

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Потешкин Константин Сергеевич

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ ДЛЯ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЮЖНОГО УРАЛА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель – доктор
технических наук, профессор
М.М. КОНСТАНТИНОВ

Оренбург – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1 Характеристика и проблематика сухостепной зоны Южного Урала.....	10
1.1.1 Агроклиматические и почвенные ресурсы сухостепной зоны Южного Урала.....	10
1.1.2 Неблагоприятные климатические факторы сухостепной зоны Южного Урала на примере Оренбургской области.....	12
1.2 Борьба с засухой в сухостепной зоне Южного Урала.....	15
1.2.1 Особенности накопления и сбережения почвенной влаги в Оренбургской области.....	15
1.2.2 Агротехнические противоэрозионные мероприятия.....	17
1.3 Щелевание почвы.....	23
1.3.1 Технология щелевания почвы.....	23
1.3.2 Машины и орудия, применяемые для щелевания.....	30
1.3.3 Вертикальное мульчирование почвы.....	35
1.4 Классификация сельскохозяйственных агрегатов для вертикального мульчирования почвы	38
Выводы по главе.....	46
Цели и задачи исследования.....	47
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО МУЛЬЧИРОВАНИЯ ПОЧВЫ СОЛОМОЙ.....	48
2.1 Устройство и работа экспериментального щелевателя.....	48
2.2 Теоретическое обоснование параметров щелереза.....	49
2.3 Определение оптимальных конструктивных параметров дискового соломозаделывателя.....	57

2.3.1	Обоснование типа и формы соломозаделывателя.....	57
2.3.2	Устройство и основные параметры зубчатых колес.....	62
2.4	Определение оптимальных конструктивных параметров соломонаправителя.....	67
2.5	Теоретическое обоснование количества щелерезов и схемы расстановки их на раме щелевателя.....	72
	Выводы по главе.....	75
3	ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	78
3.1	Программа экспериментальных исследований.....	78
3.1.1	Программа проведения лабораторных исследований.....	78
3.1.2	Программа полевых исследований.....	78
3.2	Методика лабораторных исследований. Используемые устройства и приборы для исследований.....	79
3.2.1	Устройство и работа установки для определения зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска.....	79
3.2.2	Методика определения зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска. Используемые приборы и оборудование.....	82
3.2.3	Устройство и работа установки для определения оптимального угла фиксации соломонаправителя.....	85
3.2.4	Методика определения оптимального угла фиксации соломонаправителя. Используемые приборы и оборудование.....	87
3.3	Полевые исследования. Описание методики опытов и используемых приборов и устройств.....	90
3.3.1	Методика проведения полевых исследований.....	90
3.3.2	Планирование многофакторного эксперимента.....	91
3.3.3	Методика определения агротехнических показателей.....	94
3.3.4	Методика определения энергетических показателей	

процесса почвообработки.....	95
Выводы по главе.....	98
4 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	100
4.1 Результаты лабораторных исследований.....	100
4.1.1 Результаты опытов по определению зависимости параметров заделки соломы от конструктивных размеров диска.....	100
4.1.2 Результаты опытов по определению оптимального угла установки соломонаправителя.....	101
4.2 Результаты полевых исследований.....	103
4.2.1 Результаты полевого многофакторного эксперимента.....	103
4.2.2 Результаты экспериментальных исследований показателей работы стандартного и модернизированного щелевателей.....	107
Выводы по главе.....	108
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ.....	109
5.1 Составление технологических карт.....	109
5.2 Анализ изменения затрат на производство сельскохозяйственной продукции.....	113
5.3 Экономическое обоснование эффективности предлагаемого способа механизации.....	114
Выводы по главе.....	118
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	119
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Степная зона Южного Урала подразделяется на степную и сухостепную Заволжскую и Казахстанскую провинции и включает более 10 млн. га, поэтому правильное использование имеющихся агроклиматических ресурсов имеет немаловажное значение в наращивании продовольственного фонда страны [86].

Главной отрицательной особенностью климата сухостепной зоны является сильное несоответствие между количеством выпадающих осадков и испаряемостью. Такое несоответствие приводит к дефициту влаги в почве, поэтому засуха в этом регионе – часто повторяющееся явление [37; 41; 86].

Еще одним неблагоприятным климатическим фактором считается характер распределения годовой нормы осадков по периодам и сезонам. В среднем только около половины всей суммы осадков приходится на теплое время года, что является одной из главных причин эрозии почв [42; 43; 78].

Известно, что одним из наиболее опасных последствий эрозии – это дегумификация почв. Эродированная или смытая почва в значительной степени лишена органического вещества, бесструктурная, поэтому в жаркое время года подвергается действию ветровой эрозии даже при слабом движении воздуха [43; 78].

При условии максимального накопления осадков, выпадающих в сухостепной зоне Южного Урала и правильного расходования почвенной влаги, достаточно, чтобы собирать по 30–40 ц зерна пшеницы с гектара. Поэтому, практически все элементы земледелия должны быть оптимизированы по условиям накопления, сохранения и рационального использования влаги [37; 41; 42].

В числе специальных мероприятий по накоплению влаги – щелевание. Щелевание – поделка узких и глубоких щелей щелевателями в почве. Высокая эффективность щелевания отмечена многими учеными, но в целом прием щелевания требует совершенствования. Одним из самых

перспективных направлений такого совершенствования является нарезка щелей с одновременным их мульчированием [20; 29; 37; 52; 54; 87].

Поэтому работа посвящена актуальному и практически значимому для сельскохозяйственного производства вопросу – накоплению и сбережению почвенной влаги за счет использования щелевателя с дополнительными рабочими органами, позволяющими проводить вертикальное мульчирование почвы.

Степень разработанности темы. С середины двадцатого века щелевание, как прием для накопления и сохранения влаги, а также для борьбы с дефляцией и водной эрозией почвы, стал широко изучаться и применяться на территории нашей страны. Ученые А.А. Бей, Д.Е. Ванин, Е.И. Василенко независимо друг от друга отмечали высокую эффективность данного агротехнического приема. Также такие видные ученые как А.И. Завражнов, Ю.А. Савельев, М.М. Ломакин, Н.И. Картамышев, И.Т. Ковриков, Н.Т. Хлызов, С.Г. Мударисов, В.А. Милюткин, М.Н. Ерохин, В.В. Бледных, Г.П. Кузьмин, А.И. Фирсов, М.М. Константинов, П.П. Костюков, А.М. Марадудин и многие другие продолжили теоретически и экспериментально обосновывать параметры щелевания для различных агроклиматических условия нашей страны. Однако на сегодняшний день в нашей стране не существует промышленного образца щелевателя для вертикального мульчирования почвы.

Цель исследования. Разработать и обосновать конструктивно-режимные параметры щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала.

Объект исследования. Технологический процесс обработки почвы щелевателем с одновременным вертикальным мульчированием ее соломой.

Предмет исследования. Закономерности влияния конструктивных параметров соломонаправителя и соломозаделывателя на процессы сбора и заделки соломистой массы в щель.

Методика исследований. Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений, законов и методов классической

механики, математики и аналитической геометрии. Экспериментальные исследования проводились в полевых условиях на основе общепринятых методик в соответствии с действующими ГОСТами, а также с использованием теории планирования многофакторных экспериментов. Основные расчеты и обработка результатов экспериментов выполнялись с использованием методов математической статистики, а также программ Microsoft Excel и Statistica 6.1.

Научная новизна. Разработана конструкция и обоснованы конструктивно-режимные параметры щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала. Новизна предложенного технического решения подтверждена патентами РФ на изобретение № 2463753, № 2446652. Обоснованы теоретические и экспериментальные зависимости, позволяющие определять основные конструктивные параметры соломозаделывателя и соломонаправителя. Получены экспериментальные закономерности для определения тягового сопротивления разработанного щелевателя, на основе которых была разработана и зарегистрирована в ФИПС программа для ЭВМ № 2012614521.

Практическая ценность. Разработана конструкция щелевателя с дополнительными рабочими органами для вертикального мульчирования почвы соломой (патенты РФ на изобретение № 2463753, № 2446652). Обоснованы основные конструктивные параметры соломозаделывателя и соломонаправителя. Результаты исследований приняты за основу при создании опытного образца щелевателя.

Определены основные конструктивно-режимные параметры щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала. Предложенные аналитические выражения могут быть использованы для определения параметров и режимов работы щелевателя на стадии проектирования (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2012614521).

Вклад автора в проведенное исследование. Разработана модель

сбора и заделки соломы в почвенную щель, получены аналитические зависимости тягового сопротивления щелевателя от конструктивно-режимных параметров агрегата. Проведены производственные эксперименты и дано технико-экономическое обоснование внедрения разработанного щелевателя.

Внедрение. Экспериментальный щелеватель с дополнительными рабочими органами использовался на полях парка учебных машин ОГАУ, а также в крестьянско-фермерском хозяйстве «Абсалямов М.Н.». Полевые опыты показали высокую эффективность его использования. Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ.

Апробация. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на международных научно-практических конференциях Оренбургского ГАУ (2011 – 2015 гг.); межвузовских конференциях: «Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений», г. Саратов (2012 г.), VIII Саратовском салоне изобретений, инноваций и инвестиций, г. Саратов (2013 г.), международной научно-практической конференции «Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству», посвященной 50-летию со дня основания ЦелинНИИМЭСХ, Казахстан, г. Костанай (2012 г.); на IV международной научной конференции «Современные тенденции технических наук», г. Казань (2015 г.). Макет щелевателя с разработанными дополнительными рабочими органами демонстрировался на выставке НТТМ-2013 (г. Оренбург, отмечен дипломом победителя).

Положения, выносимые на защиту:

- закономерности процесса сбора и заделки соломы в почвенную щель и обоснование необходимости применения дополнительных рабочих органов;

- конструкция щелевателя с дополнительными рабочими органами для вертикального мульчирования почвы соломой;

- полученные данные лабораторных исследований по определению зависимости параметров заделки соломы от конструктивных размеров диска, и по определению оптимального угла фиксации граблин соломоуловителя;
- данные полевых исследований щелевателя по накоплению и сохранению влаги в почве, а также тяговых и мощностных характеристик;
- показатели экономической эффективности использования разработанного щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала.

Обоснованность и достоверность научных положений подтверждена высокой сходимостью теоретических результатов исследования разработанных дополнительных рабочих органов для вертикального мульчирования почвы с экспериментальными данными.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 работ, из них 6 печатных работ в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, получено два патента РФ на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 91 наименования и 14 приложений. Диссертация изложена на 120 страницах основного машинописного текста, содержит 13 таблиц и 58 рисунков. Общий объем диссертации составляет 149 страниц.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Характеристика и проблематика сухостепной зоны Южного Урала

1.1.1 Агроклиматические и почвенные ресурсы сухостепной зоны Южного Урала

Степная зона Южного Урала подразделяется на степную и сухостепную Заволжскую и Казахстанскую провинции и включает в себя около 80% территории Оренбургской, половину Челябинской, 10% Курганской областей, или более 10 млн. га, поэтому правильное использование имеющихся агроклиматических ресурсов имеет немаловажное значение в наращивании продовольственного фонда страны [86].

Главная особенность климата сухостепной зоны – еще большее, чем в степи, несоответствие между количеством выпадающих осадков и испаряемостью. В течение года выпадает около 200... 400 мм осадков, а испаряемость превышает их в 2...3 раза ($KУ = 0,33...0,55$) [37].

Гидротермический коэффициент (ГТК) составляет в сухостепной зоне 0,5–0,6, в степной – 0,7–0,9.

Зональные почвы сухостепной зоны представлены двумя подтипами типа каштановых почв: темно-каштановыми и каштановыми. Среди каштановых почв часто встречаются солонцы, солончаки, солоды, лугово-каштановые почвы, обуславливающие комплексность почвенного покрова. Около 30 % площади в зоне сухих степей приходится на каштановые солонцеватые почвы и их комплексы с солонцами [37; 80].

Плотность верхних горизонтов почв составляет 1,25...1,35 г/см³, в карбонатных горизонтах она достигает 1,5...1,7 г/см³. Сквозность верхних горизонтов колеблется от 48 до 50%, в слое 20...30 см и глубже значительно снижается и достигает в карбонатных горизонтах 42...43%. Порозность

обусловлена структурностью каштановых почв.

Высокая сложность и контрастность почвенного покрова – отличительные особенности сухостепной зоны. В первую очередь это связано с усилением соленакопления, обусловленным непромывным водным режимом, разнообразным проявлением солонцеватости почв. Доля солонцов сильно возрастает к югу зоны, соответственно усиливается комплексность почвенного покрова.

В сухостепной зоне значительно возрастает количество факторов, ограничивающих набор сельскохозяйственных культур и эффективность их возделывания. Это прежде всего засушливость климата, опасность проявления ветровой эрозии, широкое распространение засоленных, солонцеватых почв, солонцов. Таким образом, усиливается значение подбора культур по засухоустойчивости, солеустойчивости, солонцеустойчивости. Основное направление земледелия в зоне – производство зерна, особенно сильных и ценных сортов мягкой и твердой яровой пшеницы, фуражного ячменя, проса, нута, горчицы, а также кормовых культур (суданская трава, сорго, люцерна, эспарцет, житняк и др.).

Сельскохозяйственная специализация сухостепной зоны традиционно связана с производством зерна продовольственной пшеницы, которая в условиях сухого и жаркого климата формирует зерно лучшего качества, с высоким содержанием белка и с хорошими характеристиками клейковины.

На почвах солонцовых комплексов пашни с участием солонцов до 30% целесообразно возделывать ячмень, просо, горчицу и другие солонцеустойчивые культуры. На комплексах с более высокой долей солонцов следует ориентироваться на возделывание солонцеустойчивых кормовых культур – суданской травы, сорго, донника, люцерны. На землях с преобладанием солонцов целесообразно создавать пастбища с соответствующим подбором многолетних трав по соле- и солонцеустойчивости [37].

1.1.2 Неблагоприятные климатические факторы сухостепной зоны Южного Урала на примере Оренбургской области

Оренбургская область расположена на западном и восточном склонах оконечности Уральского хребта. Территория области составляет 123,9 тыс. км² и простирается с запада на восток на 750 км, с севера на юг в западной части на 300 км, в центральной - на 60 км и в восточной - на 200 км.

Территория области делится по природно-экономическим факторам на 6 зон: северная, западная, центральная, юго-западная, южная и восточная.

Годовая сумма осадков по зонам области неодинакова и составляет на севере в среднем 405 мм, а минимальное их количество (280–314 мм) отмечено в южной и восточной зонах.

К незначительно засушливой относится только северная зона области (ГТК =0,82), к засушливым – западная и центральная (ГТК =0,67), к очень засушливым – юго-западная, южная и восточная (ГТК =0,50–0,59). ГТК, как известно, представляет собой отношение суммы осадков к сумме температур воздуха выше 10°С за период вегетации (рисунок 1.1) [78, 80].

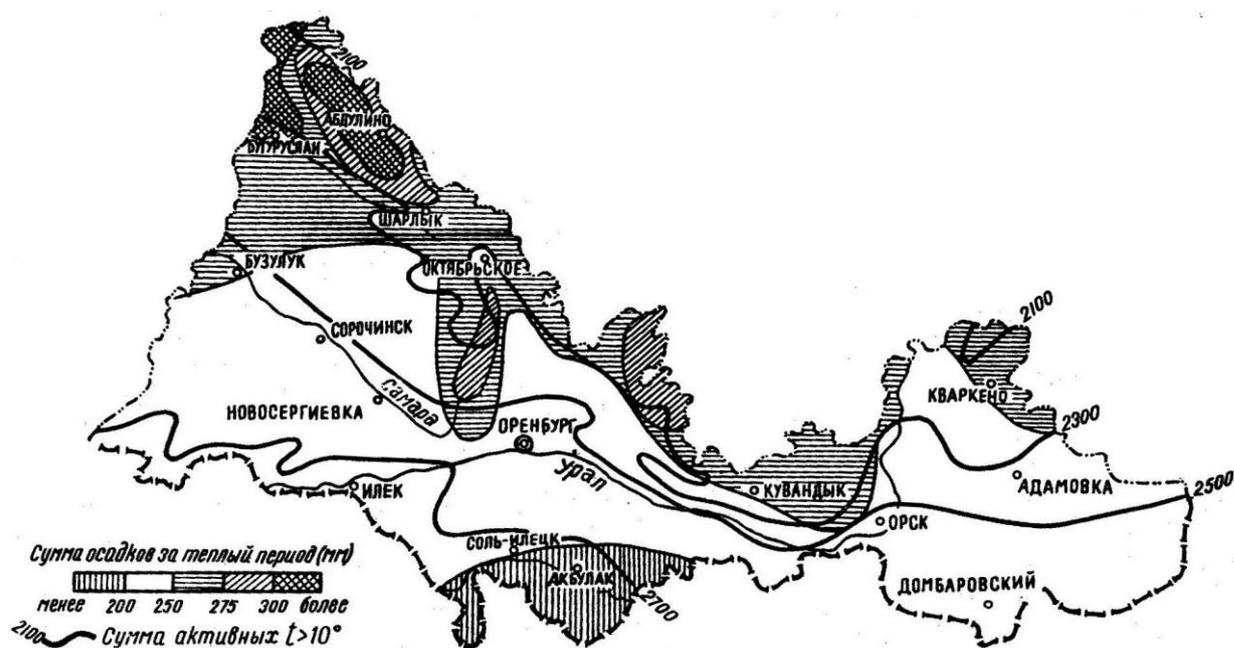


Рисунок 1.1 – Сумма осадков за теплый период и температуры $> 10^\circ\text{C}$

По многолетним данным в восточной и южной зонах области на каждое относительно влажное лето приходится 10–12 засушливых и сухих, в центральной и западной – 7–8, в северной – 3–4, когда за хозяйственный год осадков выпадает в два раза меньше многолетней нормы; гидротермический коэффициент иногда опускается до 0,2 [41].

