}} = 10C_{\text{нав}}$ - стоимость навоза, руб./га;

C_N, C_P, C_K - стоимость смытых потоками воды основных элементов минерального питания - азота, фосфора и калия с 1 га, руб.

5.2.4. Годовая экономическая эффективность от использования экспериментального орудия

$$\Xi = (\Delta\P_{\text{пр}} + \Delta\P + \Delta Y) \cdot T, \quad (5.19)$$

где T - годовая нормативная нагрузка экспериментального орудия, га.

Срок окупаемости экспериментального орудия, определяется по формуле:

$$L = \frac{B^0}{\Xi}, \text{ лет} \quad (5.20)$$

Полученные результаты технико-экономической эффективности экспериментального орудия представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Показатели экономической эффективности экспериментального противоэрозионного орудия в сравнении комбинированным почвообрабатывающим агрегатом АПК-3,0

Наименование показателей	Единица измерения	Базовое орудие	Экспериментальное орудие
Производительность за 1 час сменного времени	га/ч	2,2	2,2
Балансовая стоимость орудия	руб.	870000	730000
Прямые эксплуатационные затраты	руб./га	2,080	1,982
Приведенные затраты	руб./га	2,910	2,727
Снижение приведенных затрат	руб./га	-	183
Эффект от получения дополнительной продукции	руб./га	-	1920
Годовой экономический эффект	руб.	-	1117200
Эффект от сокращения потерь почвы при эрозии	руб./га	-	1621
Срок окупаемости орудия	лет	-	0,65

5.3 Выводы по главе

1. Применение экспериментального почвообрабатывающего орудия, на зяблевой обработке почвы, в ОС «Аркадакская» Аркадакского района Саратовской области показало, что данное орудие выполняет процесс безотвальной обработки почвы с одновременным формированием на поверхности пашни противозерозионных элементов с заданными размерами (высотой гребней 0,14 и шириной нижнего основания 0,26 метра).

2. Производительность экспериментального орудия в производственных условиях составила - 2,5 га за 1 час основного времени, погектарный расход топлива - 8,1 кг/га.

3. На противозерозионной обработке почвы, к моменту посева ячменя, запасы продуктивной влаги на 16 мм превысили запасы влаги на участках, обработанных производственным агрегатом АПК-3. В итоге урожайность ячменя, за счет сохранения почвенной влаги и элементов питания, на 10,9% превышала урожайность, полученную на участке обработанным агрегатом АПК-3.

4. Эффективность от использования экспериментального орудия по приведенным затратам, в результате повышения урожайности возделываемых культур составила: по яровой пшенице 1920 руб./га, по просо 1870 руб./га, по ячменю 1620 руб./га, в результате снижения потерь плодородной почвы при эрозии, экономия составляет 1621 руб./га. Срок окупаемости экспериментального орудия составляет 0,65 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа, литературных и патентных источников обоснован технологический процесс основной обработки почвы, позволяющий сократить процесс водной и технологической эрозии, за счет создания на поверхности пашни противоэрозионных элементов из, смещенного в верхнюю часть склона, почвенного слоя со стерней.

2. Полученные теоретические зависимости позволяют определить функциональную зависимость технологических размеров, создаваемых противоэрозионных элементов микрорельефа, от конструктивных размеров и режима работы разработанных рабочих органов орудия (выражение 2.27), оказывающих влияние на его энергетические показатели (выражения 2.33; 2.43. Проанализирован процесс формирования элементов микрорельефа, формируемого в результате срезания и смещения, в верх по склону, почвенного слоя со стерневыми остатками (выражение 2.13).

3. Разработана конструктивно-технологическая схема экспериментального противоэрозионного орудия к трактору тягового класса 30...40 кН (патент РФ на изобретение №2728129), позволяющая выполнять основную безотвальную обработку почвы, на глубину до 20 см, с одновременным созданием противоэрозионных элементов, с целью снижения водной и технологической эрозии на участках с уклоном до 8°.

4. Проведенными исследованиями определены рабочие параметры разработанных рабочих органов орудия создающих противоэрозионный микрорельеф: конструкция – лемешные рабочие органы с вертикальными боковыми обрезами на отвальной поверхности; угол установки подрезающих лемехов к продольной оси орудия $\beta = 40...45^\circ$; угол крошения подрезающих лемехов $\gamma = 35...40^\circ$; глубина срезания верхнего почвенного слоя со стерневыми остатками $a_1 = 0,050...0,070$ м; рабочая ширина захвата лемешного органа $b_1 = 0,40...0,45$ м; радиус отвальной поверхности рабочего органа $r_0 = 0,16$ м; поступательная скорость противоэрозионного орудия v_0 до 2,8 м/с. Использование

почвообрабатывающего орудия, с данными параметрами, позволит надежно выполнять разработанный процесс противоэрозионной обработки почвы, при влажности пахотного слоя от 12 до 25%. Определены оптимальные параметры создаваемых противоэрозионных элементов: высота элементов микрорельефа $h_3=12...0,14$ м; ширина нижнего основания $b_3=0,24...0,28$ м; расстояние между соседними гребнями создаваемых элементов $0,69...0,74$ м; величина смещения срезанного верхнего почвенного слоя, при каждой обработке почвы, производится на расстояние $\Delta l = 0,29...0,32$ м. Проведенные энергетические исследования показали, что энергоемкость разработанных лемешных органов при их работе, не выше 7% от тягового сопротивления экспериментального орудия в целом. На основании полученных тяговых характеристик определено, что для эффективной работы, экспериментальное орудие должно агрегатироваться тракторами тягового класса 30...40 кН.

5. Применение экспериментального орудия на основной обработке, за счет создания на обработанной поверхности противоэрозионных элементов, снижает поверхностный сток воды на 39...44% и потери плодородной почвы в 2,4...3,5 раза.

6. Экономическая эффективность усовершенствованного процесса основной обработки почвы на склонах и противоэрозионного орудия для его выполнения, в результате сокращения эрозионных процессов и увеличения урожайности полевых культур составляет: по яровой пшенице 3541 руб./га, по просу 3490 руб./га, по ячменю 3243 руб./га.

Список литературы

1. А.с. №1783955 (Р.Ф). Кл. А 01в 13/16. Устройство для нарезки щелей с одновременным внесением в них заполнителя. (Авт. из. И.М. Нестеренко и В.В. Тычинин. Опубл. 23.12.92. Бюл. №47).
2. Азизов, З.М. Влияние систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья / З.М. Азизов, В.В. Архипов, И.Г. Имашев, Л.Б. Сайфуллина // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 4-13.
3. Азизов, З.М. Запасы продуктивной влаги при разных приемах основной обработки почвы в агроценозе плакорно-равнинного агроландшафта засушливой черноземной степи Поволжья / З.М. Азизов // Повышение устойчивости биоресурсов на адаптивно-ландшафтной основе. Материалы Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Оренбург, 2003. – С. 178-182.
4. Азизов, З.М. Засоренность посевов в агроценозах засушливой черноземной степи Поволжья в условиях применения ресурсосберегающих технологий / З.М. Азизов // Вавиловские чтения – 2004. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 117-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. – Саратов, 24-26 ноября 2004 г. – С. 7-10.
5. Азизов, З.М. Изменение плодородия чернозема южного под воздействием различных приемов основной обработки почвы /З.М. Азизов // Аграрная наука. – 2010. – № 8. – С. 12-14.
6. Азизов, З.М. Мелкая основная обработка почвы в зернопаровом севообороте засушливой черноземной степи Поволжья /З.М. Азизов / Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «Амирит», 2016. – С. 4-8.

7. Азизов, З.М. Плодородие почвы при разных системах основной обработки в агроценозах Поволжья / З.М. Азизов // Плодородие. – 2004. – № 1 (16). – С. 34-36.

8. Азизов, З.М. Эффективность производства зерна в севооборотах засушливой степи Нижнего Поволжья / З.М. Азизов, В.В. Архипов, И.Г. Имашев // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 4-9.

9. Анискин, В.И. Новые почвовлагосберегающие машины для основной обработки почвы в засушливых районах / В.И. Анискин, В.П. Елизаров, А.П. Спирин, А.Ф. Жук // Науч. тр. ВИМ. – М.: 2000. – Т. 135. – С. 54-66.

10. Баздырев, Г.И. Почвозащитные технологии обработки почвы и их влияние на засоренность и урожайность культу на склоновых землях Нечерноземья / Г.И. Баздырев // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. . – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 129-139.