Продолжительность безморозного периода колеблется по области от 105 до 150 дней [41; 78].

К неблагоприятным климатическим факторам следует отнести характер распределения годовой нормы осадков по периодам и сезонам. В среднем только около половины всей суммы осадков приходится на теплое время года, что делает водный режим основного вегетационного периода еще более напряженным [43].

Еще одним из важных постоянно действующих отрицательных факторов, является эрозия почв, вызывающая деградацию почв. В области насчитывается 5 млн. гектаров эродированных и потенциально подверженных эрозии земель, в том числе в пашне 3388,9 тыс., из них смытых 1700, эродированных 378,4 и потенциально опасных 1306 тыс. гектаров. Наибольшее распространение получила водная эрозия в Предуралье, где количество эродированных почв колеблется от 10 (южные районы) до 30–60% (центральные и северные районы) к общей площади земель. Причина интенсивно протекающих процессов водной эрозии заключается в особенностях рельефа: до 60% поверхности имеет уклоны в 2–3° и более. Большое влияние оказывает также характер выпадающих атмосферных осадков и половодья. Ливни и быстрое снеготаяние в отдельные годы являются фактором ускорения водной эрозии [41; 43; 78].

Водная эрозия представляет собой процесс смыва и размыва почвы временными водными потоками поверхностного стока. Практически ежегодно поверхностный сток на землях сельскохозяйственных угодий в той или иной степени проявляется в период снеготаяния, и здесь его смывающе-размывающая сила существенно изменяется в зависимости от многих

факторов. Из постоянно действующих факторов наиболее существенными считаются особенности рельефа склоновых ландшафтов, вид угодья, наличие и характер растительности. Из сезонных факторов наибольшее влияние на эродирующую способность поверхностного стока оказывают:

- гидротермические условия предыдущего осеннего периода;
- глубина промораживания почвенного профиля;
- объём и плотность накопленного снега;
- гидротермические условия периода снеготаяния.

Размывающие временные водные потоки в весенне-летний период формируются за счёт ливневых осадков с высокой интенсивностью выпадения. При этом ни сроки выпадения ливневых осадков, ни их объём предсказать невозможно. Есть только статистика метеоданных, согласно которой периодичность выпадения разрушительных ливней (объёмом более 20 мм) на территории региона составляет 1,5 дождя за сезон [43].

Эродированная или смытая почва в значительной степени лишена органического вещества, бесструктурная, поэтому в жаркое время года подвергается действию ветровой эрозии даже при слабом движении воздуха [43; 78].

Таким образом, наиболее мощным фактором, определяющим предельный уровень природно-сельскохозяйственного потенциала территории, является климатический [43].

Рассмотренные природные особенности Оренбургской области, которые присущи и сухостепной зоне Южного Урала, позволяют сделать вывод, что засушливость климата – одна из особенностей региона. Осадков выпадает недостаточно, распределяются в году они неравномерно. Однако, несмотря на отмеченные контрасты, природные условия района вполне благоприятствуют выращиванию озимых культур, яровой пшеницы, ячменя, овса, гречихи, проса, подсолнечника, картофеля, кукурузы на силос, однолетних и многолетних трав, плодово-ягодных насаждений [41].

1.2 Борьба с засухой в сухостепной зоне Южного Урала

1.2.1 Особенности накопления и сбережения почвенной влаги в Оренбургской области

В засушливых районах, особенно в степной и сухостепной зонах, практически все элементы земледелия должны быть оптимизированы по условиям накопления, сохранения и рационального использования влаги. Исходные условия – выбор рациональных севооборотов с определенной долей чистого пара и применение почвозащитных систем обработки почвы с оставлением на поверхности пожнивных остатков и желательной всей соломы. Очень важное значение имеют борьба с сорной растительностью, внесение удобрений, система ухода за чистым паром, маневрирование сроками посева в соответствии с динамикой влагообеспеченности почв и вероятностью выпадения осадков, нормы высева семян [37].

Лушение стерни способствует повышению запасов влаги в почве на 15–30 мм по сравнению с зябью, на которой лушение не проводилось. При увеличении глубины ее на 1 см сток сокращается на 1,5–4 мм. Дальнейшее углубление вспашки на 8 см (с 20–22 до 27–30 см) уменьшает сток на 12–32 мм, а урожай увеличивает на 2–3 ц с гектара.

Основная плоскорезная обработка зяби на эрозионноопасных почвах за счет сохранения на поверхности поля 30–85% стерни на востоке и юге области дополнительно накапливает 15–25 мм продуктивной влаги, за счет чего урожайность зерновых повышается на 1,5–2,0 ц/га по сравнению с обычной вспашкой в засушливые годы [50; 56].

В числе специальных мероприятий по накоплению влаги – снегозадержание. Помимо дополнительного влагонакопления создание достаточно мощного снежного покрова служит надежной защитой озимых культур и многолетних трав от вымерзания. Благодаря уменьшению глубины промерзания уменьшаются сток и смыв почвы. Повышение эффективности

использования зимних осадков – крупный резерв земледелия [37].

В зимнее время путем снегозадержания можно дополнительно накопить 20–30 мм или 200–300 куб.м. воды на гектар. На черноземных почвах от этого приема прибавка урожайности по 20-летним данным НИИСХ Юго-Востока составляет: озимой ржи – 4,1, яровой пшеницы – 3,8.

В первоначальном накоплении снега на полях важную роль играет стерня, которая позволяет раньше начинать снегозадержание. Прибавка урожайности яровой пшеницы в условиях востока при снегозадержании на обычной зяби – 0,9 ц/га (13%), при почвозащитной – 1,4 (18%).

Эффективность снегозадержания по плоскорезной обработке почвы в условиях восточной зоны области зависит от ширины межвалкового пространства. С уменьшением ее от 12 до 4 м высота снежного покрова увеличивается с 25,5 до 38,3 см, а запас воды в снеге – от 603,7 до 915,7 т/га. Запас продуктивной влаги в метровом слое от 97 поднимается до 120,6 мм.

Наиболее эффективны мероприятия по задержанию стока талых вод, проведенные с осени: обвалование, выполненное одновременно со вспашкой зяби, прерывистое и перекрестное бороздование, лункование, щелевание, оставление на поверхности поля стерни.

Задержание талых вод проводится и перед снеготаянием. Все эти приемы увеличивают запасы влаги на 12–22 мм и способствуют получению дополнительной прибавки урожая на 1,0–1,8 ц/га.

Основная задача весной после схода снега заключается в сохранении накопленной влаги. Не заборованная зябь весной ежедневно теряет на испарение 4,0–4,5 мм воды с каждого гектара.

До 60 мм влаги расходуется на испарение от начала полевых работ до смыкания стеблестоя в междурядьях. Для сохранения влаги нужно создать мульчирующий слой. С этой целью под ранние яровые культуры необходимо провести предпосевную культивацию, которая снижает потери влаги.

При уходе за паровым полем особое внимание должно быть уделено сохранению запасов влаги в почве. По многочисленным данным НПО

«Южный Урал», а также других научно-исследовательских учреждений Юго-Востока за период парования на испарение теряются все атмосферные осадки, а в засушливые годы – и часть накопленных ранее запасов почвенной влаги. В условиях центральной зоны области эти потери составляют около 15%.

Для уменьшения расхода влаги в паровом поле необходимо тщательно соблюдать технологию ухода: послойную культивацию с ножевыми рабочими органами, боронование с наваренными на зубья сегментами. После культивации, особенно в засушливые годы, для лучшего сохранения влаги пары прикатывают. Во второй половине лета для этой же цели часть механических обработок заменяют химическими. А для большего накопления влаги на озимых и яровой пшеницы высевают кулисы. Эффективность их в целом по области высокая – 3–4 ц/га дополнительного зерна.

Кулисы в паровом поле под яровую пшеницу на темно-каштановых почвах обеспечивают увеличение запасов почвенной влаги в метровом слое почвы от 115,3 до 160,4 мм: урожайность – на 21% [14; 56].

При условии максимального накопления осадков, выпадающих в Оренбургской области и правильного расходования почвенной влаги, достаточно, чтобы собирать по 30–40 ц зерна пшеницы с гектара [41].

Вся система мер по накоплению, сохранению и рациональному использованию влаги наиболее эффективна в том случае, если она применяется в комплексе [56].

1.2.2 Агротехнические противоэрозионные мероприятия

Эрозия предопределяется природными факторами и активно реализуется в виде ускоренной эрозии под влиянием антропогенных факторов. Среди природных факторов водной эрозии рассматривают климатические, топографические, почвенные, литологические,

биологические. Непосредственное влияние на развитие водной эрозии оказывают количество осадков, их вид, продолжительность, интенсивность, а также время выпадения. Во время дождя эрозия происходит при совместном воздействии падающих капель и потока воды. При этом смыв почвы зависит больше всего от интенсивности осадков. Масштабы эрозии при снеготаянии определяются параметрами стока талых вод, водопроницаемостью мерзлой почвы и ее противоэрозионной стойкостью. Эрозионную способность талой воды характеризуют не только запасы воды в снеге, но и интенсивность снеготаяния.

Особое значение в развитии эрозии имеют условия рельефа: глубина местного базиса эрозии, крутизна, длина, форма и экспозиция склонов. Смыв почвы возможен уже при уклонах $1,0...1,5^\circ$ при достаточной длине склона и сильно возрастает при повышении его крутизны. Смыв почвы становится больше также с увеличением длины склона в связи с возрастанием массы стекающей воды и энергии потока. Развитие эрозии сильнее проявляется на склонах южной экспозиции, поскольку на них почва оттаивает раньше и становится доступной для смыва потоками воды, поступающими сверху [37; 60].

Сильное проявление эрозионных процессов на пахотных землях во многом связано с тем, что при их использовании часто недостаточно учитывают специфические требования к обработке почв на склонах. Вся система обработки почв на склонах должна быть построена так, чтобы на каждом участке поля в течение всего года предупреждалось проявление эрозии. Необходимо, чтобы все виды обработки почв на склонах, помимо их прямых назначений, обязательно предотвращали эрозию.

В районах с неустойчивым и недостаточным увлажнением система обработки почв на склонах призвана обеспечивать максимальное впитывание в почву всех выпадающих осадков и предупреждать излишнюю потерю влаги с поверхности почвы на испарение. Обработка почв на склонах должна предупреждать эрозию, способствовать сохранению и улучшению почвенной

структуры, создавать все условия для хорошего развития растений и получения высоких урожаев возделываемых культур.

На преобладающей части территории страны обработка почв на склонах одновременно направлена на предупреждение эрозии и почвенной засухи. При этом особое значение имеют приемы, увеличивающие водопроницаемость и влагоемкость почв (глубокая вспашка, глубокое рыхление, щелевание, кротование и др.), а также создание емкостей для задержания сразу не впитавшихся в почву осадков (поперечные валики, борозды, лунки и др.).

Все приемы противозерозионной обработки почв на склонах условно можно разделить на две группы – общие и специальные. Общие приемы представляют собой обычные виды обработки почв, правильно применяемые на склонах (вспашка, рыхление, культивация, боронование, междурядные обработки и т. д.), специальные – дополнительные приемы по предупреждению стока и смыва почв, применяют на склонах крутизной более 2...3° (обвалование зяби, бороздование, лункование, щелевание, кротование, мульчирование и т. д.) [20; 29; 37; 41; 81; 87].

Лункование проводят на зяби и парах лункообразователем. Длина лунок 110...120 см, ширина 35...50, глубина 12...15 см.

Прерывистое бороздование осуществляют с помощью специального приспособления, агрегатируемого с плугом или паровыми культиваторами, одновременно со вспашкой зяби или паров. Размеры борозды: длина 80...100 см, ширина 35...40 см, глубина 10...15 см.

Обвалование выполняют плугом, на предпоследнем корпусе которого устанавливают удлиненный отвал, создающий борозды и валики высотой 20...25 см, расположенные на расстоянии 140...170 см один от другого. Поделку водоотводных борозд осуществляют бороздоделателем ДН-300. Глубина водоотводных борозд 18...22 см, ширина по верху 40...48 см, заложения откосов 1:1. Борозды нарезают обычно на расстоянии 50...100 м одна от другой в зависимости от рельефа местности и условий стока под

углом 25...30° к горизонталям. Из водоотводных борозд вода сбрасывается в места, безопасные в эрозионном отношении, например в задернованные или облесенные ложбины, лощины, балки.

Кротование – создание пустот – проводят одновременно со вспашкой зяби, для чего на одном или двух корпусах плуга ставят кротователи. При протаскивании дренажа на глубине 35...40 см создаются кротовины – круглые ходы диаметром 6...8 см [37].

Сокращению стока талых вод, увеличению запасов влаги в почве и повышению урожая способствует также щелевание. Щелевание – поделка узких и глубоких щелей щелевателями – применяют на зяби, посевах озимых, сенокосах и пастбищах. Глубина щелей может быть от 15 до 50 см, а расстояние между ними – 100...150 см. Этот прием широко применяют в зонах засушливого климата, недостаточного и неустойчивого увлажнения [29; 37; 87].

Стоит отметить, что по данным Г.П. Сурмач, прерывистое и перекрестное бороздование зяби мало способствует уменьшению стока, а в ряде случаев увеличивает его. Лункование зяби также не играет существенной роли в уменьшении стока. Полезным приемом, способствующим задержанию талых, а также ливневых вод, как отмечает ученый в своих работах, является щелевание склонов. Значительный эффект осеннее щелевание дает на многолетних травах и пастбищах, уменьшая сток в разные годы от 8–10 до 20–25 мм и больше и обеспечивая дополнительное увлажнение почвы и повышения урожая. Но в целом прием щелевания требует совершенствования заключает автор [20].

Высокая эффективность щелевания отмечена в Саратовской области, где его выполняли на глубину 40–45 см при расстоянии между ножами 100 см. Такой прием снизил коэффициент стока с 0,75 до 0,095, причем запасы влаги в метровом слое почвы к началу полевых работ были выше на 39,8 мм, чем на контроле (В. П. Волков, 1966).

Применение щелевания в Ростовской области позволяет сокращать поверхностный сток воды в 8–10 раз, а смыв почвы – в 6 раз. Урожай яровых зерновых культур повышается на 1–1,5 ц/га (Е. В. Грызлов, 1975).

По данным Ставропольского СХИ, на полях, где проводилось щелевание, сток талых вод уменьшался в 2–3 раза, а запасы влаги в метровом слое почвы к моменту ранневесеннего боронования увеличивались на 70–90 мм.

На склоновых землях Приобской лесостепи Алтайского края щелевание многолетних трав с расстоянием между щелями 2 м увеличивает запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на 368–548 т/га, при расстоянии между щелями 4 м – на 155–419, т/га. Урожай многолетних трав повышается соответственно на 31,1 и 19,4% (В. Столяров, 1975) [29].

Мульчирование имеет особое значение в защите почв от эрозии, а также в регулировании водного режима и повышении биогенности почвы. Мульчирование – это покрытие обнаженной поверхности почвы различными материалами – призвано устранить или уменьшить неблагоприятные явления, связанные с отсутствием на поверхности почвы растительного покрова. Мульчирование почв улучшает их агрофизическое состояние, предупреждает эрозию и дефляцию. Покрытие обнаженной поверхности почвы растительными остатками обогащает почву органическими веществами. Мульчирование влияет на физические, биологические, химические процессы, происходящие в почве. Мульчирующий материал предохраняет почву от прямых ударов дождевых капель, разрушающих ее структуру, снижает скорость водных потоков благодаря повышению шероховатости поверхности. [29; 37; 60].

В качестве мульчи используют различные растительные остатки (измельченную солому, сено, стебли кукурузы, сорго, подсолнечника, кукурузных початков и т. д.), а также материалы не растительного характера (полиэтиленовые пленки, бумагу, асфальтовую эмульсию, парафиновые отстой, губчатую резину, стеклянную вату и др.) [29].

В наиболее засушливых районах оставление измельченной соломы на поверхности почвы приводит к улучшению водного режима и повышению урожайности яровой пшеницы, защищает почву от ветровой эрозии [20; 32; 87].