11. Балаклай, Н.И. Агротехнические противоэрозионные мероприятия / Н.И. Балаклай // Мелиорация и гидротехника. – 2012. – №3 (07). – С. 78-89.

12. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев. – М.: Колос. – 1975. – 225 с.

13. Белоткач, М.П. Ярусный плуг с почвоуглубителем / М.П. Белоткач, А.Ф. Мороз // Земледелие. – 1989. – №8. – С. 53-55.

14. Бледных, В.В. Механическая эрозия при обработке почвы на склонах / В.В. Бледных, З.С. Рахимов // Динамика почвообрабатывающих агрегатов и рабочие органы для обработки почвы. Труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, – 1982. – С. 14-19.

15. Бойков, В.М. Пахотные агрегаты нового поколения / В.М. Бойков, С.в. Старцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – №10. – С. 9-10.

16. Белоусов, С.В. Разрушение слоя почвы рабочими органами плоско-режущего типа / С.В. Белоусов, В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, Б.В. Туровский // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2025. – Т. 19. – № 1. – С. 61-68.

17. Белоусов, С.В. К вопросу о технологиях возделывания базовых сельскохозяйственных культур / С.В. Белоусов, В.Б. Рыков, Л.В. Назаренко, Ю.А. Юзенко // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 4 (334). – С. 26-28.

18. Борисенко, И.Б. Ресурсосберегающие способы обработки почвы при возделывании подсолнечника / И.Б. Борисенко, Ю.Н. Плескачев, А.Н. Сидоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – №2. – С. 4-6.

19. Борисенко, И.Б. Технология и технические средства для основной обработки почвы в сухостепных агроландшафтах Нижнего Поволжья / И.Б. Борисенко, В.В. Леонтьев, В.М. Протопопов // НВ НИИСХ. – Волгоград, 2005. – 74 с.

20. Борисенко, И.Б. Энергосберегающие рабочие органы для орудий основной обработки почвы / И.Б. Борисенко // Ресурсосберегающие технологии земледелия: сб. научн. Докладов Международной научн. практ. конференции. – Курск, 2005. – С. 205-210.

21. Буров, Л.И. Научные основы обработки почв Заволжья / Л.И. Буров. – Куйбышев: кн. изд., 1970. – 294 с.

22. Бурченко, П.Н. Основные технологические параметры почвообрабатывающих машин нового поколения / П.Н. Бурченко // СНТ ВИМ. – Т. 12.: Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М, 1989. – С. 12-43.

23. Вавилов, А.В. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов, И.И. Леонович, А.Н. Максименко // Мн.: УП «Технопринт», 2015. – 515 с.

24. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров. – М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.

25. Гапонов, С.Н. Влияние биопрепарата и азотных удобрений на динамику содержания нитратного азота / С.Н. Гапонов, Н.М. Соколов, Л.Б. Сайфуллина, С.Б. Стрельцов, И.Н. Кораблева // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 8. – С. 9-15.

26. Гоберман, Л.А. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин / Под ред. Л.А. Гобермана. М.: Машиностроение, 1979. – 408 с.

27. Гордеев, А.С. Моделирование в агроинженерии / А.С. Гордеев // Учебник. 2-е изд. СПб.: изд. «Лань», 2014. – 384 с.
28. Горянин. О.И. Влияние систем обработки почвы и технологий посева на эффективность возделывания зерновых культур в Среднем Заволжье / О.И. Горянин, В.А. Корчагин // Новости науки в АПК. – 2018. – №1 (10). – С. 38-41.
29. Горячкин, В.П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. – Москва: Наука, 1970. – Т. 2. – 455 с.
30. ГОСТ 20915-2011. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний.
31. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.
32. ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки.
33. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки.
34. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки.
35. ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения.
36. Гредасова, Н.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Н.В. Гредасова, И.Ю. Андреева // Учебное пособие. – Екатеринбург: изд. Уральского университета, 2022. – 88 с.
37. Гусев, В.В. Урожай и качество пшениц в склоново-ложбинном агроландшафте черноземной степи Поволжья / В.В. Гусев // Агрохимические, агроэкологические и экономические проблемы и пути их решения при возделывании зерновых и других культур: Тезисы докладов Всероссийского координационного совещания. – Москва, 1998. – С. 27-28.
38. Демьянова, Т.В. Опыт применения почвозащитных технологий / Т.В. Демьянова // Лесное хозяйство, лесомелиорация и охрана природы. – Саратов, 1993. – С. 60-65.

39. Демьянова, Т.В. эффективность противоэрозионных обработок и удобрений на эродированных черноземах Саратовского Правобережья / Т.В. Демьянова // Интенсификация земледелия в Поволжье. – Саратов, 1989. – С. 124-131.

40. Деревягин, С.С. Борьба с сорными растениями в посевах проса / С.С. Деревягин, З.М. Азизов, Р.А. Автаев, Л.Б. Сайфуллина и др. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора Прохорова А.А. – 2017. – С. 126-128.

41. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

42. Дринча, В.М. Экологические и агротехнические аспекты развития почвозащитных технологий / В.М. Дринча, Н.К. Мазитов, И.Б. Борисенко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – №4. – С. 9-13.

43. Жолинский, Н.М. Особенности применения основной обработки почвы под зерновые культуры в склоновых агроландшафтах Саратовского Правобережья / Н.М. Жолинский, Н.М. Соколов, И.Н. Кораблева // Основы рационального природопользования: сб. тр. ФГОУ ВПО «СГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов, 2005. – С. 91-94.

44. Жолинский, Н.М. Совершенствование почвозащитной технологии возделывания яровой пшеницы в склоновых агроландшафтах Саратовского Правобережья: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. / Жолинский Николай Михайлович. – Саратов, 2001. – 17 с.

45. Жолинский, Н.М. Сравнительная оценка приемов основной обработки в различных агроландшафтах / Н.М. Жолинский, А.И. Шабаев, Т.В. Демьянова // Развитие адаптивных почвозащитных систем земледелия в Поволжье. – Саратов, 1999. – С. 49-53.

46. Жук, А.Ф. Комплекс новых почвовлагодберегающих комбинированных машин / А.Ф. Жук, В.В. Покровский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – №9. – С. 9-11.

47. Жук, А.Ф. Первоочередной комплекс почвовлагосберегающих комбинированных машин / А.Ф. Жук // Науч. тр. ВИМ. М.: 2000. – Т. 134, ч. 1. – С. 125-135.
48. Жукова, В.К. Противозрозионные машины / В.К. Жукова // Учебное пособие. – Омск, 1970. – 125 с.
49. Заславский, М.Н. Эрозия почв / М.Н. Заславский. – М.: Мысль, 1979. – 246 с.
50. Заславский, М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах / М.Н. Заславский – Кишинев, 1966. – 249 с.
51. Иванов, В.Д. Влияние влажности и глубины промерзания почв на поверхностный сток талых вод / В.Д. Иванов // Почвоведение. – 1982. – № 6. – С. 80-86.
52. Извеков, М.С. Предотвратить экономическую катастрофу / А.С. Извеков // Земледелие. – 1994. – №4. – С. 14-15.
53. Инструкция по измерению смыва почвы на сельскохозяйственных угодьях / Всесоюзный научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. – Курск, 1989. – 14 с.
54. Инструкция по эксплуатации / Тензометрический усилитель ТАПАЗ-3-002, ТАПАЗ-3-001. – НПО «Прибор». – Апрельск, 1985. – 43 с.
55. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье / Г.И. Казаков // Развитие адаптивных почвозащитных систем земледелия в Поволжье. – Саратов, 1999. – С. 36-39.
56. Калмыков, С.И. Особенности борьбы с сорняками в посевах сельскохозяйственных культур в нижнем Поволжье / С.И. Калмыков, Н.И. Стрижков // Земледелие на рубеже XXI века. – Москва, 2003. – С. 353-356.
57. Камышова, Г.Н. Математический анализ / Г.Н. Камышова, С.В. Чумакова, Н.Н. Терехова // Учебное пособие. – Саратов, 2012. – 88 с.
58. Каталог сельскохозяйственной техники для интенсивных технологий: каталог. – Москва.: АгроНИИТЭИИТО. 1988. – 288 с.

59. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.
60. Каштанов, А.Н. Почвозащитное земледелие на склонах / А.Н. Каштанов. – М.: Колос, 1983. – 528 с.
61. Контев, Н.Ф. Чередование плоскорезной обработки со вспашкой / Н.Ф. Контев // Земледелие. – 1990. – №5. – С. 56-57.
62. Корчагин, В.А. Влияние плоскорезной обработки на водный режим почвы, засоренность посевов и урожая сельскохозяйственных культур на обыкновенных черноземах степного Заволжья / В.А. Корчагин, И.Г. Карандаев // Плоскорезная обработка почв и борьба с засухой. – Куйбышев, 1976. – С. 36-44.
63. Косачев, А.М. Системы основной обработки почвы в севооборотах засушливой черноземной степи Поволжья / А.М. Косачев, З.М. Азизов // Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры общего земледелия, 17-18 февраля 2004 г. – Пенза: РИО ПГСХА, 2004. – С. 144-145.
64. Кострицын, А.К. Методика полевых испытаний машин и орудий для защиты почв от водной эрозии / А.К. Кострицын, А.Н. Яковлев. – М., 1980. – 52 с.
65. Кострицын, А.К. Снижение сопротивления почвообрабатывающих орудий при безотвальной обработке почвы / А.К. Кострицын, А.К. Пец // В кн.: «Теория и расчет почвообрабатывающих машин». – Том 120. – Москва, 1989. – С. 94-108.
66. Котлярова, О.Г. Освоение ландшафтных систем земледелия / О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова // учебное пособие. – Белгород, 2006. – 39 с.
67. Кошкин, П.Д. Эффективность разных систем основной обработки почвы / П.Д. Кошкин // Земледелие. – 1997. – № 2. – С. 21-23.
68. Краснощеков, Н.В. Машины для защиты почв от ветровой эрозии / Н.В. Краснощеков. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 225 с.

69. Кряжков, В.М. Основные тенденции развития механизации обработки почвы / В.М. Кряжков, П.Н. Бурченко // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: сб. науч. тр.; ВИМ, – 1988. – Т. 160. – С. 6-12.

70. Кряжков, В.М. Технические проблемы влагосбережения в земледелии / В.М. Кряжков, А.П. Спирин, А.Ф. Жук // Земледелие. – 1990. – №1. – С. 46-56.

71. Кузина, Е.В. Преимущества гребнекулисной обработки почвы при возделывании зерновых культур / Е.В. Кузина, А.И. Шабаев // Научная жизнь. – 2015. – №1. – С. 61-69.

72. Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – Изд-во Московского университета МГУ, 1996. – 335 с.

73. Кузьмина, В.П. Особенности пищевого режима почвы при плоскорезной обработке на обыкновенных черноземах степного Заволжья / В.П. Кузьмина, В.А. Корчагин // Плоскорезная обработка почв и борьба с засухой. – Куйбышев, 1976. - С. 45-56.

74. Куликова, Г.А. Агрофизические показатели чернозема южного при разных приемах основной обработки в засушливой степи Поволжья / Г.А. Куликова, З.М. Азизов // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 9. – С. 30-34.

75. Курдюков, Ю.Ф. Изменение водно-физических и химических свойств южного чернозема при разных приемах обработки почвы / Ю.Ф. Курдюков // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания. «Пути интенсификации земледелия». – Москва, 1986. – С. 117-120.

76. Курдюков, Ю.Ф. Особенности основной обработки почвы под зерновые культуры в степных районах Поволжья/ Ю.Ф. Курдюков, З.М. Азизов, Г.В. Шубитидзе, С.А. Щукин // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна. Сборник научных докладов международной научно-технической конференции ВИМ. – М., 2010. – № 1. – С.190-196.

77. Курдюков, Ю.Ф. Перспективные технологии обработки почвы под яровую пшеницу /Ю.Ф. Курдюков, А.И. Шабает // Научные труды ВИМ. – Москва, 2000. – С. 67-74.

78. Концепция определения экономической эффективности результатов сельскохозяйственной науки в агротехнологиях разного уровня интенсивности / Научное издание. – Курск, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2012. – 50 с.

79. Люстерник, Л.А. Краткий курс функционального анализа / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев // Учебное пособие. 2-е изд. СПб.: изд. «Лань», 2009. – 279 с.

80. Макарова, М.С. Перемещение пласта почвы при вспашке склоновых полей / М.С. Макарова, В.А. Зацаринный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №8. – С. 16-18.

81. Мирзасаидов, М. Усовершенствование пластинчатого отвала плужного корпуса / М. Мирзасаидов, В. Стрельцов // Сельский механизатор. – 2008. – С. 15-16.

82. Научно-практическое руководство по освоению и применению берегающего земледелия / Под общей ред. Л.В. Орловой // Евротехника, 2007. – 162 с.

83. Овсинский, И. Новая система земледелия / И. Овсинский. – Киев, 1898. – 325 с.

84. Орлов, Е.В. Эффективность плоскорезной обработки в борьбе с сорной растительностью при возделывании озимой пшеницы / Е.В. Орлов // Научные основы обработки почв на Ставрополье. – Ставрополь, 1983. – С. 43-48.

85. ОСТ 10.2.18-2001. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки.

86. ОСТ 10.2.2-2002. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки.

87. Панов, И.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы / И.М. Панов, Н.М. Орлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – №8. – С. 27-30.

88. Пат. № 2064742 Российская Федерация, МПК А01В 13/08. Рыхлитель почвы / Салдаев А.М., Чамурлиев О.Г.; опубл. 1996, Бюл. № 22.

89. Пат. № 2108010 Российская Федерация, МПК А01В 13/16. Способ защиты почв от эрозии / Канонов В.М., Леонтьев В.В. и др.; опубл. 1998, Бюл. № 10.

90. Пат. № 2152700 Российская Федерация, МПК А01В 13/16. Щелеобразующий рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Колганов А.В., Салдаев А.М., Пындак В.И.; опубл. 2000, Бюл. № 20.

91. Пат. № 2443093 Российская Федерация, МПК А01В 79/02, А01В 13/16. Способ борьбы с эрозией почв / Соколов Н. М., Шабаетов А. И., Стрельцов С. Б., Худяков В. В.; заявл. 14.04.10; опубл. 27.02.12, Бюл. № 6.

92. Пат. № 2728129 Российская Федерация, МПК А01В 13/16, А01В 49/06. Орудие для противозерозионной обработки почвы / Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Соколов В.Н., Либерцев С.А., Покусаев П.А.; заявл. 17.07.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл. № 22. – 11 с.

93. Перспективная ресурсосберегающая технология производства яровой пшеницы. (Методические рекомендации). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 68 с.

94. Практическое руководство по ресурсосберегающим технологиям возделывания сельскохозяйственных культур в степных районах Среднего Поволжья / Самарский НИИСХ; сост. В.А. Корчагин. – Самара, 1999. – 71 с.

95. Продовольственный рынок и техника АПК. – 2017. – №4 (110). – 125 с.

96. Протокол № 08-41-94 (106000052) Государственных испытаний опытного образца плуга с приспособлением для кулисной обработки почвы ПГО-1,75 к тракторам класса 30 кН / Поволжская МИС. – Кинель, 1994. – 28 с.

97. Протокол № 08-77-2009 (4020612) Приемочных испытаний противозерозионного орудия ОП-3С / Поволжская МИС. – Кинель, 2009. – 36 с.

98. Протокол № 19-179-86 (1060410) Государственных испытаний чизельного плуга общего назначения к тракторам класса 30-50 кН (Р. 21-39) / Поволжская МИС. – Кинель, 1986. – 86 с.

99. Пындак, В.И. Комбинированные чизельно-отвальные орудия для основной обработки почвы / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – №10. – С. 33-36.

100. Пындак, В.И. Преимущества чизельных отвально-безотвальных орудий / В.И. Пындак, И.Б. Борисенко // Земледелие. – 2006. – №1. – С. 38-39.

101. Ревякин, Е.Л. Система орудий для чизельной обработки почвы / Е.Л. Ревякин, В.Г. Просвирин // Земледелие. – 1990. – №4. – С. 51-55.

102. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой и яровой пшеницы в агроэкологических условиях Саратовской области. (Методические рекомендации) (под общей редакцией чл. кор. РАСХН Шабаева А.И.). – Саратов, 2009. – 64 с.

103. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья. (Методические рекомендации) (под общей редакцией чл. кор. РАСХН Шабаева А.И.). – Саратов, 2008. – 64 с.

104. Сайфуллина, Л.Б. Влияние способов обработки почвы и внесения минеральных удобрений на нитрификационную активность почвы и формирование урожая озимой пшеницы / Л.Б. Сайфуллина, Д.А. Степанченко, А.А. Куликова // Аграрный вестник юго-Востока. – 2018. – № 3. – С. 42-47.