При мульчировании почвы соломой зерноуборочные комбайны оснащают измельчителем соломы и приспособлением для ее разбрасывания по полю. Больше всего для этой цели подходит универсальное приспособление ПУН-4 (рисунок 1.2) или ПУН-5. При небольшом переоборудовании этим приспособлением можно разбрасывать по полю одну солому или вместе с половой. При этом степень измельчения соломы составляет 30–200 мм, а ширина разбрасывания по полю – 8–9 м. При отсутствии в хозяйстве универсального приспособления ПУН-4 или ПУН-5 можно использовать ПНК-1200, ПНК-1500 и ИСН-3,5 с некоторым его переоборудованием [1; 28; 44; 46; 49; 88].

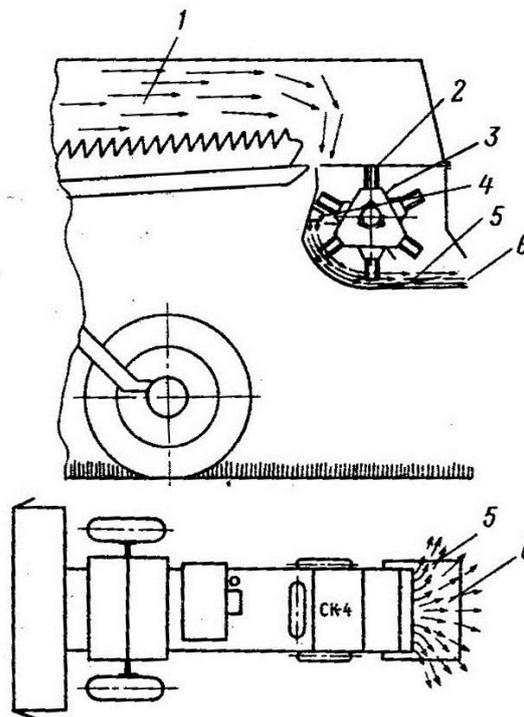


Рисунок 1.2 – Технологический процесс работы измельчителя-разбрасывателя соломы ПУН-4: 1 – цельная солома; 2 – ножи; 3 – лопасти барабана; 4 – противорежущее устройство; 5 – направляющая лопасть; 6 – разброс по полю

При мульчировании суглинистых черноземов Молдавской ССР (соломенная сечка – 8 т/га) водопроницаемость участков с мульчированием была в 1,5–2 раза выше, чем немulьчированных, запас влаги в метровом слое почвы – соответственно на 24 мм больше, меньше было испарение почвенной влаги (Ю. П. Петров, 1966).

В Московской области при дождевании микроплощадок, покрытых соломенной мульчей, было отмечено уменьшение поверхностного стока в 2–4 раза и смыва почв – в 7–10 раз. В Пензенской области, мульчирование соломой и навозом уменьшало смыв почвы с 25 до 2–3 м³/га и повышало содержание влаги в почве на 4–6% (Г. А. Черемисинов, 1955).

Мульчирование изменяет температурный режим поверхностного слоя почвы: снижает температуру почвы летом, повышает осенью, ослабляет суточные и сезонные колебания температуры, уменьшает глубину промерзания почвы. Также предохраняет почвенные агрегаты от разрушения ударом дождевых капель, уменьшает отделение почвенных частиц и их перенос. Покрывающие почву материалы не дают ей уплотниться при выпадении осадков, в результате не образуется корка, меньше испаряется влаги, уменьшается поверхностный сток и проявление эрозии [29].

1.3 Щелевание почвы

1.3.1 Технология щелевания почвы

С середины двадцатого века щелевание, как прием для накопления и сохранения влаги, а также для борьбы с дефляцией и водной эрозией почвы, стал широко изучаться и применяться на территории нашей страны. Ученые А.А. Бей, Д.Е. Ванин, Е.И. Василенко независимо друг от друга отмечали высокую эффективность данного агротехнического приема. Также такие видные ученые как И.А. Васько, В.Н. Вологин, М.М. Ломакин, Н.И. Картамышев, И.Т. Ковриков, Г.П. Кузьмин, А.И. Фирсов, А.П. Спирин, Ю.Ф.

Курдюмов, Н.И. Любушко, В.В. Мальцев, М.М. Константинов, П.П. Костюков, А.М. Марадудин и многие другие продолжили теоретически и экспериментально обосновывать параметры щелевания для различных агроклиматических условия нашей страны.

Сейчас уже накоплен обширный экспериментальный и практический материал по щелеванию почвы в различных условиях [85].

Повышенный интерес к этому приему объясняется тем, что он прост в выполнении, не затрудняет механизированный уход за посевами и уборку урожая, не оказывает отрицательного воздействия на растения и в то же время защищает почву от водной эрозии.

Щелевание почвы широко изучалось в Центрально-Черноземном районе, Поволжье, Краснодарском крае, Казахстане и других почвенно-климатических зонах страны. Вот характерные примеры результатов исследований.

По данным исследований П.И. Аксенова (1969) щелевание средне- и тяжелосуглинистых карбонатных черноземов в Курской области весной по зяби поперек склона перед началом стока с расстоянием между парами щелей 2—2,5 м и глубиной до 15 см в среднем за два года уменьшило сток на 15—25%, способствовало дополнительному накоплению в почве 400 м³/га воды и обеспечило прибавку урожая зерновых 4,4 ц/га.

Опыты, проводимые в Саратовской области на фоне зяблевой вспашки по стерне, показали, что щелевание светло-каштановых слабосолонцеватых почв на склонах южной экспозиции крутизной 1,5—2° на глубину 40—45 см снизило коэффициент стока по сравнению с нещелеванной зябью в восемь раз, а по сравнению с нещелеванным стерневым фоном в четыре раза. При этом увеличилась влажность почвы и возросла урожайность ячменя на 6 ц/га (В.П. Волков, 1964—1966) [15].

Щелевание слабовыщелоченных, слабосмытых черноземов по безотвальной зяби в этой же зоне уменьшило коэффициент стока в два, а смыв почвы в четыре раза и увеличило урожайность на 8% (И.А. Кузник,

1974). Эффективно щелевание зяби и в Краснодарском крае. Здесь в опытах Г.А. Черемисинова (1968) этот прием, проводимый на глубину 22—25 см с интервалом между щелями 50 см, уменьшил сток на 50—70, а смыв — на 30—40% и увеличил урожайность яровой пшеницы на 1,5 ц/га [18].

По данным В.И. Духновой (1977) в Талды-Курганской области щелевание по плоскорезной зяби на глубину 60—70 см также существенно сократило сток и смыв почвы и обеспечило высокую прибавку урожая зерновых.

Хорошо зарекомендовало себя щелевание зяби в условиях орошаемого земледелия. Щелевание южного солонцеватого чернозема тяжелого механического состава на орошаемых землях Николаевской области на глубину 55—60 см, с расстоянием между щелями 90—100 см в среднем за пять лет увеличило общий запас влаги в почве к периоду посева подсолнечника и клеверины на 370—430 м³/га, а урожай семян этих культур — соответственно на 4,0 и 5,7 ц/га [31].

Для щелевания зяби используются различные сельскохозяйственные машины, переоборудование под щелеватель, такие как навесной кротователь КН-700, оборудованный ножами от КЗУ-0,3; плоскорез КППГ-250, оборудованный самодельным ножом-щелерезом, культиватор КРН-4,2 и т. д. В опытах по щелеванию зяби практически не предусматривалось изучение параметров щелей и других технологических и организационных вопросов.

Оценивалась лишь эффективность глубокого полосного рыхления на регулирование стока смыва почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Щелевание почвы под озимые стали изучать сравнительно недавно, но достаточно широко в различных почвенно-климатических зонах страны. При этом делается попытка установить эффективные параметры приема. Так, Я.Н. Мухортов (1968—1974) на выщелоченном среднесуглинистом и на типичном среднесмытом глинистом слабосолонцеватом черноземе в Воронежской области изучал эффективность щелей шириной от 2 до 5 см,

оптимальное расстояние между их парами 1,4; 5 и 10 м, сроки щелевания (до посева, в период посева и во время промерзания почвы на глубину 3—5 см при глубине щелей 50—60 см). Результаты исследований показали, что лучшим сроком щелевания является период наступления, устойчивых заморозков, когда почва промерзает на 3—5 см, оптимальное расстояние между парами щелей 1,4 м, ширина щели не более 11 см и глубина — 50—60 см. При соблюдении этих условий гибель озимых практически не наблюдалась, хорошо проявлялась стокорегулирующая и почвозащитная роль щелевания. Коэффициент стока уменьшился с 0,421—0,634 (на контроле) до 0,283—0,332, а смыв почвы — на 3,2—10,6 т/га. Щелевание почвы на посевах озимых в шесть-семь раз уменьшает вынос гумуса, в полтора раза сокращает потери азота, фосфора и калия, способствует (на 1—3 дня раньше) созреванию почвы и обеспечивает возможность ускорения начала полевых работ по уходу за посевами. На щелеванных участках увеличиваются запасы доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы, улучшаются ее агрофизические свойства и биологическая активность. Растения озимых культур на щелеванных участках лучше растут и развиваются. Все это вместе взятое обеспечивает увеличение урожая зерна озимых на 2,2—8,8 ц/га [34].

Вместе с тем следует учитывать, что при ранних сроках щелевание и применение щелевателей с толщиной ножа более одиннадцати сантиметров приводят к сильной деформации почвы и значительному (на 4—25%) переживанию посевов озимых.

Аналогичные данные по эффективности щелевания в ЦЧП получил А.П. Коваленко (1961, 1969, 1972). В исследованиях М.И. Комарова (1968), проводимых в Тамбовской области, щелевание озимых было эффективным на склонах крутизной 3,5—7° при расстоянии между щелями 5—10—15 м. При этом с уменьшением интервала между щелями от 15 до 5 м прибавки урожая зерна возрастали от 2,1 до 4,3 ц/га.

Положительная стокорегулирующая и общеагрономическая эффективность щелевания почвы на посевах озимых наблюдалась в Донецко-Приднепровском районе в опытах В.Ф. Абрамова (1972—1974), проведенных в Днепропетровской области на обыкновенном алогумусном черноземе (склон юго-восточной экспозиции крутизной 3,5—4,5°). Щелевание, проведенное в период замерзания почвы при парном расположении щелей 35—40 см, в семь раз уменьшило смыв почвы, значительно увеличило запасы продуктивной влаги и обеспечило прибавку урожая зерна 3,4 ц/га.

Щелевание почвы на посевах, озимых оказывает большое стокорегулирующее влияние и при создании снегозадерживающих кулис. По данным В.Ф. Абрамова, кулисы из кукурузы, размещенные поперек склона через 24, 16 и 8 м, на южном среднемощном пылеватом черноземе увеличили запасы снега и воды соответственно в 2,5; 3,0 и 3,5 раза, а щелевание межкулисных пространств создало дополнительно лучшие условия для водопоглощения и обеспечила прибавку урожая зерна 3,0—4,0 ц/га. Причем лучшим оказалось, расстояние между кулисами 22—25 м, а между щелями — 2—3 м.

Щелевание оказывало большое положительное влияние на уменьшение стока, смыва почвы и повышение урожайности озимых культур в засушливых условиях Волгоградской области на светло-каштановых Легко- и среднесу-глинистых почвах (Г.П. Сурман, 1971), на засоленных почвах рисовых орошаемых систем юга Украины (Л.А. Маленко, 1967; Д.Г. Шапошников, 1971), на обыкновенных слабо- и среднесмы-тых тяжелосуглинистых черноземах Молдавии (И. С. Константинов, 1976) и т. д. Щелевание почвы на посевах озимых в этих опытах проводилось на глубину 35—60 см с расстоянием между щелями 5 м. Исследователи отмечают, что на вариантах щелевания сток уменьшался на 8,2—11,3 мм (на 56—50%), смыв почвы — на 3,3—7,9 т/га. (на 56—92%), а урожай зерна увеличивался на 1,8—8,3 ц/га [35].

В исследованиях по щелеванию почвы на посевах озимых, так же как и по щелеванию зяби, использовали серийные сельскохозяйственные машины: культиватор-плоскорез КПП-250 и плуги разных марок, оборудованное специально изготовленным ножами, а также щелерез КЗУ-0,3 и другие.

К сожалению, результаты опытов не дают конкретные значения частоты размещения щелей, о сроках их создания и т. д. Остается практически неизученным характер работы щели; необходимость наполнителя и плотность сложения его на фильтрационную способность щели; закономерность роста и развития растений, находящихся около щели и на различном удалении от нее; целесообразность непосредственного внесения в щели минеральных удобрений и т. п.

Щелевание почвы на посевах многолетних трав изучается в нашей стране с 1952 года в различных почвенно-климатических зонах страны в условиях богарного и орошаемого земледелия. Начаты исследования П.С. Волковым в условиях Ставропольского края. Им было установлено, что щелевание почвы на посевах люцерны переоборудованным плугом на глубину 35—60 см в два-три раза увеличивает высоту и густоту травостоя люцерны и по своей эффективности приравнивается к влагозарядковому поливу или лиманному орошению. Не менее эффективно щелевание почвы на посевах люцерны и в условиях тяжелых каштановых карбонатных почв Саратовской области. Здесь щелевание осуществляли осенью с помощью ГР-2,7 без боковых ножей и плоскорезов на глубину 40—45 см при расстоянии между щелями 1,4—1,8 м. Этот прием повысил скорость впитывания воды в почву и способствовал дополнительному ее накоплению в количестве 350—500 м³, что обеспечило прибавку урожая сена люцерны на 20,9% (В.П. Волков, 1963).

Высокая эффективность щелевания почвы на посевах многолетних трав наблюдалась в условиях Горьковской и Ростовской областей на склонах крутизной 3—5°.

В опытах по щелеванию почвы на посевах многолетних трав использовались в основном те же орудия, что и под озимые культуры, включая щелеватели Щ-1, АЩ-2-110, ЩН-2-140.

Ряд исследователей отмечают недостаточную эффективность щелевания. Например, А.С. Скородумов отмечает, что в опытах, проводимых в 1964 году в Черкасской области, щелевание почвы под озимые на глубину 60 см с интервалом между щелями 3 м не оказало существенного влияния; прием нуждается в дальнейшем изучении.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что применение щелевания эффективно и определяется главным образом агрофоном полей а также глубиной щелей и гидрометеорологическими условиями.

Несмотря на то, что результаты большинства исследований оказались положительными следует признать, что в определенных почвенно-климатических условиях щелевание не оказывает существенного влияния на прибавку урожая (А.С. Скородумов, В.П. Лисютина и др.)

Однако следует отметить, что исследования по определению влияния щелевания на сокращение стока воды и смыва почвы осуществляются локально. В основном они проводятся в Центрально-Черноземном районе, на Украине, меньше в Поволжье, на Северном Кавказе, в Казахстане и Сибири.

В связи с этим крайне необходимо расширить географическую сеть опытов по определению эффективности щелевания с тем, чтобы дать сельскохозяйственному производству каждой зоны научно-обоснованные рекомендации по применению этого приема.

Обязательным условием в самих опытах должно стать комплексное изучение различных вопросов. В настоящее время в одних опытах учитывается только прибавка урожая, в других лишь смыв почвы и урожайность, а в незначительном количестве исследований определялся и сток воды и смыв почвы и прибавка урожая. Отсутствие одного из этих показателей не позволяет представить полную картину эффективности данного приема, его роль в сохранении почвенного плодородия. Такое

положение сложилось из-за нарушения единого методического подхода в проведении опытов, все еще слабой координации исследований.

Особо следует отметить тот факт, что большинство опытов проводится не специальными орудиями — щелевателями, а переоборудованными из другой техники.

Пристального внимания заслуживает и агрофон на котором определяется эффективность щелевания. Большинство исследований по этому вопросу проводится на многолетних травах, зяблевой вспашке, однако на посевах озимых культур опытов проводится мало. Кроме того существующие щелеватели не приспособлены для выполнения работы на посевах озимых [45; 59; 85].

1.3.2 Машины и орудия, применяемые для щелевания

Щелерез-кротователь навесной ЩН–2–140 (рисунок 1.3). Предназначен для щелевания с одновременным кротованием, с одновременным созданием микроповышений в виде валиков высотой до 12 см с целью уменьшения стока поверхностных вод и водной эрозии.

Состоит из основной и шарнирной рам, рабочих органов, опорных колес, дисковых ножей, валикоделателей и гидроцилиндров.

Основная рама сварной конструкции предназначена для монтажа всех узлов. В передней ее части прикреплены кронштейны и рамка для соединения с задним механизмом навески трактора.

Шарнирная рама служит для крепления валикоделателя и его перемещения в поперечном направлении.

Щелерезы крепят к основной раме болтами. В зависимости от условий обработки почвы на них устанавливают сменные ножи и долота. К нижней части щелерезов сзади шарнирно присоединяют дрены.

Опорные колеса установлены на продольных брусках основной рамы и имеют винтовые механизмы для изменения глубины хода щелерезов.

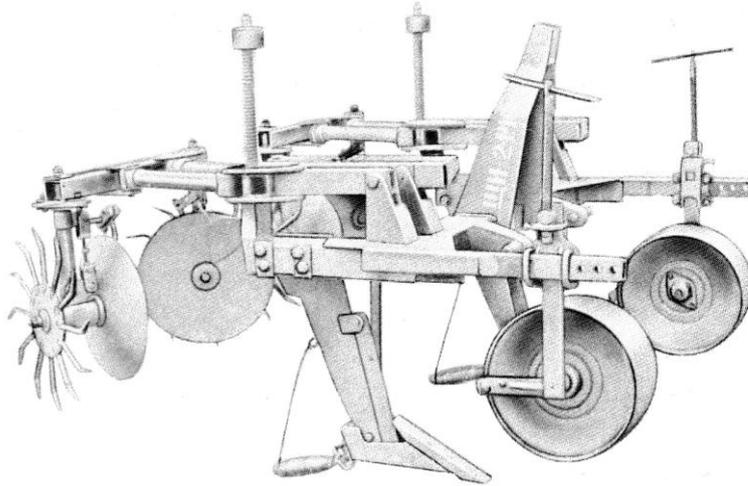


Рисунок 1.3 – Щелерез-кратователь навесной ЩН-2-140

Дисковые ножи, заимствованные с плуга общего назначения, расположены впереди стойки щелереза и предназначены для разрезания дернины на глубину 10...12 см.

Валикоделатели применяют для работы на зяби. Они состоят из сферических и игольчатых дисков. Секции валикоделателей при помощи гидроцилиндров, работающих от гидросистемы трактора, можно перемещать влево или вправо от оси щелерезов.

Агрегатируется с тракторами ДТ-75М, ДТ-75, ДТ-75Б [48; 83; 84].

Щелеватель почвы ЩП-3-70 (рисунок 1.4). Агрегатируется с тракторами тяговых классов 1,4 и 3. Обслуживает один человек [57; 83].

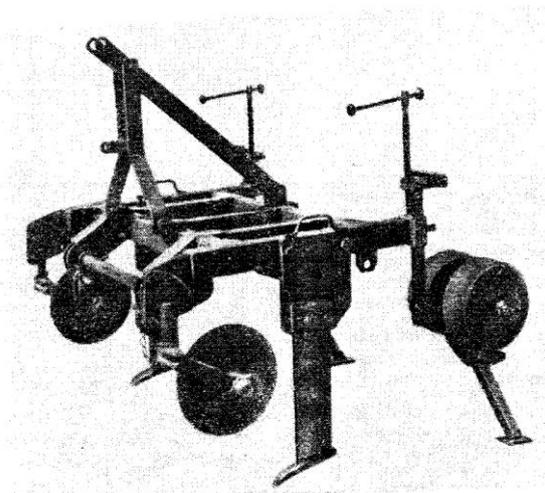


Рисунок 1.4 – Щелеватель почвы ЩП-3-70

Щелеватель-кратователь ЩН-5-40 (рисунок 1.5). Навесной, предназначен для щелевания лугов, сенокосов, посевов многолетних трав и пастбищ с кратованием, зяблевой вспашки с одновременным образованием валиков в целях уменьшения стока воды и водной эрозии на склонах до 8 град.

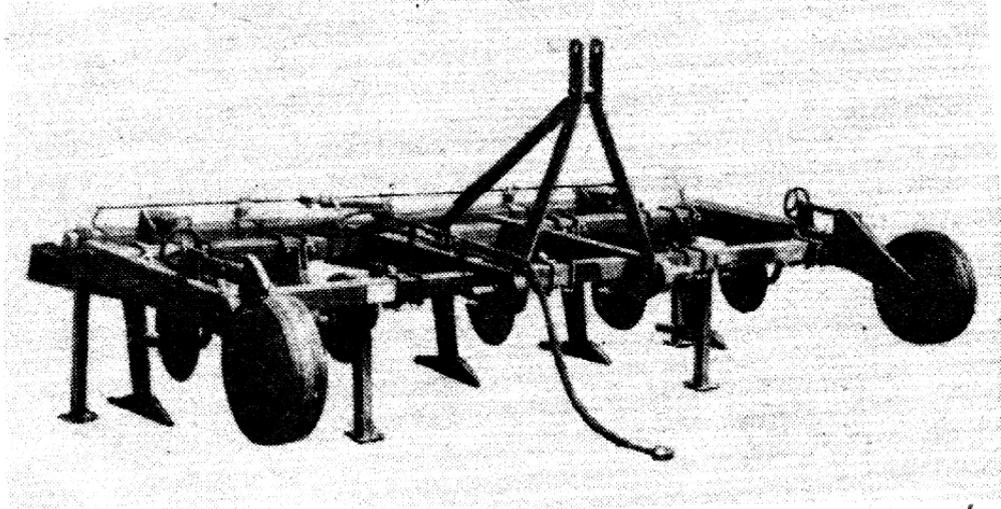


Рисунок 1.5 – Щелеватель-кратователь ЩН-5-40

Состоит из рамы, пяти щелерезов, пяти дисковых ножей, двух опорных колес с механизмом регулировки, гидравлической системы, присоединительного треугольника и валикообразующего устройства.

Конструкционные особенности: бесступенчатая регулировка установки рабочих органов на раме в пределах 0,9...3,6 м (является основным отличием от щелереза-кратователя ЩН-2-140); дрeнер выполнен подпружиненным, отвалы валикообразующего устройства – пассивными; привод осуществляется одним гидроцилиндром.

При транспортировке на короткие расстояния ЩН-5-40 переводится в транспортное положение с помощью гидросистемы трактора.

Агрегатируется с тракторами тягового класса 5. Обслуживает один человек [48; 83].

Плоскорез-щелеватель ПЩ-3 (рисунок 1.6). Может применяться в вариантах плоскореза и щелевателя. Используется в районах с

недостаточным увлажнением и почвами, подверженными ветровой и водной эрозии.

Состоит из рамы, плоскорежущих рабочих органов, щелерезов, опорных колес с механизмами регулировки и опор.

Агрегатируется с тракторами тягового класса 3. Обслуживает тракторист [82].

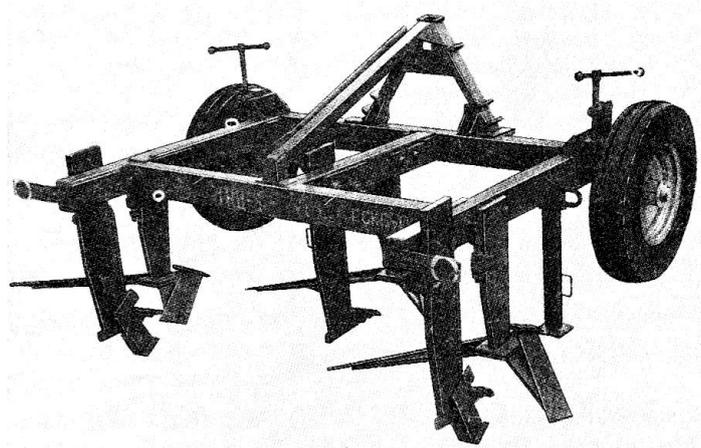


Рисунок 1.6 – Плоскорез-щелеватель ПЩ-3

Плоскорез-щелеватель ПЩ-5 (рисунок 1.7). Предназначен для сплошной обработки почвы с максимальным сохранением стерни и других пожнивных остатков после колосовых и пропашных с одновременным щелеванием; навесной, может применяться в вариантах плоскореза и щелевателя.

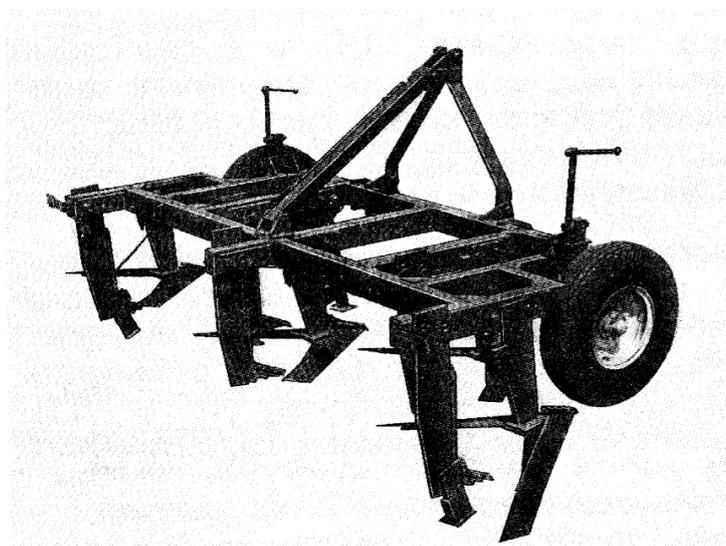


Рисунок 1.7 – Плоскорез-щелеватель ПЩ-5

Состоит из рамы, навески, опорных колес с механизмами регулировки, плоскорежущих лап, щелерезов, опор.

Агрегатируется с тракторами тягового класса 5. Обслуживает тракторист [48; 82].

Основные технические данные, вышеперечисленных орудий, представлены в таблице 1.1 [82; 83; 84].

Таблица 1.1 – Техническая характеристика орудий для щелевания почвы

Марка орудия	Производительность, га/ч	Ширина захвата, м	Расстояние между щелями, м	Глубина щелей, см	Ширина щелей, см	Рабочая скорость, км/ч	Агрегируется с тракторами	Масса, кг
ЩН-2-140	1,58-1,84	2,8	1,4	до 43	5	5,25-6,1	ДТ-75	832
ЩП-3-70	1,2-2,9	2,8	1,4	30-58,9	3,8-13,1	3,3-10,3	Т-150	566
ЩН-5-40	4,05-6,48	4,5-7,2	0,9-3,6	40	2,5	до 9	К-701	1400
ПЩ-3	1,94-2,77	2,77	0,8	25-35	5	7-10	Т-150К	772
ПЩ-5	3,08-4,4	4,4	0,8	25-35	5	7-10	К-701	1410

Анализируя вышеприведенный обзор щелевателей, можно отметить, что основные параметры щелевания, проводимые данными орудиями, изменяются достаточно в широких пределах. При неправильном подборе этих параметров, для тех или иных условий обработки почвы, может приводить к существенному снижению эффективности щелевания, а возможно и к отрицательному эффекту. Поэтому необходим научно-обоснованный подход к применению щелевания для определенных условий. Также стоит отметить, что современным агрегатам присущ существенный недостаток. Неукрепленные стенки быстро разрушаются, что приводит к закрытию щели. Поэтому необходима разработка и создание машин, способных нарезать почвенную щель с одновременным заполнением их материалами, которые будут укреплять стенки щели [40; 54; 79].

1.3.3 Вертикальное мульчирование почвы

Наиболее эффективным приемом, почти полностью сохраняющим влагу на полях, является вертикальное мульчирование – щелевание поперек склонов с заполнением щелей стерней, соломой, опилками и т.д.

По зарубежным данным, растительный материал сохраняется в щелях три – пять лет, в течение всего этого периода щели активно функционируют. При разложении органического вещества улучшаются физические свойства почвы вдоль стенок, усиливается деятельность дождевых червей. В результате водопроницающая роль вертикального мульчирования сохраняется даже тогда, когда мульча уже полностью разложилась [52; 53].

Разработкой вертикального мульчирования занимаются несколько научно-исследовательских учреждений. Однако работы их не объединены единым замыслом, не координируются.

По технологии Центрального НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства поперек склона через 2–6 м нарезают щели шириной 0,15 м на глубину 0,4 м, одновременно заполняя их торфокрошкой. Участие в этом процессе нескольких машин различного назначения снижает эффективность технологии. Экономически целесообразней было бы иметь однотипные машины. Этот способ мульчирования эффективно задерживает сток и повышает урожайность зерновых на 2–3 ц/га.

Технология Алтайского НИИ земледелия и селекции включает нарезание щели поперек склона, одновременное сгребание неизмельченной соломы в валок (над щелью) с последующей запрессовкой ее диско-катком в щель. Глубина размещения мульчи ограничивается осыпанием почвы со стенок щели в процессе вдавливания соломы, что в некоторой степени снижает эффективность приема.

По технологии Ставропольского НИИ сельского хозяйства щели заполняют прессованной соломой до глубины 30 см. Щель делают с односторонней призмой вспучивания высотой 12–14 см, что способствует

задержке воды. Технические устройства ограничивают глубину щели и мульчирования в пределах 0,3–0,5 м. В основном их можно использовать для южных районов страны.

Высокая стокорегулирующая эффективность вертикального мульчирования с озимыми на типичном черноземе была подтверждена в опытах Н. Ф. Гончарова в 1983 году. С озимых обычно сбрасывается 70–90 % снеговой воды. В опыте даже при расстоянии 40 м между щелями, заполненными соломой, сток в среднем за 4 года был меньше на 40–60 %. Последствие щелей сохранялось в течение 5 лет. В первые годы сток сократился на 9–10 мм, на пятый год – на 3,5 мм, в смыв уменьшился в 1,5–4 раза [52; 53].

Исследования и анализ ведущихся разработок показывают, что водопоглощающие щели для задержания стока талых вод целесообразней делать не шире 0,16 м, заполнять их неизмельченной соломой с выходом на дневную поверхность в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой. Солома, размещенная таким образом, несмотря на давление снега, прохождение через нее струй воды, остается длительное время в неизменном положении. Кулиса хорошо задерживает снег, что уменьшает промерзание почвы, прилегающей к щели с мульчей. Такое небольшое усовершенствование вертикального мульчирования позволяет уменьшить глубину щелей.

Воздушное пространство между дном щели и сводом соломы создает эффективную теплоизоляцию, так как воздух имеет в 10 раз меньшую теплопроводность, чем снег, и в 20 раз меньшую, чем минеральная часть почвы (А. М. Шульгин, 1972). Оптимальный его объем и высота должны быть установлены для каждой почвенно-климатической зоны. Создание воздушного пространства над дном щели благоприятствует освобождению мульчи от излишков воды. Слабоувлажненная, она не смерзается в сплошной монолит, а продолжает принимать и пропускать через себя воду, что является

необходимым начальным условием для перевода поверхностного стока во внутрисочвенный.

Кроме того, «висячее» положение соломы в щели снижает в 1,5–2,0 раза потребность в мульче. В межщелевом пространстве при таком размещении можно проводить плоскорезную обработку. Все это позволяет увеличить расстояние между щелями, уменьшить глубину, а значит, сократить затраты на проведение вертикального мульчирования.

На Черновицкой опытной станции в 1981–1983 годах изучали влияние вертикального мульчирования на процессы ливневой эрозии. Щели на зяби заполняли соломой с глубины 5–6 см до 40–45 см [52; 53].

Благодаря слабому промерзанию основная масса снеговой воды просачивалась на всех участках. Однако в почве с вертикальным мульчированием талой воды задержалось в среднем на 24 мм больше.

В весенне-летний период при выпадении сильных дождей наблюдался сток и смыв почвы. В среднем за три года величина смыва при обычном щелевании по сравнению с контролем уменьшилась в три раза, при вертикальном мульчировании – в 21,7 и при поверхностном – в 18,1 раза (таблица 1.2).

Снижение эрозии на участках с мульчированием происходило как за счет механического задержания воды емкостями щелей и мульчей, так и в результате улучшения агрофизических свойств почвы. Водопроницаемость почвы на фоне вертикального мульчирования увеличилась в среднем за три года в пять раз. Даже после прошедших ливней, когда почва была значительно увлажнена, интенсивность фильтрации здесь была в 2,6 раза выше, чем на контроле, при обычном щелевании и поверхностном мульчировании – в 1,8 раза. Стенки щелей с соломой были пронизаны ходами дождевых червей (в 2,6 раза больше, чем без мульчи). При этом отмечено повышение урожайности возделываемых культур (таблица 1.2).

Таким образом, вертикальное мульчирование – эффективный водорегулирующий и почвозащитный прием, позволяющий при совершенной

технологии максимально зарегулировать поверхностный сток и остановить процессы водной эрозии. Необходимо для каждой зоны разработать его параметры, определить место в пространстве, разработать технические средства для его осуществления, установить оптимальное сочетание поверхностного и вертикального размещения мульчи на пашне [52; 53].

Таблица 1.2 – Влияние мульчирования на смыв почвы и урожайность полевых культур

Вариант опыта	Смыв почвы ливневым стоком, м ³ /га (1981–1983 годы)	Урожайность, ц/га	
		кукуруза, прямое действие (1981–1983 годы)	яровой ячмень, последствие (1982–1984 годы)
Вспашка поперек склона на глубину 25-27 см (контроль)	32,6	426	25,8
То же + щелевание на глубину 55-60 см с расстоянием между парами щелей 8,6 м (щели открытые)	10,8	428	26,6
Вспашка на 25-27 см + вертикальное мульчирование соломой	1,5	484	27,8
Вспашка поперек склона на глубину 25-27 см + поверхностное мульчирование соломой	1,8	472	30,4

1.4 Классификация сельскохозяйственных агрегатов для вертикального мульчирования почвы

На сегодняшний день в нашей стране не существует промышленного образца щелевателя для вертикального мульчирования почвы. Известны только несколько экспериментальных конструкций [69].