105. Сайфуллина, Л.Б. Нитрификационная способность почвы как интегральный показатель мониторинга почвенного плодородия / Л.Б. Сайфуллина // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 3. – С. 51-55.

106. Саленков, С.Н. Современные энергосберегающие технологии / С.Н. Саленков // Земледелие. – 2001. – №5. – С. 8-9.

107. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов // 2-е изд. М.: Физматлит, 2005. – 88 с.

108. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1997. – 328 с.
109. Скороходов, В.Ю. Продуктивность яровой мягкой пшеницы в сопряжении с содержанием макроэлементов и биологической активностью почвы на черноземах южных степной зоны Южного Урала / В.Ю. Скороходов // Вестник Ульяновской ГСА. – 2021. – № 2 (54). – С. 46-53.
110. Соколов, С.С. Методика полевого опыта по борьбе с водной и ветровой эрозией почв / С.С. Соколов. – М., 1970. – 284 с.
111. Современные сельскохозяйственные машины и оборудование для растениеводства: Международный салон с/х техники SIMA-2001 / – Москва: 2001. – 152 с.
112. Соколов, Н. М. Математическое моделирование в исследовании технологического процесса создания противозерозионного микрорельефа на склоновых землях / Н. М. Соколов, П. А. Покусаев, С. В. Чумакова // Аграрный научный журнал. – 2023 г. – №12. – С. 167-170.
113. Соколов, Н.М. Новое орудие для отвальной обработки почвы на склонах / Н.М. Соколов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С. 9-11.
114. Соколов, Н.М. Повышение качества противозерозионной обработки почвы на склоновых землях совершенствованием технологического процесса и технических средств: Дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Соколов Николай Михайлович. – Пенза, 2013. – 284 с.
115. Соколов, Н.М. Орудие для обработки почвы на склоновых землях / Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов, В.В. Худяков, В.П. Графов // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2017. – № 2. – С. 38-41.
116. Соколов, Н.М. Результаты испытаний нового орудия для мелкой почвозащитной обработки почвы / Н.М. Соколов // Нива Поволжья. – 2010. – № 4 (17). – С. 56-60.

117. Соколов, Н. М. Влияние конструктивных и режимных параметров рабочих органов на энергетические показатели почвообрабатывающего орудия / Н. М. Соколов, С. Б. Стрельцов, П. А. Покусаев // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 5. – С. 147-153.

118. Солодовников, А.П. Водный режим в посевах чечевицы при энергосберегающих обработках / А.П. Солодовников, А.С. Абросимов // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сб. статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2013. – С. 164-167.

119. Спирин, А.П. Влагосберегающая обработка почвы / А.П. Спирин // Земледелие. – 2005. – №2. – С. 18-20.

120. СТО АИСТ 4.2-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки показателей.

121. Сурмач, Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 253 с.

122. Сурмач, Г.П. К методике определения водопроницаемости почвы и ливневого стока / Г.П. Сурмач // Почвоведение. – 1962. – №11. – С. 93-96.

123. Сурмач, Г.П. О влиянии микрорельефа поверхности и глубины зяблевой пахоты на сток талых вод / Г.П. Сурмач // Почвоведение. – 1965. №6. – С. 103 – 113.

124. Сус, Н.И. Эрозия почв и борьба с ней / Н.И. Сус. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 350 с.

125. Федоров, Е. Оптимизация параметров рабочих органов глубокорыхлителей / Е. Федоров // Сельский механизатор. – 2008. – №7. – С. 14-15.

126. Хакимзянов, Г.С. Математическое моделирование / Г.С. Хакимзянов, Л.Б. Чубаров, П.В. Воронина. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. – 263 с.

127. Худяков, В.В. Повышение эффективности процесса отвальной обработки почвы на склоновых землях за счет разработки и обоснования параметров противоэрозионного орудия: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / Худяков Владимир Васильевич. – Саратов, 2007. – 134 с.

128. Чуданов, И.А. Совершенствование системы обработки почвы в Среднем Поволжье / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Земледелие. – 1988. – №2. – С. 43–46.

129. Шабаев, А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2003. – 320 с.

130. Шабаев, А.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства яровой пшеницы: метод. рекомендации / под общей ред. А.И. Шабаева; ГНУ НИИСХ Юго-Востока. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 56 с.

131. Шабаев, А.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства озимой пшеницы: метод. рекомендации / под общ. ред. А.И. Шабаева; ГНУ НИИСХ Юго-Востока. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 67 с.

132. Шабаев, А.И. Повышение продуктивности зерновых культур за счет почвозащитных ресурсосберегающих технологий / А.И. Шабаев, Н.М. Жолинский, М.С. Цветков // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №5. – С. 13-15.

133. Шабаев, А.И. Почвозащитная технология возделывания озимой пшеницы / А.И. Шабаев, А.И. Прянишников, Н.М. Соколов, Ю.Ф. Курдюков, З.М. Азизов, Н.И. Стрижков, Н.М. Жолинский, Т.В. Демьянова, С.Б. Стрельцов, В.В. Худяков, Н.Г. Левицкая, М.С. Цветков, Т.М. Ярошенко, В.П. Графов, С.В. Брель, И.Н. Кораблева. – Саратов, 2015. – 43 с.

134. Шабаев, А.И. Почвозащитное земледелие: Опыт, проблемы / А.И. Шабаев. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1985. – 96 с.

135. Шабаев, А.И. Приемы сохранения плодородия почв на склонах / А.И. Шабаев, Н.М. Соколов, Н.М. Жолинский // Плодородие. – 2008. – №1. – С. 37–38.

136. Шабаев, А.И. Ресурсосберегающая почвозащитная обработка почвы в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаев, Н.М. Жолинский, З.М. Азизов, Н.М. Соколов // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 20-22.

137. Шабаев, А.И. Способы гребнекулисной обработки почвы и перспективные орудия для ресурсосберегающих технологий: метод. рекомендации / А.И. Шабаев, [и др.]. – Саратов, 2007. – 62 с.

138. Шабаев, А.И. Сток талых вод, эрозия почв на зяби и уплотненной пашне в Саратовском Правобережье / А.И. Шабаев, Т.В. Демьянова // Теоретические основы рационального природопользования. – Саратов, 1985. – С. 19-25.

139. Шабаев, А.И. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие / А.И. Шабаев // Избранные труды. – Саратов, 2017. – 647 с.

140. Шабаев, А.И., Ресурсосберегающие системы основной обработки почвы в засушливой черноземной степи Поволжья / А.И. Шабаев, З.М. Азизов // Вестник РАСХН. – 2005. – № 3. – С. 28-30.

141. Яцкевич, В.В. Машины для земляных работ / В.В. Яцкевич // Методическое пособие, – Минск, 1999. – 30 с.

142. Seitz W., Taylor C., Spitze R. Economic Impact of soil erosion // Land Economics. - 1979. - V.55. - №1. - P.28-72.

143. Verden Vaja Van der. Knowledge Facts, Knowledge Fiction: The Role of ICTs in Knowledge Management for Development, опубликованная в Journal of International Development, Vol.14 №1, 2002.

144. Wishmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses // Agricultural handbook № 537. Washington. 1978. 65p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2728129

**ОРУДИЕ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Юго-Востока" (RU)*

Авторы: *Соколов Николай Михайлович (RU), Стрельцов Сергей
Борисович (RU), Соколов Виталий Николаевич (RU),
Либерец Сергей Александрович (RU), Покусаев Петр
Александрович (RU)*

Заявка № 2019123076

Приоритет изобретения 17 июля 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 июля 2020 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 17 июля 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 728 129** (13) **C1**(51) МПК
A01B 13/16 (2006.01)
A01B 49/06 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01B 13/06 (2020.02); A01B 49/06 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019123076, 17.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.07.2019

Дата регистрации:
28.07.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.07.2019

(45) Опубликовано: 28.07.2020 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7, ФГБНУ
"НИИСХ Юго-Востока"

(72) Автор(ы):
Соколов Николай Михайлович (RU),
Стрельцов Сергей Борисович (RU),
Соколов Виталий Николаевич (RU),
Либерец Сергей Александрович (RU),
Покусаев Петр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение
"Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Юго-Востока" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2612211 C1, 03.03.2017. RU
2446655 C2, 10.04.2012. RU 2164730 C2,
10.04.2001. CN 200987269 Y, 12.12.2007. CN
101124865 A, 20.02.2008.