После проведенного анализа патентных источников, нами была разработана классификация сельскохозяйственных агрегатов для нарезания почвенных щелей с одновременным внесением в них наполнителя (рисунок 1.8).

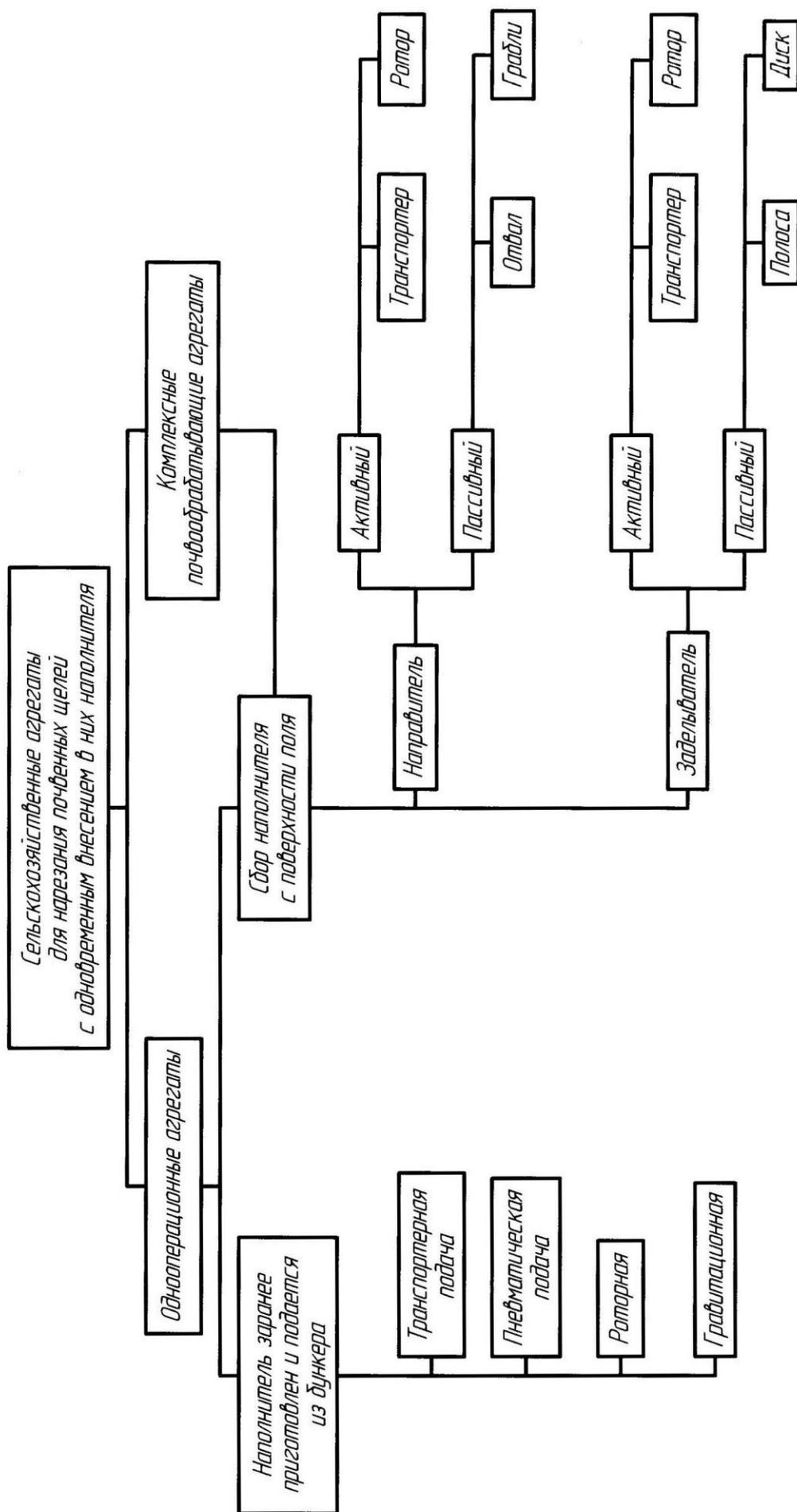


Рисунок 1.8 – Классификация сельскохозяйственных агрегатов для вертикального мультирования почвы

Рассмотренные агрегаты были разделены на две группы. К первой группе относят агрегаты, которые выполняют только нарезку щели и ее заполнение, т.е. однооперационные агрегаты. Ко второй группе относятся комплексные почвообрабатывающие агрегаты, которые помимо вертикального мульчирования почвы выполняют и другие операции (посев, прикатывание и др.) [69].

В свою очередь, однооперационные агрегаты подразделяются на два типа. К первому типу относятся агрегаты, которые в качестве наполнителя используют пожнивные остатки предварительно измельченные и разбросанные по поверхности обрабатываемого поля. При работе таких агрегатов происходит сбор наполнителя с помощью направителей. Направители бывают активного действия (установлен привод механизма, например, транспортер, ротор) и пассивного (отвал, грабли). В след за направителем устанавливаются заделыватели. Заделыватели тоже делятся на активного действия (транспортер, вентилятор) и пассивного (диск, полоса) (рисунки 1.9–1.13) [2; 3; 4; 6; 7; 9; 65].

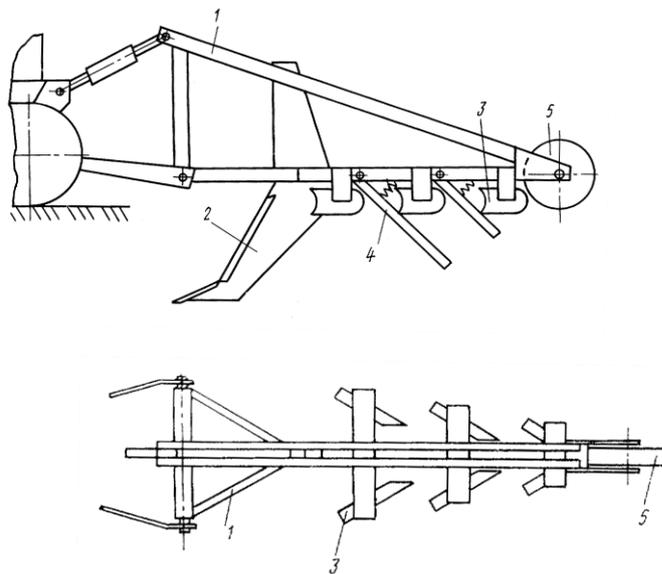


Рисунок 1.9 – Однооперационный агрегат с отвалом в качестве направителя и дисковым и полосным заделывателем: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – отвал; 4 – полоса; 5 – диск

Рассмотрим подробнее принцип работы одного из таких агрегатов (рисунок 1.9). При начале движения агрегата по поверхности поля, рама 1 опускается, тем самым заглабливает щелерез 2 в почву, что приводит к образованию щели. При этом с помощью направителей 3 (отвалов) происходит сбор соломы и подача ее на щель. Далее заделыватель 4 (полоса) и заделыватель 5 (диск) вносят солому внутрь щели [3].

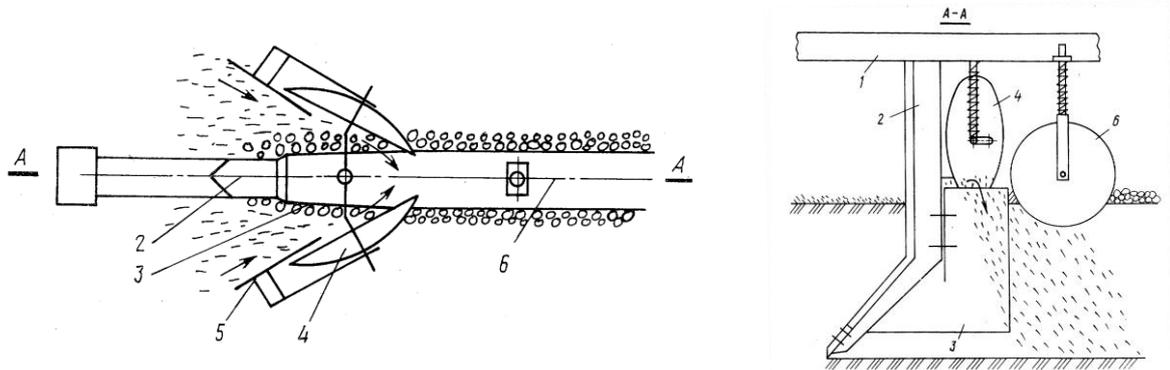


Рисунок 1.10 – Однооперационный агрегат с отвальным типом направителя и дисковым заделывателем: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – материалопровод; 4 – сферические диски; 5 – скребки; 6 – заделывающий диск

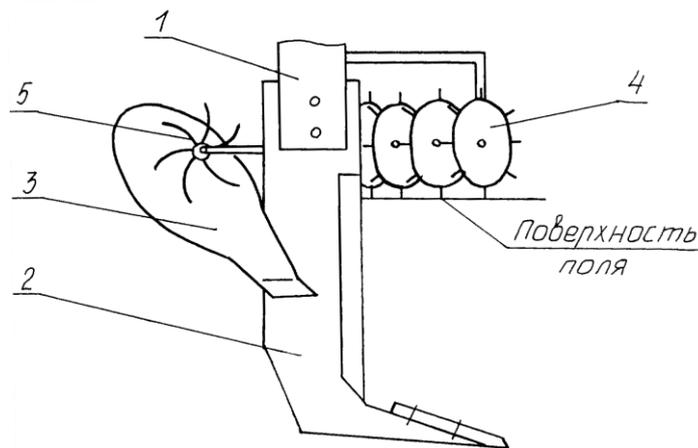


Рисунок 1.11 – Однооперационный агрегат с вычесывающим направителем: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – отвал; 4 – сгребующее приспособление; 5 – соломонабиватель

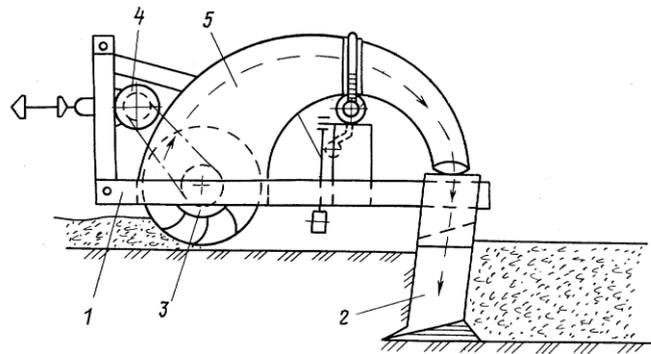
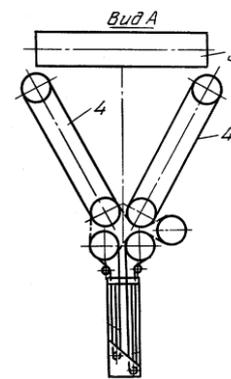
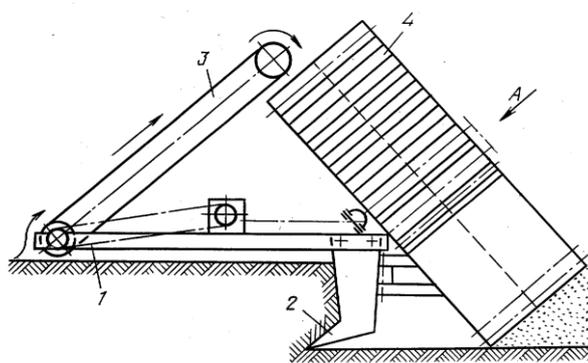
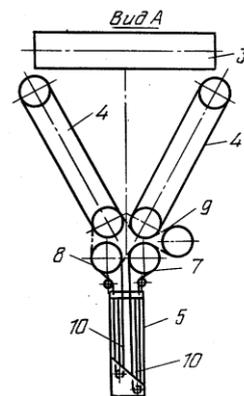
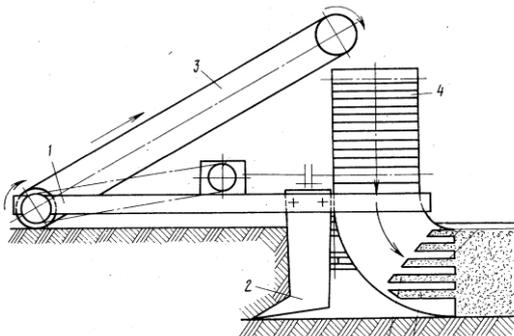


Рисунок 1.12 – Однооперационный агрегат заполняющий щель ротором: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – ротор; 4 – привод ротора; 5 – кожух



а)



б)

Рисунок 1.13 – Однооперационные агрегаты с транспортерными направляющими и заделывателями (а – с наклонным заделывающим транспортером; б – с вертикальным заделывающим транспортером): 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – продольный транспортер; 4 – поперечные транспортеры

При втором типе агрегаты используют наполнитель, который заранее приготовлен и загружен в бункер. Из бункера в щель наполнитель попадает с помощью различных устройств, например транспортера, вентилятора, ротора либо самотеком, под действием гравитации. В качестве наполнителя, при таком типе могут использоваться не только пожнивные остатки, но и другие органические и неорганические вещества (рисунки 1.14–1.16) [5; 8; 10; 11; 64].

Рассмотрим принцип работы таких агрегатов на примере рисунка 1.14. Представленное устройство работает следующим образом. Волокнистый наполнитель равномерно из бункера 4 роторами (вращающиеся вальцы) 5 подается в полость между боковинами 3 щелереза 2. Щелерез 2 разрыхляет почву и образует в ней щель. Боковины 3 предотвращают обрушивание грунта и преждевременное закрывание щели. Заполнитель, например измельченная солома в смеси с торфом или органическими удобрениями, поступает из бункера 4 в полость, образованную боковинами 3. При этом наполнитель между криволинейными прутками 7 контактирует с грунтом щели, за счет чего остается на месте, в то время как щелерез 2 с боковыми стенками продвигается вперед. Почва со стенок щели поступает между прутками и захватывает наполнитель из полости боковин 3. Кривизна прутков в продольно-вертикальной полости дополнительно направляет волокнистый наполнитель ко дну щели.

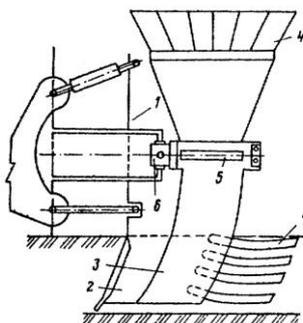


Рисунок 1.14 – Однооперационный агрегат, подающий наполнитель из бункера в щель роторами: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – боковины щелереза; 4 – бункер; 5 – роторы; 6 – гидродвигатель; 7 – распределяющие прутки

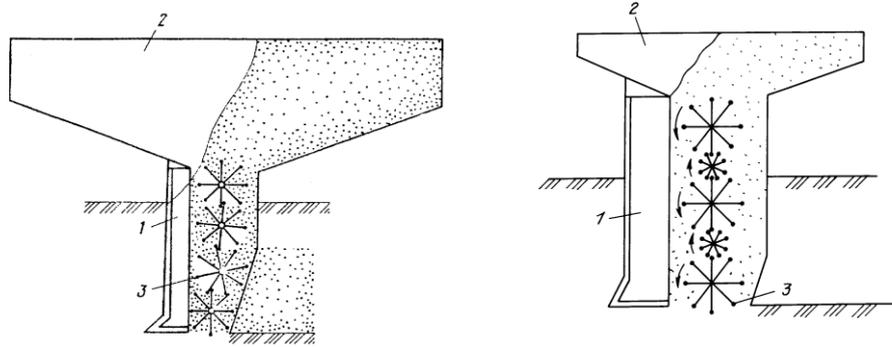
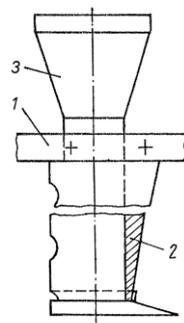
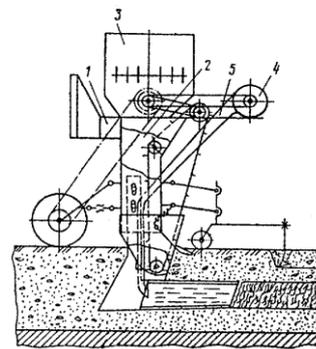


Рисунок 1.15 – Однооперационный агрегат с подачей наполнителя из бункера в щель с помощью поярусно установленных роторов: 1 – щелерез; 2 – бункер; 3 – поярусно установленные роторы



а)



б)

Рисунок 1.16 – Однооперационный агрегат с подачей наполнителя из бункера в щель (а – самотеком; б – воздушной струей): 1 – рама; 2 – полый щелерез; 3 – бункер; 4 – компрессор; 5 – воздухопровод

Комплексные почвообрабатывающие агрегаты отличаются от однооперационных тем, что за один проход, помимо нарезания почвенных щелей с одновременным внесением в них наполнителя, выполняют ряд других агротехнических операций, например посев, прикатывание, внесение удобрений и др. [66; 67]. По принципу вертикального мульчирования они схожи с однооперационными агрегатами первого типа (рисунок 1.17).

Каждому типу агрегатов свойственен ряд достоинств и недостатков. Комплексные агрегаты заменяют одновременно целый набор машин, однако они громоздки и обладают металлоемкой конструкцией. Это приводит к снижению коэффициента готовности, к увеличению затрат времени на

подготовку к хранению, транспортировке или запуску в работу. Более того затрудняется обслуживание таких машин, снижается надежность и увеличиваются затраты на их использование [54].

Однооперационные агрегаты второго типа обладают лучшей равномерностью заделки наполнителя по высоте щели, по сравнению с агрегатами, которые собирают и заделывают пожнивные остатки, находящиеся непосредственно на поверхности обрабатываемого поля. При этом они обладают рядом существенных недостатков, главный из которых – это необходимость для них заранее проводить заготовку, хранение и транспортировку наполнителя. Также они сложны в изготовлении и эксплуатации. Все это ставит вопрос о их экономической целесообразности.

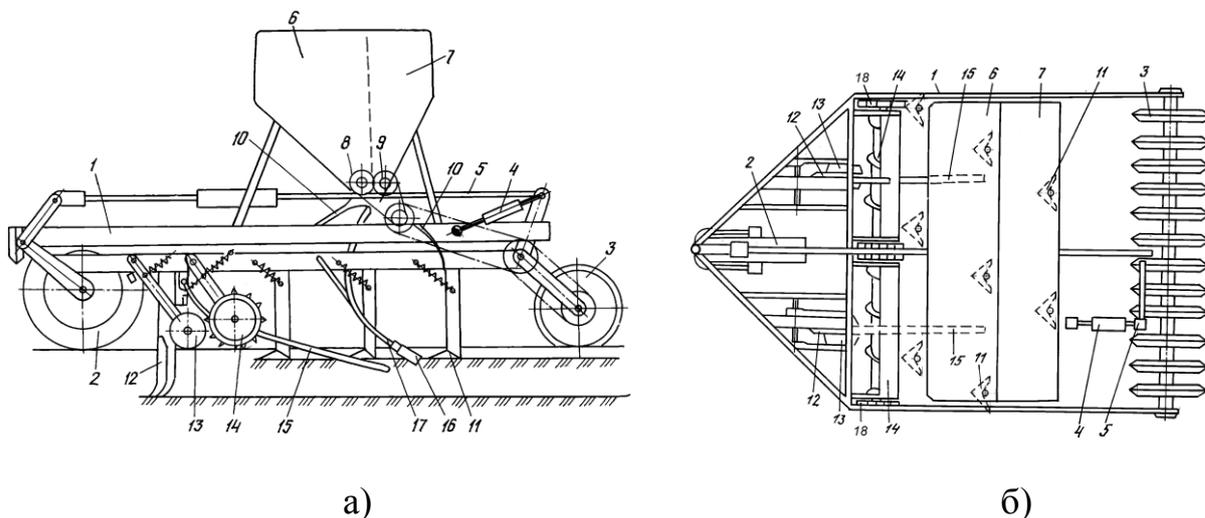


Рисунок 1.17 – Комплексный почвообрабатывающий агрегат (а – сбоку; б – сверху): 1 – рама; 2 – переднее самоустанавливающееся колесо; 3 – катки; 4 – гидросистема; 5 – рычажные механизмы; 6 – семенной бункер; 7 – туковый бункер; 8 – аппараты для высева семян; 9 – туковысевающие аппараты; 11 – лаповые сошники; 12 – щелерезы; 13 – конусные катки; 14 – соломонаправители; 15 – соломозаталкиватели; 16 – наконечники; 17 – тукопровод; 18 – приводные колеса

Агрегаты первого типа наоборот просты, надежны и обладают большой производительностью. Все это говорит о их перспективности в дальнейшем развитии. Первоочередной задачей такого развития является улучшение

качества вертикального мульчирования. Необходимо разработать такие агрегаты, которые бы позволяли заделывать солому с выходом на поверхность в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой. Также стоит обратить внимание на направители грабельного типа. Они в значительно меньшей степени захватывают почву и направляют в область щели по сравнению с направителями отвального типа. Дисковые заделыватели менее склонны к забиванию и обладают меньшим тяговым сопротивлением по сравнению с полосными.

Выводы по главе

1. В сухостепной зоне Южного Урала урожайность сельскохозяйственных культур ограничивается количеством почвенной влаги. Для увеличения запасов влаги необходимо применять приемы позволяющие проводить накопление и сохранение влаги, образующейся во время таяния снега и ливневых дождей.

2. Наиболее эффективным приемом для накопления и сбережения почвенной влаги, является щелевание.

3. Для повышения эффективности щелевания необходимо заделывать в щель солому. Солома укрепит стенки щели, тем самым увеличит период их функционирования, снизит потери влаги на испарение. Однако на сегодняшний день в нашей стране не существует промышленного образца щелевателя для вертикального мульчирования почвы.

4. Агрегаты первого типа наиболее перспективны в дальнейшем развитии. Первоочередной задачей такого развития является улучшение качества вертикального мульчирования. Необходимо разработать такие агрегаты, которые бы позволяли заделывать солому с выходом на поверхность в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой. Также стоит обратить внимание на направители грабельного типа и дисковые заделыватели.

Цели и задачи исследования

Учитывая результаты проведенного анализа, целью настоящей работы является разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. По результатам анализа патентных источников определить наиболее перспективное направление совершенствования щелевателей, для сухостепной зоны Южного Урала, способных проводить одновременно с нарезанием почвенной щели, заполнение ее соломой для получения более высоких урожаев.

2. Выполнить теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров соломонаправителя и соломозаделывателя.

3. Экспериментально исследовать закономерности влияния конструктивных параметров соломонаправителя и соломозаделывателя на параметры заделки соломы в щель.

4. Провести производственные исследования щелевателя с дополнительными рабочими органами для вертикального мульчирования почвы соломой в условиях сухостепной зоны Южного Урала.

5. Определить экономическую эффективность разработанного щелевателя.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО МУЛЬЧИРОВАНИЯ ПОЧВЫ СОЛОМОЙ

2.1 Устройство и работа экспериментального щелевателя

По результатам анализа литературных и патентных источников нами разработан сельскохозяйственный агрегат для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным мульчированием их соломой (рисунок 2.1) [68; 71; 72; 73].

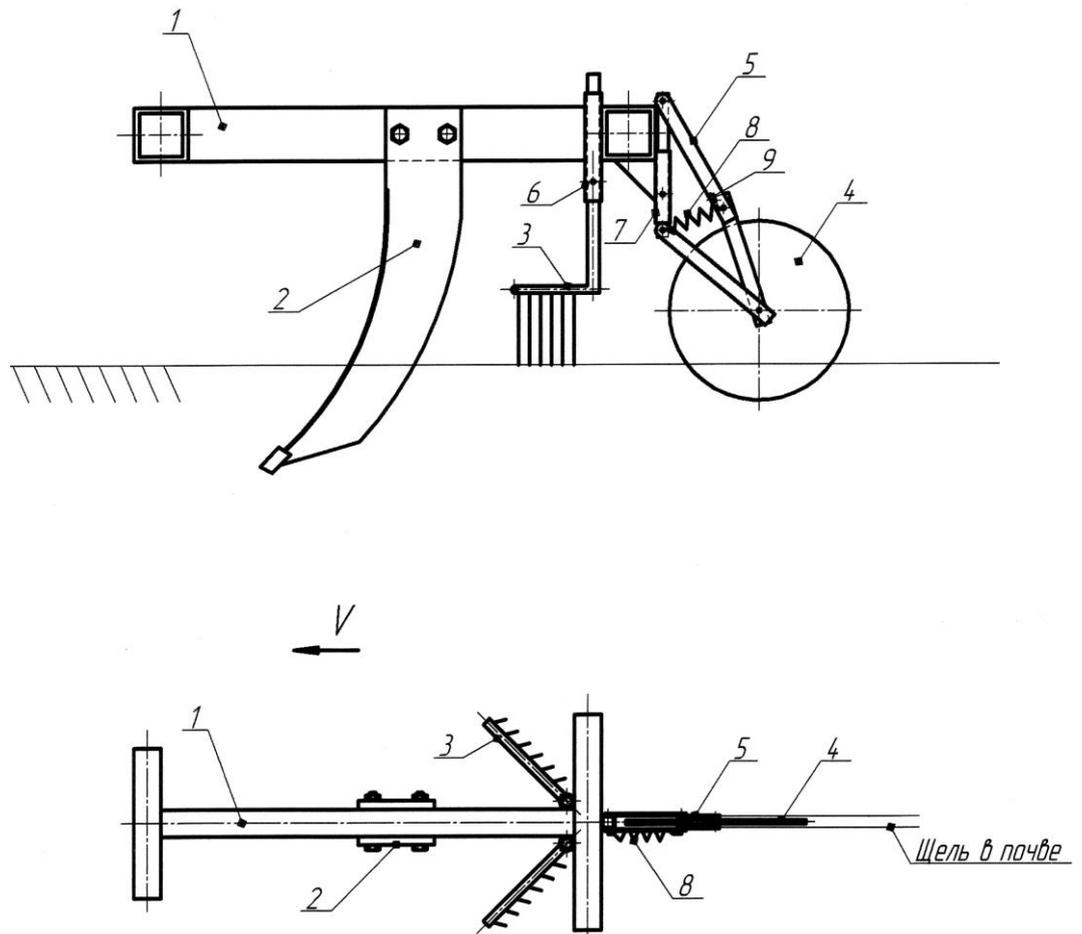


Рисунок 2.1 – Схема экспериментального сельскохозяйственного агрегата: 1 – сварная рама; 2 – рабочий орган (щелерез); 3 – граблины соломонаправителя; 4 – соломозаделывающий диск; 5 – параллелограммный механизм; 6, 7 – устройства для регулировки; 8 – пружина; 9 – ограничитель

Орудие состоит из сварной рамы 1, щелереза 2, соломонаправителя состоящего, в свою очередь, из двух граблин 3 и соломозаделывателя, в виде круглого диска 4 подвешенного на параллелограммом механизме 5. Крепление диска 5 к раме подобным образом обеспечивает возможность регулировки его по высоте. Установка граблин под углом к направлению движения агрегата, а также регулировка их по высоте осуществляется с помощью устройств 6 и 7. Установка граблин под углом к направлению движения обеспечивает сбор и подачу соломы на щель. На параллелограммный механизм установлена пружина 8 и стопор 9 [72].

Рассмотрим подробнее принцип работы агрегат (рисунок 2.1). При начале движения агрегата по поверхности поля, рама 1 опускается, тем самым заглубляет щелерез 2 в почву, что приводит к образованию щели. При этом с помощью граблин 3 (соломонаправитель) происходит сбор соломы и подача ее на щель. Далее диск 4 (соломозаделыватель) вносит солому внутрь щели. При попадании под диск твердого предмета (камень, пень и др.), диск поднимается, разжимая пружину 8, что позволяет снизить вероятность поломки соломозаделывателя. После этого диск возвращается в положение ограничивающее стопором 9 [73].

2.2 Теоретическое обоснование параметров щелереза

Рабочим органом щелереза является щелерез. Щелерез состоит из прямой или криволинейной стойки со сменным наральником (долото) (рисунок 2.2). Качество и энергоемкость нарезания щели в почве в основном зависят от параметров наральника и стойки [25].

Известны исследования, в которых применялись самодельные щелерезы, изготовленные из стальной плиты толщиной 20–25 мм. Такие орудия уплотняли стенки почвы, резко снижая ее водопроницаемость. Поглощение стока ограничивалось объемом 10–15 л на метр длины щели. Уплотненные стенки обеспечивали капиллярный подъем влаги, и потери на

испарение часто превышали накопленные запасы в щелях. Поэтому необходимо определить параметры наральника и стойки щелереза, при которых проводимое щелевание будет максимально рыхлить почву, увеличивая ее некапиллярную скважность вследствие изменения объемного веса [81].

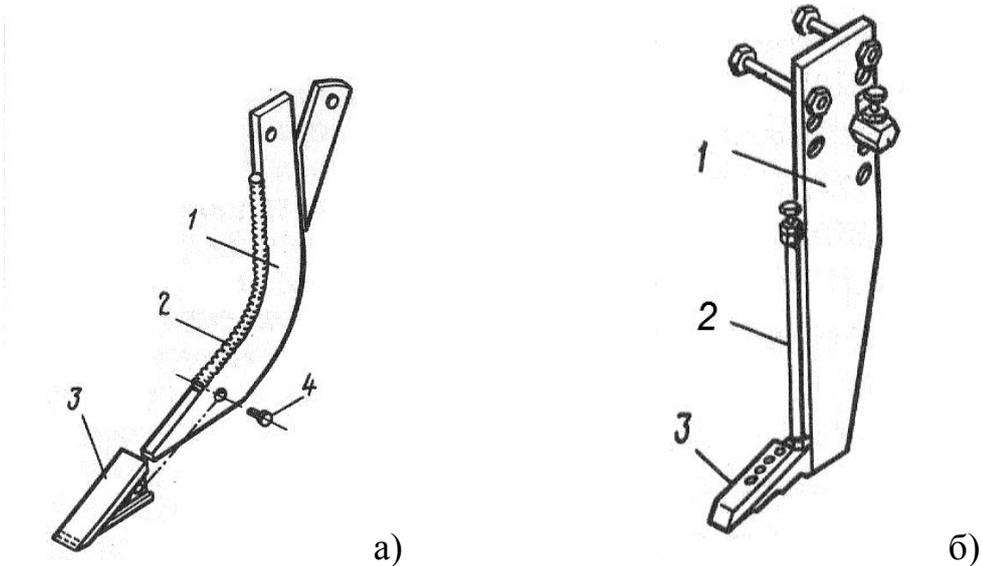


Рисунок 2.2 – Щелерез: а – с изогнутой стойкой; б – с прямой стойкой; 1 – стойка; 2 – обтекатель; 3 – наральник (долото); 4 – ось со штифтом

Различия свойств обрабатываемого материала обуславливают некоторые особенности технологического процесса, в основе которого лежит резание клином с плоской рабочей поверхностью, сводящееся к разрушению почвенного пласта путем сдвига (скалывания) на куски (стружку) трапецеидальной формы. При этом распространение деформации почвы в стороны, т.е. в поперечно-вертикальной плоскости, ограничивается некоторой предельной глубиной обработки, названной критической. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается ее смятием в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном (рисунок 2.3, а и б) [38].

Таким образом, возможны два режима работы щелереза: при $H < H_{кр}$ и $H > H_{кр}$, где $H_{кр}$ – критическая глубина обработки. В первом случае глубина

H_1 прорези, от которой начинаются боковые расширения зоны деформации почвы, несколько меньше глубины H обработки почвы (рисунок 2.3, в), так как скалывание почвы под углом ψ начинается несколько выше лезвия. Однако в этом случае с достаточной для практики точностью можно принять, что $H_1 \approx H$. Во втором случае, т.е. при $H > H_{кр}$, зона бокового рыхления пласта распространяется до величины $H_{кр}$ (рисунок 2.3, з), ниже образуется щель глубиной

$$H_0 = H - H_{кр}, \text{ м}, \quad (2.1)$$

где H_0 – глубина блокированного резания без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы, м.

В этой зоне, т.е. за пределами глубины $H_{кр}$, в нижней части рабочей поверхности, образуется уплотненное ядро толщиной e (рисунок 2.3, з). Его образование связано с большим давлением в зоне блокированного резания, под действием которого почвы сминается, сильно уплотняется и задерживается на рабочей поверхности наральника в зоне $H_0 = H - H_{кр}$. В некоторых условиях оно становится настолько прочным, что дальнейшее резание почвы производится им, а не рабочей поверхностью, в других – оно периодически разрушается и возобновляется вновь [38].