RU 2 728 129 C1

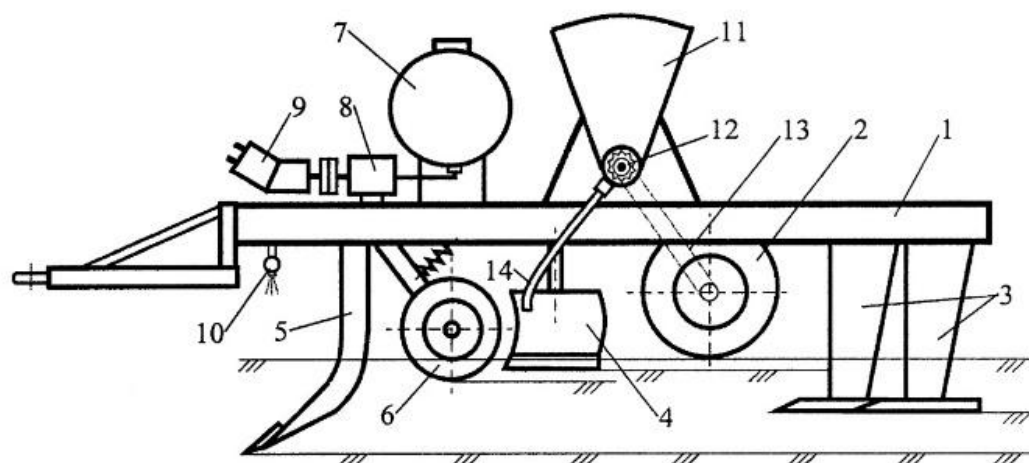
RU 2 728 129 C1

(54) ОРУДИЕ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению. Орудие для противоэрозионной обработки почвы содержит раму с двумя опорными колесами. На раме закреплены рыхляще-подрезающие лапы для сплошной обработки почвы, перед которыми на вертикальных осях установлены односторонние плоскорежущие рабочие органы с отвальной поверхностью, имеющие возможность поворота в горизонтальной плоскости. На раме орудия установлены емкости с дозирующими устройствами для внесения

минеральных удобрений и препаратов, ускоряющих процесс разложения стерни, в формируемые противоэрозионные кулисы. Перед односторонними плоскорежущими рабочими органами с отвальной поверхностью для нарезки под основанием противоэрозионных кулис щелей с уплотненным верхним основанием установлены щелерезы и уплотняющие катки. Уплотняющие катки закреплены за щелерезами. Обеспечивается повышение противоэрозионной устойчивости почвы и урожайности полевых культур на склоновых землях. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2728129 C1

RU 2728129 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(19) **RU** (11) **2 728 129** (13) **C1**(51) Int. Cl.
A01B 13/16 (2006.01)
A01B 49/06 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC
A01B 13/06 (2020.02); A01B 49/06 (2020.02)

(21)(22) Application: 2019123076, 17.07.2019

(24) Effective date for property rights:
17.07.2019Registration date:
28.07.2020Priority:
(22) Date of filing: 17.07.2019

(45) Date of publication: 28.07.2020 Bull. № 22

Mail address:
410010, g. Saratov, ul. Tulajkova, 7, FGBNU
"NIISKH Yugo-Vostoka"

(72) Inventor(s):

Sokolov Nikolaj Mikhajlovich (RU),
Streltsov Sergej Borisovich (RU),
Sokolov Vitalij Nikolaevich (RU),
Libertsev Sergej Aleksandrovich (RU),
Pokusaev Petr Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
nauchnoe uchrezhdenie
"Nauchno-issledovatel'skij institut selskogo
khozyajstva Yugo-Vostoka" (RU)(54) **CANTER FOR SOIL EROSION CONTROL**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to the agricultural machine building. Tool for erosion prevention of soil comprises a frame with two support wheels. On frame fixed loosening-cutting legs for continuous tillage, in front of which on vertical axes there installed are single-sided flat-cutting working elements with dump surface, which can turn in horizontal plane. On the gun frame there are tanks with dosing devices for application of mineral fertilizers and preparations accelerating the

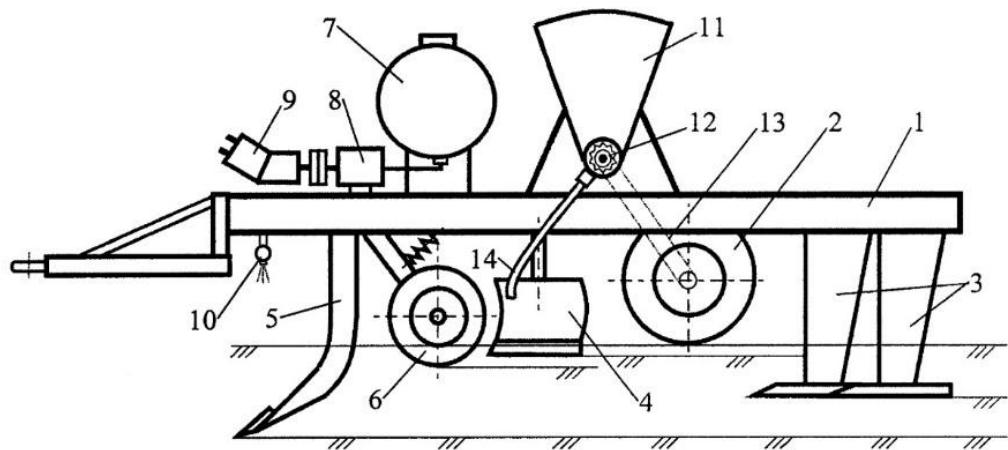
process of stubble decomposition into the formed anti-erosion links. Slot cutters and compacting rollers are installed before single-sided flat-cutting working members with dump surface for cutting under erosion-preventing wings of slots with sealed upper base. Sealing rollers are secured behind the cutters.

EFFECT: higher anti-erosion resistance of soil and productivity of field crops on slope lands.

1 cl, 3 dwg

RU 2 728 129 C 1

RU 2 728 129 C 1



Фиг. 1

RU 2728129 C1

RU 2728129 C1

RU 2 728 129 C1

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к орудиям для противозрозионной обработки почвы.

Известно устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой [патент Российской Федерации №2652147, кл. A01B 13/16, заявка №2017130465 от 28.08.2017, опубл. 25.04.2018 Бюл. №12], содержащее раму, на которой последовательно закреплены щелерез, два направлятеля в виде граблин и заделывающий рабочий орган в виде вырезного диска с эвольвентным профилем выступов, присоединенный к раме с возможностью регулировки по высоте, для его установки таким образом, что в щель входят только выступы, а от поверхности поля до впадин диска имеется расстояние, равное высоте стерни.

Недостатком данного устройства является то, что в нем отсутствуют рабочие органы для сплошной обработки почвы, кроме того, не предусмотрены механизмы для внесения препаратов, ускоряющих процесс разложения стерни и минеральных удобрений. Образованные таким образом щели, заполненные соломой с выходом микрокулис на поверхность поля, позволят во время весеннего снеготаяния лишь частично сократить сток стекающей по склону воды, так как между образованными щелями почва не обработана и вследствие этого она переуплотнена и имеет низкую водопроницаемость будет формироваться поверхностный сток, вызывающий эрозию. Кроме того, при последующих обработках почвы солома, находящаяся в верхней части щелей, распределится в верхнем слое обработанного поля. Поэтому, после посева полевых культур в течение всего их вегетационного периода на разложение соломы будет тратиться значительная часть нитратного азота, что снизит урожайность возделываемых культур.

Известно также комбинированное почвообрабатывающее орудие для предотвращения смещения почвы вниз по склону [патент Российской Федерации №2665069, кл. A01B 49/02, 13/16, заявка №2017143051 от 08.12.2017, опубл. 28.08.2018 Бюл. №25], включающее раму с опорными колесами, установленные на ней культиваторные рабочие органы и плоские диски, расположенные в один ряд и установленные с возможностью использования левой или правой рабочей поверхности для перемещения почвы постоянно вверх.

Недостатками данного орудия является то, что перемещенный плоскими дисками вверх по склону верхний рыхлый слой почвы с пожнивными остатками, без локального почвоуглубления в виде нарезаемых щелей, не создает необходимые условия для регулирования стока воды и процесса эрозии вследствие его недостаточной водопроницаемости и сопротивляемости размыву.

Кроме того, для разложения пожнивных остатков, размещенных в верхнем слое почвы, требуется значительное количество нитратного азота, находящего в почве. Поэтому после посева полевых культур и во время их вегетации возникает дефицит азота - одного из основных элементов питания растений, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Наиболее близким техническим решением (прототипом) к предлагаемому является орудие для противозрозионной обработки почвы [патент Российской Федерации №2612211, кл. A01B 13/16, заявка №2015151672 от 01.12.2015, опубл. 03.03.2017 Бюл. №7], содержащее раму, на которой установлены два опорных колеса, рыхляще-подрезающие лапы для сплошной мелкой обработки почвы перед которыми на вертикальных осях под углом к продольной оси орудия установлены односторонние плоскорежущие рабочие органы с отвальной поверхностью, имеющие возможность поворота в горизонтальной плоскости, которые обеспечивают подрезание полосами

RU 2 728 129 C1

верхнего слоя почвы со стерней и перемешают подрезанную почвенно-стерневую массу при создании противоэрозионных кулис постоянно вверх по склону на полосы с оставленной на поверхности поля стерней.

Недостатком прототипа является то, что значительная часть стерни, подрезанная
5 односторонними плоскорежущими рабочими органами с отвальной поверхностью, перемещенная и сформированная в противоэрозионные кулисы, от момента обработки почвы до посева полевых культур разлагается частично. В связи с этим, на разложение оставшейся части стерни после посева полевых культур, во время их роста расходуется значительная часть нитратного азота, находящегося в почве. Поэтому во время роста
10 полевых культур возникает дефицит азота - одного из основных элементов питания растений. Кроме того, в прототипе не предусмотрено устройство для внесения минеральных удобрений, повышающих в почве количество питательных элементов для растений в доступной форме. В совокупности это снижает урожайность полевых культур на склоновых землях.

15 Кроме этого, в прототипе отсутствуют рабочие органы для нарезки под основанием противоэрозионных кулис щелей, способствующих быстрому проникновению воды, стекающей со склонов, в глубокие горизонты почвы. Это приводит к тому, что при интенсивном стоке воды, во время снеготаяния и ливней, происходит перелив воды через противоэрозионные кулисы, приводящий к их разрушению и эрозии почвы.

20 Техническим результатом предлагаемого изобретения является повышение противоэрозионной устойчивости почвы и урожайности полевых культур на склоновых землях.

Технический результат достигается в предлагаемом орудии для противоэрозионной обработки почвы, содержащим раму с двумя опорными колесами на которой закреплены
25 рыхляще-подрезающие лапы для сплошной обработки почвы, перед которыми на вертикальных осях установлены односторонние плоскорежущие рабочие органы с отвальной поверхностью, имеющие возможность поворота в горизонтальной плоскости, которые при движении агрегата поперек склона обеспечивают подрезание полосами верхнего слоя почвы со стерней и перемещение подрезанной почвенно-стерневой массы, при формировании противоэрозионной кулисы, постоянно вверх по склону тем, что
30 на раме орудия установлены емкости с дозирующими устройствами для внесения минеральных удобрений и препаратов ускоряющих процесс разложения стерни, в формируемые противоэрозионные кулисы, а перед односторонними плоскорежущими рабочими органами с отвальной поверхностью, для нарезки под основанием
35 противоэрозионных кулис щелей с уплотненным верхним основанием, установлены щелерезы и уплотняющие катки, при этом уплотняющие катки закреплены за щелерезами. Кроме того, уплотняющие катки имеют клиновидную форму обода.

Совокупность существенных признаков предлагаемого орудия для противоэрозионной обработки почвы обеспечивает осуществление следующих
40 технических процессов: выполнение сплошного безотвального рыхления почвы, одновременное подрезание полосами верхнего слоя почвы вместе со стерней, перемещение почвенно-стерневой массы постоянно вверх по склоновому участку, внесение в перемещаемую почвенно-стерневую массу минеральных удобрений и препаратов ускоряющих процесс разложения стерни, и формирование из перемещаемой
45 массы противоэрозионных кулис, уложенных поперек склона на нарезанные щели с уплотненным верхним основанием.

Признаки предлагаемого изобретения находятся в следующей причинно-следственной связи с достигаемым техническим результатом.

RU 2 728 129 C1

Так как в предлагаемом орудии для противоэрозионной обработки почвы на раме установлены емкости с дозирующими устройствами для внесения минеральных удобрений и препаратов ускоряющих процесс разложения стерни, а перед установленными на вертикальных осях односторонними плоскорежущими рабочими органами с отвальной поверхностью установлены щелерезы и уплотняющие катки имеющие клиновидную форму обода, при этом уплотняющие катки закреплены за щелерезами, то в сравнении с известным орудием (прототипом), в процессе работы предлагаемого орудия для противоэрозионной обработки почвы, при проведении сплошного безотвального рыхления почвы и одновременного формирования противоэрозионных кулис из подрезанного полосами верхнего слоя почвы вместе со стерней, в них вносятся минеральные удобрения и препараты ускоряющие процесс разложения стерни в кулисах, и выполняется укладка кулис поперек склона на нарезанные щели с уплотненным верхним основанием.

Это в сравнении с известным орудием (прототипом), обеспечивает ускоренное разложение стерни находящейся в противоэрозионных кулисах от момента обработки почвы до посева полевых культур, что позволяет сократить расход нитратного азота находящегося в почве, который расходуется на разложение остатков стерни в течении всего вегетационного периода от посева до уборки полевых культур. Сокращение расхода нитратного азота, как одного из основных элементов питания полевых культур в вегетационный период, и внесение минеральных удобрений обеспечит повышение урожайности полевых культур на склоновых землях.

Кроме того, так как создаваемые противоэрозионные кулисы укладываются на щели с уплотненным верхним основанием, образованными щелерезами и закрепленными за ними уплотняющими катками с клиновидной формой обода, это в сравнении с известным орудием (прототипом), позволяет сократить испарение почвенной влаги из нарезанных щелей, повысить сцепление противоэрозионных кулис с обработанной поверхностью поля и их механическую прочность от размыва водой, при этом верхнее уплотненное основание образованных щелей, заполненное пористой почвенно-стерневой массой кулисы, снижает их заиливание смываемым мелкоземом, за счет чего, при снеготаянии и ливневых осадках, происходит быстрое проникновение воды в нижние горизонты почвы и сокращается поверхностный сток на склонах, что в целом значительно повышает противоэрозионную устойчивость почвы.

Предлагаемое орудие для противоэрозионной обработки почвы иллюстрируется фиг. 1-3. На фиг. 1 представлена схема предлагаемого орудия для противоэрозионной обработки почвы, на фиг. 2 схематично представлен технологический процесс, выполняемый противоэрозионным орудием, на фиг. 3 изображено поперечное сечение пласта почвы, обработанного предлагаемым орудием.

Предлагаемое орудие для противоэрозионной обработки почвы содержит раму 1, на которой установлены опорные колеса 2, рыхляще-подрезающие лапы 3 для сплошной обработки почвы, односторонние плоскорежущие рабочие органы с отвальной поверхностью 4, щелерезы 5, уплотняющие катки 6 с клиновидной формой обода, емкость с дозирующим устройством 7 для внесения препаратов, ускоряющих процесс разложения стерни, насос 8, гидромотор 9, форсунки 10, емкость для минеральных удобрений 11, дозирующее устройство для внесения минеральных удобрений 12, привод 13 дозирующего устройства для внесения минеральных удобрений, тукопроводов 14.

Орудие для противоэрозионной обработки почвы работает следующим образом. Пред работой предлагаемого орудия емкость с дозирующим устройством 7 заполняется препаратом ускоряющим процесс разложения стерни, и устанавливается необходимая

RU 2 728 129 C1

норма расхода рабочей жидкости. Емкость 11 заполняется минеральными удобрениями, требуемая норма их внесения в почву устанавливается дозирующим устройством 12. Гидромотор 9 подсоединяется к гидросистеме трактора.