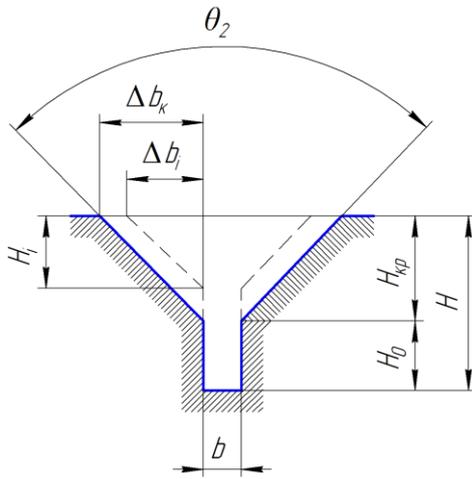
Угол ψ скалывания почвы может быть определен по формуле В.П. Горячкина:

$$\psi = 90^\circ - \frac{(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{2}, \text{ град.}, \quad (2.2)$$

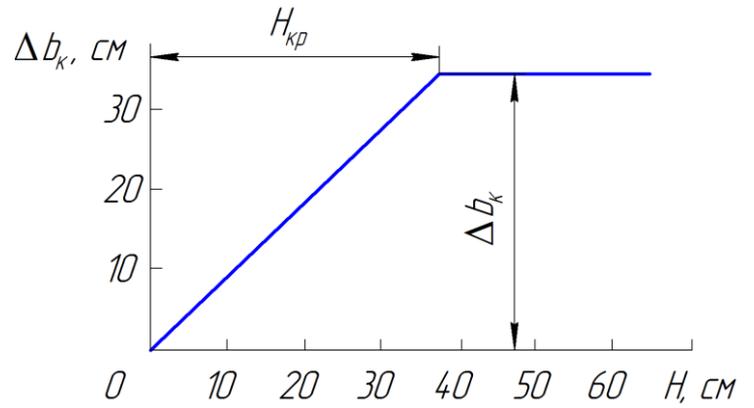
где α – угол крошения, град.;

φ_1 – угол трения почвы о сталь, град.;

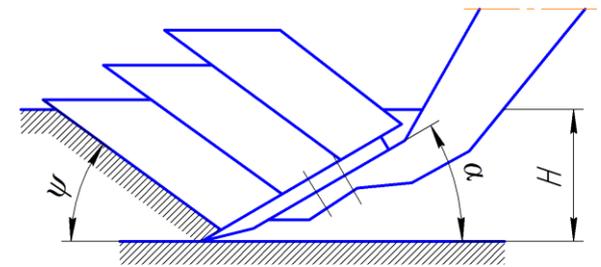
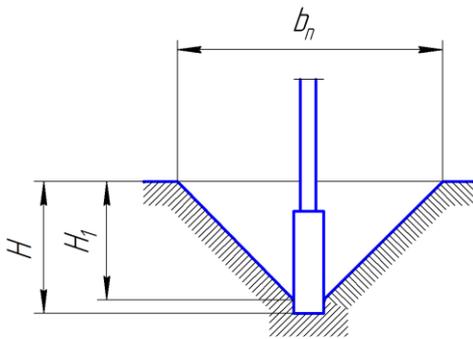
φ_2 – угол внутреннего трения почвы, град.



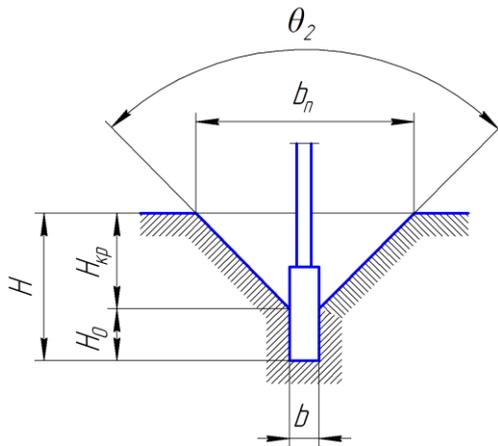
а)



б)



в)

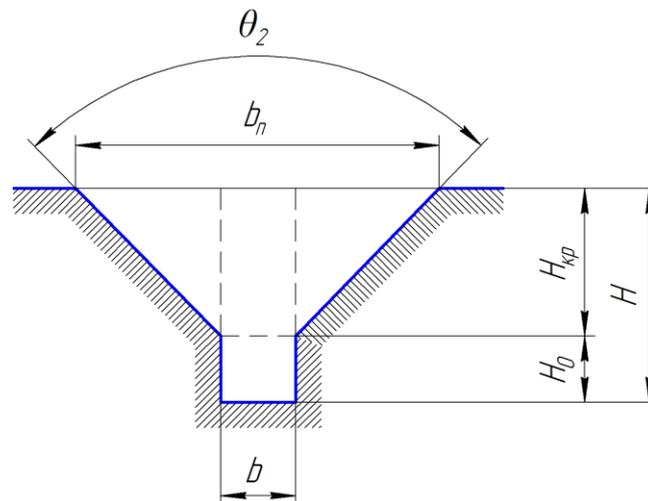
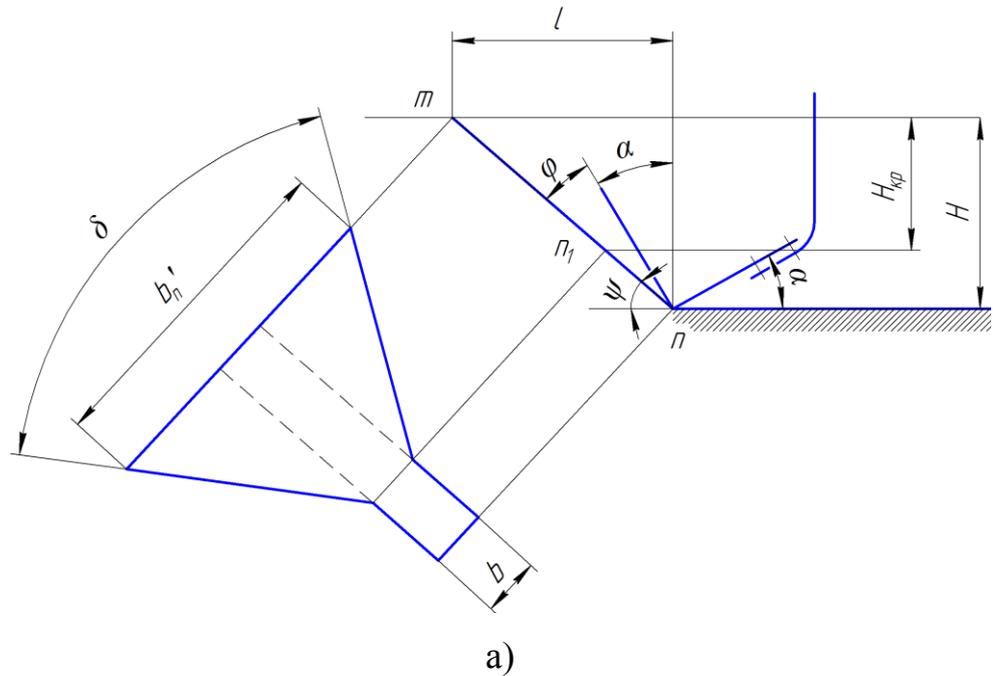


г)

Рисунок 2.3 – Характеристики процесса деформации почвы щелерезом:
 а – профиль поперечного сечения обработанной почвы; б – зависимость бокового скалывания почвы от глубины обработки; в – схема рыхления почвы при $H < H_{кр}$; г – схема рыхления почвы при $H > H_{кр}$

Ширина деформированной полосы почвы в поперечном сечении пласта при $H > H_{кр}$ зависит не от значений H , а от $H_{кр}$ (рисунок 2.4) [38]:

$$b_{II} = b + 2H_{кр} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_2}{2}\right), \text{ м.} \quad (2.3)$$



б)

Рисунок 2.4 – Схема распространения деформации почвы при работе щелереза в продольном (а) и поперечном (б) направлениях

Зона распространения деформации почвы в продольном направлении зависит от величины H , а также от углов α и φ и определяется по формуле (2.4) [38].

$$l = H \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \text{ м.} \quad (2.4)$$

Ширина полосы деформируемой почвы на ее поверхности на расстоянии l от ее носка

$$b_{\text{п}} = b + 2mn_1 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right), \text{ но так как } mn_1 = \frac{H_{\text{кр}}}{\cos(\alpha + \varphi)}, \text{ то}$$

$$b_{\text{п}} = b + \frac{2H_{\text{кр}} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{2}\right)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \text{ м,} \quad (2.5)$$

где $\delta \approx \theta_2$ – угол, характеризующий область деформации почвы в плоскости скалывания, град.

Из выражения (2.5) следует, что с увеличением углов α и φ ширина полосы деформированной почвы возрастает. Она возрастает также с увеличением значений $H_{\text{кр}}$ и $\delta \approx \theta_2 \approx 2\varphi_2$. Глубина $H_{\text{кр}}$, в свою очередь, зависит от перечисленных параметров, но в большей мере – от значения b . При глубокой обработке почвы ($H > 38$ см) и $b \geq 50$ мм величина $H_{\text{кр}} = H_{\text{кр max}} = \text{const}$, т. е. достигает максимума и остается постоянной при увеличении значения b . При $b < 50$ мм с уменьшением b глубина $H_{\text{кр}}$ резко снижается. Следовательно, чтобы увеличить значение $H_{\text{кр}}$, а вместе с ним и ширину $b_{\text{п}}$ полосы деформируемой почвы при глубокой ее обработке, ширина захвата наральника должна быть не менее 50 мм ($b \geq 50$ мм). Таким образом, рыхлить почву щелерезом целесообразно при $H \approx H_{\text{кр}}$ [38; 77].

Определим оптимальные параметры наральника с точки зрения полноты рыхления пласта для условий сухостепной зоны Южного Урала.

При работе щелереза в монолите почвы сопротивление пласта отрыву наральника при условии максимума нормальных напряжений определяется зависимостью [25]:

$$R_{xr} = \frac{2\sigma_{отр} kH(b + 0,5\pi kH + 2a)}{\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta}, \quad H, \quad (2.6)$$

где $\sigma_{отр}$ – временное сопротивление почвы растяжению, H/m^2 ;

H – глубина рыхления, m ;

b – ширина клина, m ;

a – длина пути, проходимая клином до момента отрыва элемента пласта почвы, m ;

θ – угол наклона равнодействующей сил сопротивления почвы к горизонту, $град.$;

μ – коэффициент Пуассона (0,30–0,35);

$k = \frac{H-h}{h} = 0,70 - 0,87$ – коэффициент, характеризующий

отношение глубины зоны скалывания почвы к глубине хода клина;

h – минимальная высота подъема клина, необходимая для скалывания почвы толщиной H , m .

Угол ψ скалывания пласта в продольном и боковом сечениях, в которых наблюдаются максимальные нормальные напряжения, можно ориентировочно принять равным 45° .

Сопротивление почвы смятию клином определяется уравнением [25]:

$$R_x = bhT, \quad H, \quad (2.7)$$

где T – удельное сопротивление смятию, H/m^2 .

Для ориентировочных расчетов значение T может быть принято по твердограмме, записанной по стандартной методике с помощью твердомера.

Приравняв силы сопротивления смятию и отрыву пласта почвы двугранным клином и подставив значение $a = h(1 + ctg \alpha)$ и $h = H_{кр} (1 - k_{бок})$, а также $\mu = 0,33$ и $k_{бок} = 0,8$, находим [25]:

$$H_{кр} = \frac{b \frac{0,1(1 + 3 \cdot tg \psi)T}{\sigma_{отр}} - 2,5}{4,2 + ctg \alpha}, \text{ м}, \quad (2.8)$$

где α – угол крошения наральника, град.

Из этого уравнения видно, что критическая глубина обработки прямо пропорциональна ширине наральника и отношению $T/\sigma_{отр}$, характеризующему механические свойства почвы. Для сухих твердых почв критическая глубина резания больше, чем для рыхлых.

На рисунке 2.5 приведены зависимости критической глубины рыхления от угла крошения. Наибольшие значения $H_{кр}$ при $\alpha = 20-30^\circ$. Очевидно, указанное значение угла крошения наральника будет оптимальным с точки зрения полноты рыхления пласта [25].

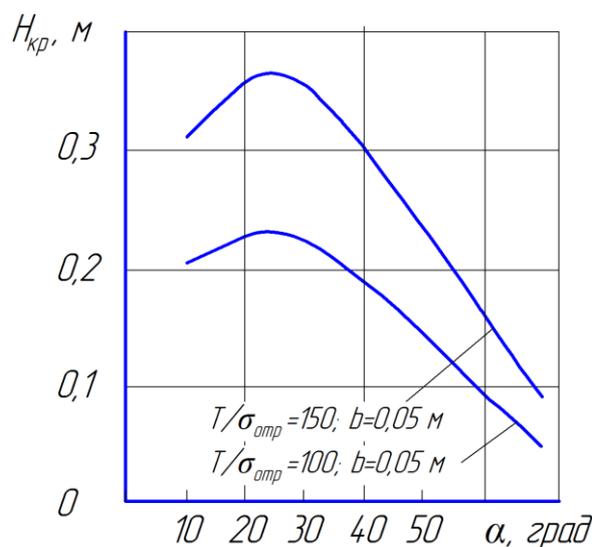


Рисунок 2.5 – Критическая глубина рыхления в зависимости от угла крошения

При заданном значении глубины обработки $H = 35$ см по формуле (2.8) определим оптимальную ширину наральника – b . Принимая отношение $T/\sigma_{отр}$ равным в среднем 150 для сухостепной зоны Южного Урала, получим оптимальную ширину наральника, соответственно равную 80 мм.

На основании результатов обзора конструкций щелевателей, выполненного в пункте 1.3.2, в качестве оптимальной толщины стойки щелереза для глубины обработки до 0,4 м примем толщину 50 мм [74; 75].

Таким образом, по результатам исследований были получены следующие основные параметры щелереза [76]:

- ширина наральника $b = 80$ мм;
- угол установки наральника ко дну борозды $\alpha = 20 - 30^\circ$;
- ширина стойки $b_{ст} = 50$ мм.

2.3 Определение оптимальных конструктивных параметров дискового соломозаделывателя

2.3.1 Обоснование типа и формы соломозаделывателя

Для внесения соломистой массы в нарезанную щель используется соломозаделыватель, от конструктивных параметров которого, зависит качество проведенного вертикального мульчирования. Для достижения высокого качества необходимо, что бы солома укладывалась в щель с выходом на дневную поверхность в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой (рисунок 2.6). Солома, размещенная таким образом, остается длительное время в неизменном положении, удерживая почву от осыпания, вследствие чего поверхностный сток проникает в нижние слои почвы. Кулиса хорошо задерживает снег, что уменьшает промерзание почвы, прилегающей к щели с мульчей.

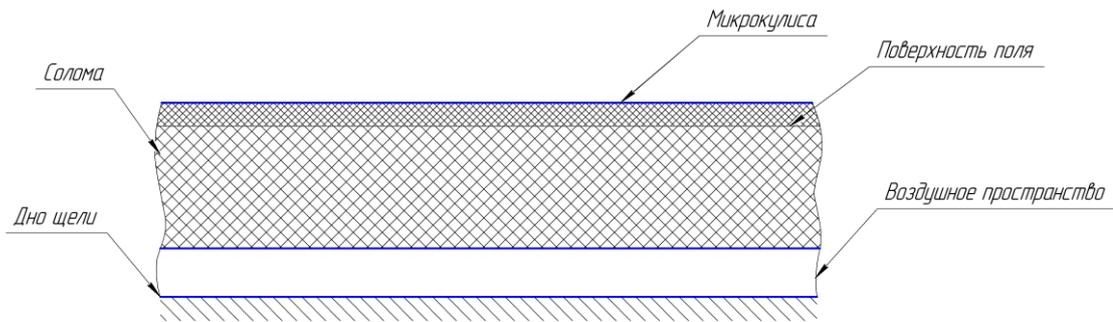


Рисунок 2.6 – Схема заделки соломы

Воздушное пространство между дном щели и сводом соломы создает эффективную теплоизоляцию, так как воздух имеет в 20 раз меньшую теплопроводность, чем минеральная часть почвы (А. М. Шульгин, 1972). Создание воздушного пространства над дном щели благоприятствует освобождению мульчи от излишков воды. Слабоувлажненная, она не смерзается в сплошной монолит, а продолжает принимать и пропускать через себя воду, что является необходимым начальным условием для перевода поверхностного стока во внутрипочвенный [52].

Рассмотрим работу соломозаделывателей пассивного типа, таких как полоса и круглый диск. При работе они частично находятся в почве на некоторой глубине h_1 (рисунок 2.7а и 2.8а). Двигаясь по направлению щели воздействуют на солому, заранее уложенную в валок высотой h_3 . Вследствие такого воздействия солоmistая масса толщиной h_4 заделывается на глубину h_1 . При этом от соломы до границы воздушного пространства образуется зона высотой h_2 . Для максимального укрепления стенок соломой h_1 и h_2 должны быть равны нулю. Для уменьшения h_1 необходимо стремиться установить соломозаделыватели выше. При $h_1=0$ самая нижняя точка соломозаделывателя будет находится на уровне верхнего края щели (рисунок 2.7б и 2.8б). При дальнейшем поднятии, заделка соломы в почвенную щель прекратится. В свою очередь, при уменьшении h_1 будет происходить увеличение h_2 на соответствующую величину. Таким образом, рассмотренные соломозаделыватели не позволяют проводить высокое качество вертикального мульчирования.