При движении почвообрабатывающего агрегата по полю, насос 8, получающий
5 вращение от гидромотора 9, из емкости с дозирующим устройством 7 под давлением подает препарат ускоряющий процесс разложения стерни в форсунки 10, через которые он наносится на стерню. Одновременно с этим, щелерезами 5, установленными перед
односторонними плоскорежущими рабочими органами с отвальной поверхностью 4
нарезаются щели 16, при этом уплотняющими катками 6 закрепленными за щелерезами
10 5 и имеющими клиновидную форму обода, выполняется расширение верхнего основания
нарезанных щелей 16 с уплотнением почвы в верхней части щели 17. Дозирующее
устройство 12 приводится в работу через привод 13 от одного из опорных колес 2.
Минеральные удобрения, подаваемые из емкости 11 через тукопровод 14,
разбрасываются перед односторонними плоскорежущими рабочими органами с
15 отвальной поверхностью 4. Далее односторонние плоскорежущие рабочие органы с
отвальной поверхностью 4 подрезают полосами почву вместе со стерней и перемещают
подрезанную почвенно-стерневую массу и минеральные удобрения вверх по склону к
месту нарезанных щелей 16. В результате чего, подрезанная почвенно-стерневая масса
в смеси с минеральными удобрениями укладывается на нарезанные щели 16 с
20 уплотненным верхним основанием 17, образуя поперек склона противоэрозионные
кулисы 15. После этого, рыхляще-подрезающие лапы 3 проводят сплошное подрезание
и рыхление почвы без оборота пласта.

В результате технологического процесса выполняется сплошное безотвальное
рыхление почвы, одновременное подрезание полосами верхнего слоя почвы вместе со
25 стерней, перемещение почвенно-стерневой массы постоянно вверх по склоновому
участку, внесение в перемещаемую почвенно-стерневую массу минеральных удобрений
и препаратов ускоряющих процесс разложения стерни, и формирование из перемещаемой
массы противоэрозионных кулис, уложенных поперек склона на нарезанные щели с
уплотненным верхним основанием.

30 Предлагаемое орудие для противоэрозионной обработки почвы, по сравнению с
прототипом, обеспечивает повышение противоэрозионной устойчивости почвы и
урожайности полевых культур на склоновых землях.

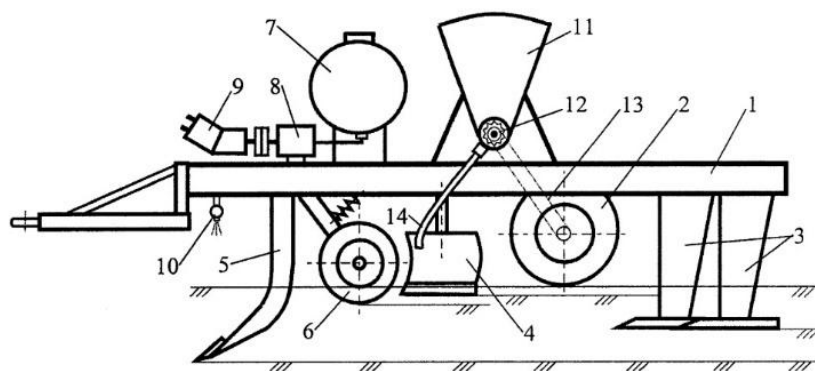
(57) Формула изобретения

35 1. Орудие для противоэрозионной обработки почвы, содержащее раму с двумя
опорными колесами, на которой закреплены рыхляще-подрезающие лапы для сплошной
обработки почвы, перед которыми на вертикальных осях установлены односторонние
плоскорежущие рабочие органы с отвальной поверхностью, имеющие возможность
поворота в горизонтальной плоскости, отличающееся тем, что на раме орудия
40 установлены емкости с дозирующими устройствами для внесения минеральных
удобрений и препаратов, ускоряющих процесс разложения стерни, в формируемые
противоэрозионные кулисы, а перед односторонними плоскорежущими рабочими
органами с отвальной поверхностью для нарезки под основанием противоэрозионных
кулис щелей с уплотненным верхним основанием установлены щелерезы и уплотняющие
45 катки, при этом уплотняющие катки закреплены за щелерезами.

2. Орудие по п. 1, отличающееся тем, что уплотняющие катки имеют клиновидную
форму обода.

RU 2 728 129 C1

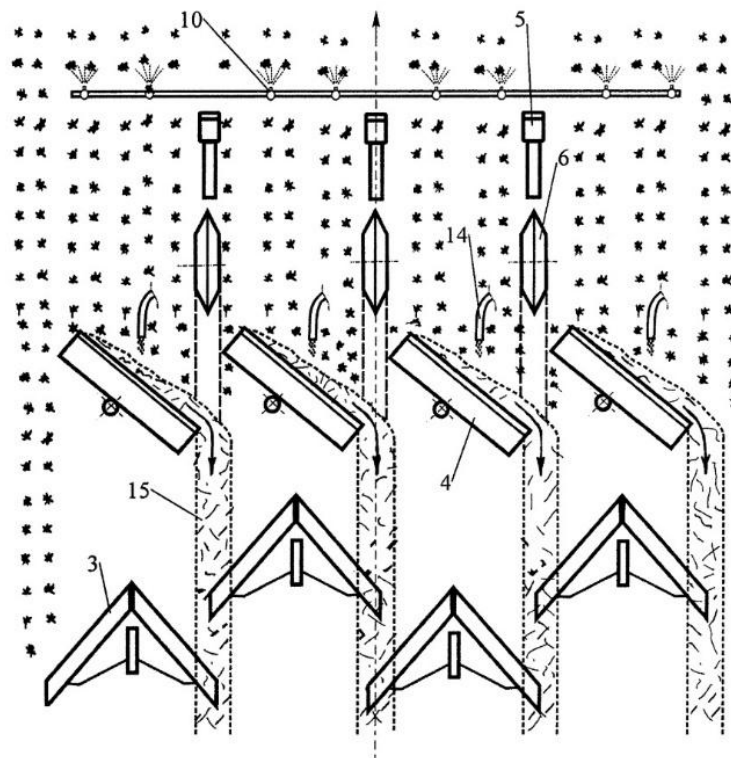
1



Фиг. 1

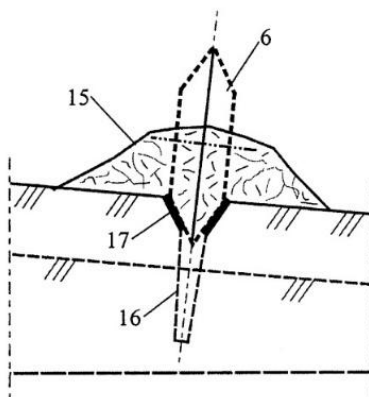
2

RU 2 728 129 C1



Фиг. 2

RU 2 728 129 C1



Фиг. 3

Программа расчета агротехнических характеристик при обработке почвы на склонах

РЕФЕРАТ

Авторы: Соколов Николай Михайлович, Косарев Антон Валериевич, Чумакова Светлана Валентиновна, Покусаев Петр Александрович, Ключиков Аркадий Викторович

Аннотация: Программа предназначена для автоматизации расчета агротехнических характеристик при обработке почвы на склоновых землях. На основе исходных данных: глубины срезания верхнего почвенного слоя, скоростей движения почвообрабатывающего орудия и частиц почвы относительно него, коэффициентов трения частиц почвы о контактирующие поверхности рабочих органов, коэффициента влажности и пористости почвы, конструктивных и динамических характеристик воздействия на почвенный горизонт, производится оценка высоты создаваемого противоэрозионного элемента и его объема. Программа может применяться в решении задач обработки склонов и обеспечивает выполнение визуализации полученных данных в виде интерфейса.

Тип ЭВМ: IBM PC- совмест. ПК

Язык: C++

ОС: Windows10, 64 разрядная ОС

Объем программы: 80 КБ

ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ

Программа расчета агротехнических характеристик при обработке почвы на склонах

Файл

Вводные параметры

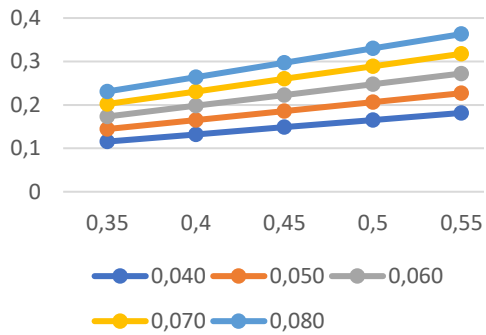
глубина подрезания верхнего почвенного слоя, м	0,06	угол резания лемеха, рад	0,47
скорость движения почвообрабатывающего орудия, м/с	10	угол трения, рад	0,34
скорость перемещаемой частицы почвы, м/с	18	сила трения частицы почвы по поверхности поля, Н	1,5
скорость частицы почвы при ее скосе с рабочего органа, м/с	30	сила трения частицы почвы вдоль рабочего органа, Н	1,2
коэффициент трения частицы почвы по поверхности поля	0,009	сила трения частицы почвы перпендикулярно поверхности рабочего органа, Н	1,1
коэффициент трения частицы почвы по металлу	23	масса почвы, перемещаемой рабочим органом, кг	10
коэффициент влажности обрабатываемой почвы	0,31	длина рабочего органа, м	0,8
коэффициент пористости обрабатываемой почвы	0,4	время работы почвообрабатывающего орудия, с	100
поперечный уклон обрабатываемого поля, рад	0,0015	ширина основания создаваемого противоэрозионного элемента, м	0,21
угол установки рабочего органа к движению почвообрабатывающего орудия, рад	0,18	длина основания создаваемого противоэрозионного элемента, м	50
		высота создаваемого противоэрозионного элемента, м	0,1

Исходные параметры

высота насыпного гребня, м	0,0574459615
объем создаваемого противоэрозионного элемента, м³	1,05

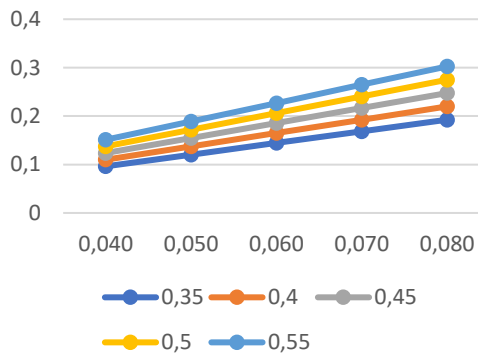
РАСЧЕТ

Высота элемента при
ширине кулисы 0,2

 a_1/b_1

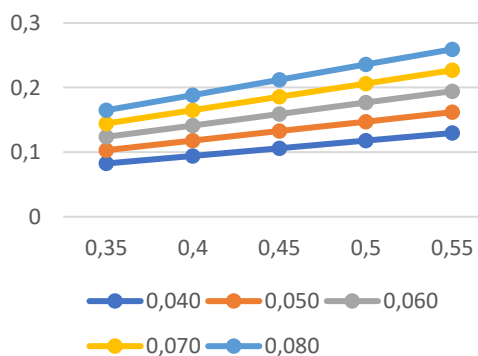
	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
0,040	0,1155	0,132	0,148	0,165	0,1815
0,050	0,14437	0,165	0,185	0,2062	0,226875
0,060	0,17325	0,198	0,222	0,2475	0,27225
0,070	0,20212	0,231	0,259	0,2887	0,317625
0,080	0,231	0,264	0,297	0,33	0,363

Высота элемента при
ширине кулисы 0,24

 a_1/b_1

	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
0,040	0,09625	0,11	0,1238	0,1375	0,15125
0,050	0,120313	0,1375	0,1547	0,171875	0,189063
0,060	0,144375	0,165	0,1856	0,20625	0,226875
0,070	0,168438	0,1925	0,2166	0,240625	0,264688
0,080	0,1925	0,22	0,2475	0,275	0,3025

Высота элемента при
ширине кулисы 0,28

 a_1/b_1

	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
0,040	0,0825	0,09428	0,106	0,11785	0,12964
0,050	0,10312	0,11785	0,132	0,14732	0,16205
0,060	0,12375	0,14142	0,159	0,17678	0,19446
0,070	0,14437	0,165	0,185	0,20625	0,22687
0,080	0,165	0,18857	0,212	0,23571	0,25928

Приложение

УТВЕРЖДАЮ:

директор ОС «Аркадакская» - филиал ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»

Ворников Д. В.

"H" move

2025 Г



AKT

хозяйственных испытаний противоэрозионного орудия к
трактору класса 30...40 кН

Комиссия в составе: председателя комиссии, директора ОС «Аркадакская» Ворникова Д. В., главного агронома Игнатова А. С., бригадира Кодрова С. В. и представителя ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» главного научного сотрудника Соколова Н.М. и младшего научного сотрудника Покусаева П. А. составила настоящий акт на проведенные в 2022-2024 г.г. хозяйственные испытания и производственную проверку разработанного в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», экспериментального образца орудия для противозерозионной обработки почвы, к трактору класса 30...40 кН.

Экспериментальное орудие агрегируемое трактором МТЗ-1523, в октябре 2022 года, обработало участок площадью 230 га.

Условия испытаний:

Агрофон— стерня овса;

Величина поперечного склона на поле – 2...4°;

Тип почвы—чернозем обыкновенный;

Влажность почвы в пахотном слое - $W=17,6\%$;

Твердость почвы при обработке - $T = 2,6$ МПа;

Масса растительных остатков - 227 г/м².

Основные агротехнические показатели, полученные во время испытаний в 2022 году:

Средняя глубина обработки почвы – 16,7 см;

Крошение почвенного пласта, размер комков до 5 см – 62,3 %.

Размеры создаваемых противоэрозионных элементов на пашне: ширина – 25,8 см, высота – 14,3 см

Подрезание сорных растений – 100%.

Забивание рабочих органов – отсутствовало.

Производительность опытного орудия, за один час основного времени составила – 2,5 га/ч, а расход топлива 8,1 – кг/га.

По результатам производственных испытаний комиссия пришла к следующему заключению: опытный образец орудия выполняет процесс противоэрозионной обработки почвы в условиях данного хозяйства.

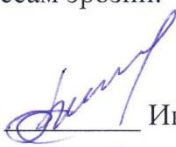
На участках, обработанных экспериментальным орудием, значительно снижаются потери воды, во время активного таяния снега, до 45...60% и смыв верхнего слоя почвы в 2,4 – 3,0 раза, в сравнении с отвальной обработкой, выполненной плугом ПЛН 5-35.

Забивание рабочих органов растительными остатками, зубовых борон БЗТС-1, культиваторов и сеялок с дисковыми сошниками СЗП-5,4, на обработанных орудием участках, отсутствовало.

За счет накопления влаги в почвенном слое и сохранения элементов питания, урожайность ячменя на участках, обработанных опытным орудием, была выше на 2,7 ц/га, чем на отвальной обработке проводимой плугом ПЛН-5-35.

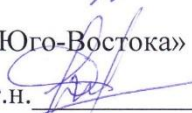
По результатам проведенных испытаний, комиссия рекомендует применять противоэрозионную обработку почвы и конструкцию орудия для обработки склоновых полей, подверженных процессам эрозии.

Члены комиссии:

Главный агроном  Игнатов А. С.

Бригадир  Кодров С. В.

Представители ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»

Главный научный сотрудник, д.т.н.  Соколов Н. М.

Младший научный сотрудник  Покусаев П. А.

Приложение

УТВЕРЖДАЮ:

директор ОС «Аркадакская» - филиал ФГБУ «ФАНЦ Юго-Востока»

Ворников Д. В.

"11" июня 2025 г.



АКТ

внедрения законченной научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», в лице зам. директора по научной работе Деревягина С. С. и ОС «Аркадакская» Аркадакского района Саратовской области в лице директора Ворникова Д. В. и исполнителя работы младшего научного сотрудника отдела механизации Покусаева П.А. составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы на тему «Обоснование параметров рабочих органов и создание опытного образца почвообрабатывающего орудия для основной противозрозионной обработки почвы на склонах», выполненной в рамках НИР ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» (исполнители Соколов Н. М., Покусаев П. А.), внедрены в 2022...2024 г.г., на полях ОС «Аркадакская» путем использования почвообрабатывающего противозрозионного орудия к трактору класса 30...40 кН. Данным орудием в течении трех лет обрабатывается по 230...310 га зяби.

Применение противоэрозионной обработки почвы и опытного орудия на склоновых полях, позволяет повысить уровень экологической безопасности, за счет снижения потерь почвенных и водных ресурсов, в сравнении с широко применяемой в хозяйстве отвальной и безотвальной обработкой. Урожайность сельскохозяйственных культур на участках, обработанных опытным орудием, в результате накопления почвенной влаги и сохранения плодородия была выше,

чем на отвальной обработке, по ячменю на 2,7 ц/га, по яровой пшенице на 2,1 ц/га.

Экономическая эффективность от использования почвообрабатывающего орудия, в результате сохранения плодородия и получения дополнительной продукции, составила:

в 2023 году - 681950 рублей;

в 2024 году - 781200 рублей.

По результатам использования опытного орудия, комиссия сделала заключение: по равномерности глубины обработки почвы, крошению обработанного пласта, уничтожению сорняков, противозерозионной эффективности оно отвечает основным требованиям, предъявляемым к противозерозионным обработкам. Данное почвообрабатывающее орудие может быть рекомендовано к внедрению в хозяйствах, для обработки полей, подверженных водной и технологической эрозии.

От ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»:

зам. директора по научной работе

Деревягин С. С.



2025 г.