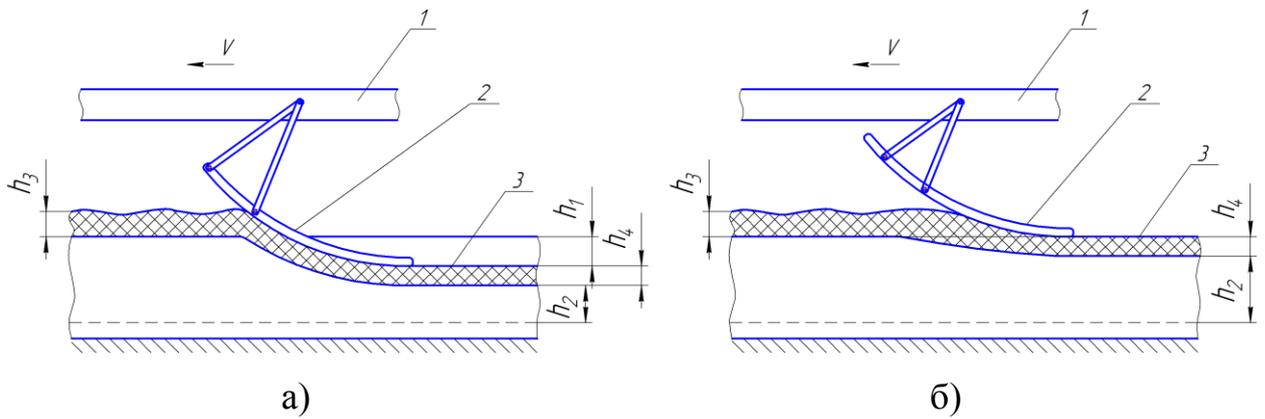


Рисунок 2.7 – Схема внесения соломы в почвенную щель полосным заделывателем: а – с заглублением; б – без заглубления; 1 – рама агрегата; 2 – соломозаделыватель; 3 – соломистая масса

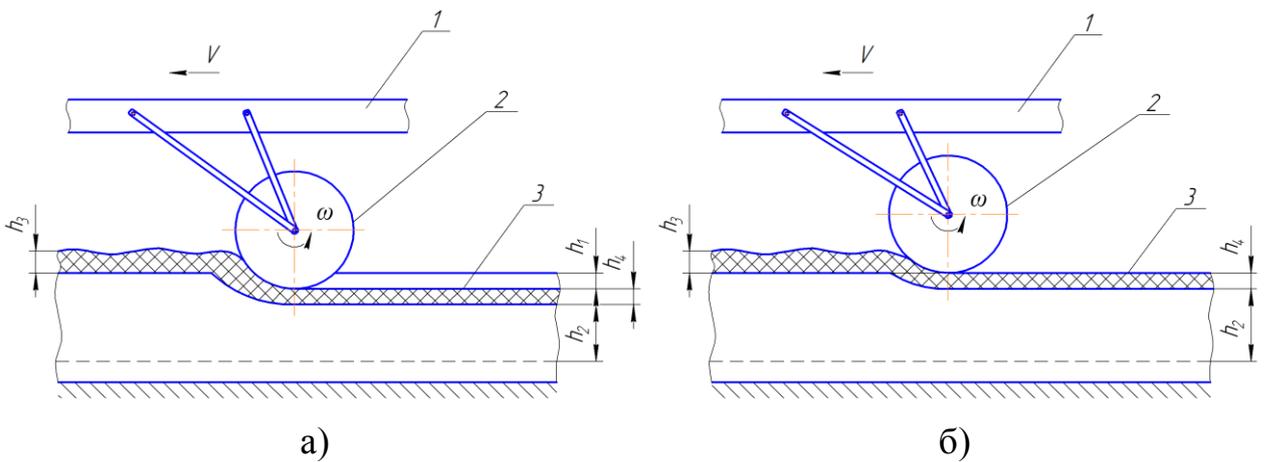


Рисунок 2.8 – Схема внесения соломы в почвенную щель дисковым заделывателем: а – с заглублением; б – без заглубления; 1 – рама агрегата; 2 – соломозаделыватель; 3 – соломистая масса

Стоит отметить, что уменьшение h_1 и h_2 можно достичь за счет увеличения h_4 . Увеличивая количество соломы, то есть, делая высоту валка h_3 больше, увеличится h_4 . В таком случае, размеры соломозаделывателей необходимо увеличивать, что приведет к увеличению металлоемкости конструкции. Также количество разбросанной соломы ограничено. При этом,

желательно оставлять значительную ее часть на поверхности поля в качестве поверхностного слоя мульчи.

Учитывая выше сказанное, целесообразно заделывать солому в виде вертикальных каналов, на некотором расстоянии друг от друга (рисунок 2.9). Такие каналы будут укреплять стенки по всей глубине щели, а также способствовать проникновению поверхностного стока в нижние слои почвы. При этом необходимо, чтобы соломенный канал выходил частично на поверхность, образуя микроулисы, а нижние края каналов были соединены соломенной прослойкой, образуя воздушное пространство над дном щели.

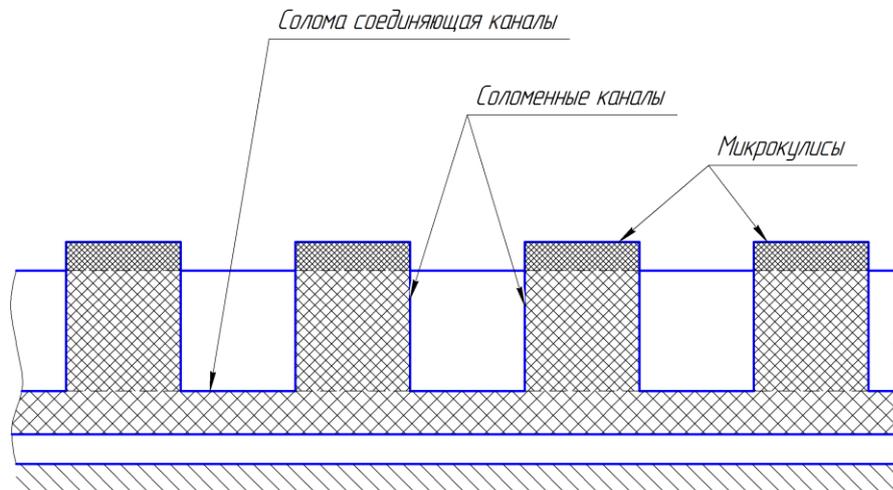


Рисунок 2.9 – Схема заделки соломы в виде вертикальных каналов

Рассмотрим в качестве соломозаделывателя вырезной диск с выступами и впадинами (рисунок 2.10). Такой диск будет укладывать солоmistую массу волнообразно. Очевидно, что при широких и невысоких выступах, солома будет укладываться не глубоко. Для заделки на большую глубину необходимо увеличивать высоту, что очевидно приведет к увеличению размеров самого диска. Также при выборе длинных и в тоже время узких выступов может возникнуть ситуация, при которой будет наблюдаться вынос солоmistой массы при выходе выступов диска из щели. Таким образом, необходимо определить, при заданной глубине заделки соломы, оптимальные размеры выступов, а, следовательно, и размеры диска.

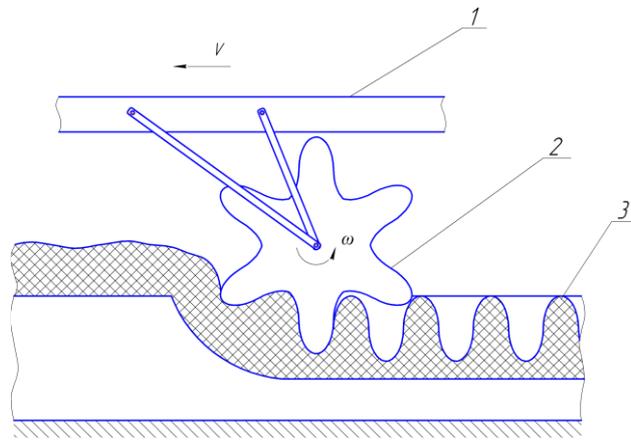


Рисунок 2.10 – Схема внесения соломы в почвенную щель вырезным дисковым заделывателем: 1 – рама агрегата; 2 – соломозаделыватель; 3 – соломистая масса

Наиболее подходящим профилем выступов является эвольвентный профиль зубьев, применяемый в силовых зубчатых передачах (рисунок 2.11). Эвольвентное зацепление проектируется таким образом, чтобы не происходило закливание механизма. Применение диска с подобным профилем выступов исключит вынос соломы из щели. Наиболее подходящей зубчатой передачей является реечная. Зубчатое колесо сходно с заделывающим диском, а профиль рейки – с заделанной соломой. Поэтому расчет размеров вырезного соломозаделывающего диска будем вести по методике вычисления размеров зубчатого колеса.

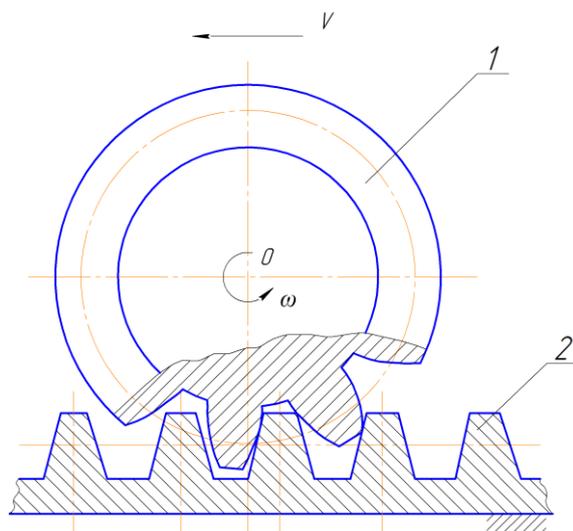


Рисунок 2.11 – Реечная передача: 1 – зубчатое колесо; 2 – рейка

2.3.2 Устройство и основные параметры зубчатых колес

Рассмотрим устройство цилиндрических зубчатых колес и дадим необходимые определения их элементам в плоскости нормального сечения (рисунок 2.12) [23].

Окружность $L-L$, ограничивающая снаружи головки зубьев, называется окружностью головок или выступов. Окружность $T-T$, ограничивающая ножки зубьев изнутри, называется окружностью ножек или впадин. Окружность $C-C$ одного круглого зубчатого колеса, перекатывающаяся без скольжения по окружности (поверхности) второго из зацепляющихся колес, называется начальной окружностью. Делительной называется окружность, принадлежащая концентрической делительной поверхности, принятой за базовую для определения элементов зубьев и их размеров. Эта поверхность делит зуб на головку и ножку. Такая окружность принадлежит отдельно взятому колесу [55].

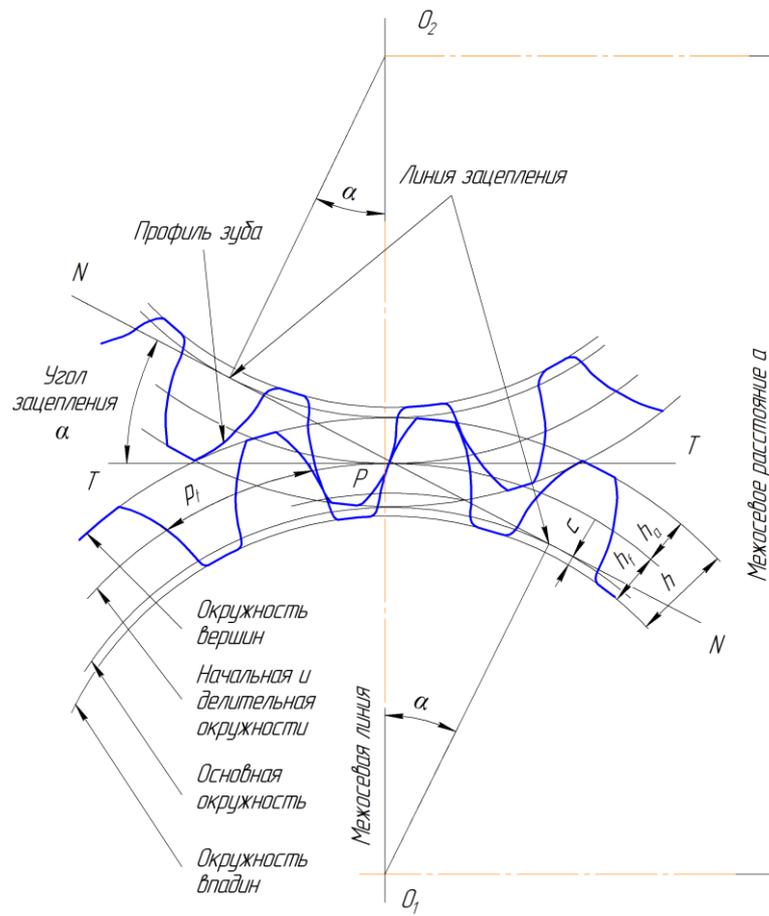
Часть зубьев, выступающая за делительную окружность, называется головкой зуба; другая его часть, находящаяся внутри делительной окружности, называется ножкой.

Угол α между линией зацепления и прямой, перпендикулярной к межосевой линии, называется углом зацепления (при стандартном зацеплении $\alpha = 20^\circ$).

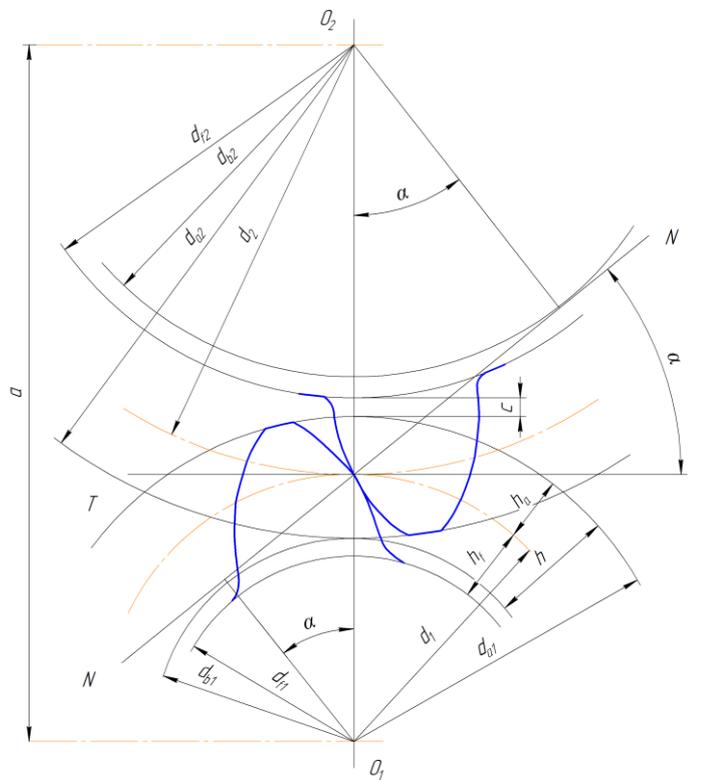
Дуга делительной окружности, вмещающая один зуб, называется окружной толщиной зуба (s_i), а дуга, вмещающая расстояние между двумя зубьями, называется окружной шириной впадины (e_i). Дуга делительной окружности, вмещающая одну толщину зуба и одну ширину впадины, называется окружным шагом зацепления (p_i).

Модуль зубчатого зацепления представляет собой количество единиц длины делительного диаметра, приходящееся на один зуб.

На рисунке 2.12 представлены основные элементы зубчатых колес.



а)



б)

Рисунок 2.12 – Основные элементы геометрии зубчатых передач

Размеры цилиндрических прямозубых колес вычисляют по делительному нормальному модулю. Такой модуль зубчатого колеса называют расчетным или просто модулем (m). Модуль – базовая величина, в долях которой выражаются все линейные размеры зубчатых колес [55].

По ОСТ 6922–60 предусматриваются следующие значения элементов зубчатой передачи в зависимости от величины модуля – таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Геометрические параметры прямозубой цилиндрической передачи

Параметры	Расчетные формулы
Модуль m , м	$m = \frac{p_t}{\pi}$; $m = \frac{d}{z}$; $m = \frac{d_f}{z+2}$ где z – число зубьев колеса
Диаметр вершин зубьев d_a , м	$d_a = m(z+2)$
Делительный диаметр d , м	$d = mz$
Основной диаметр d_b , м	$d_b = mz \cdot \cos \alpha$
Диаметр впадин зубьев d_f , м	$d_f = m(z-2,5)$
Радиальный зазор c , м	$c = c^* \cdot m$ где c^* – коэффициент радиального зазора
Высота головки зуба h_a , м	$h_a = m$
Высота ножки зуба h_f , м	$h_f = (1+c^*)m$
Высота зуба h , м	$h = h_a + h_f = (2+c^*)m$
Окружная толщина зуба s_t , м	$s_t = \frac{\pi m}{2}$
Окружная ширина впадины зубьев e_t , м	$e_t = \frac{\pi m}{2}$
Окружной шаг p_t , м	$p_t = \pi m$

При бесконечно большом диаметре делительной окружности зубчатое колесо превращается в рейку, а эвольвентный профиль зуба – в прямолинейный [26].

Профилирование зубьев эвольвентного зацепления осуществляется в соответствии с исходным контуром, т.е. контуром зубьев номинальной исходной рейки в сечении плоскостью, перпендикулярной ее делительной поверхности (рисунок 2.13).

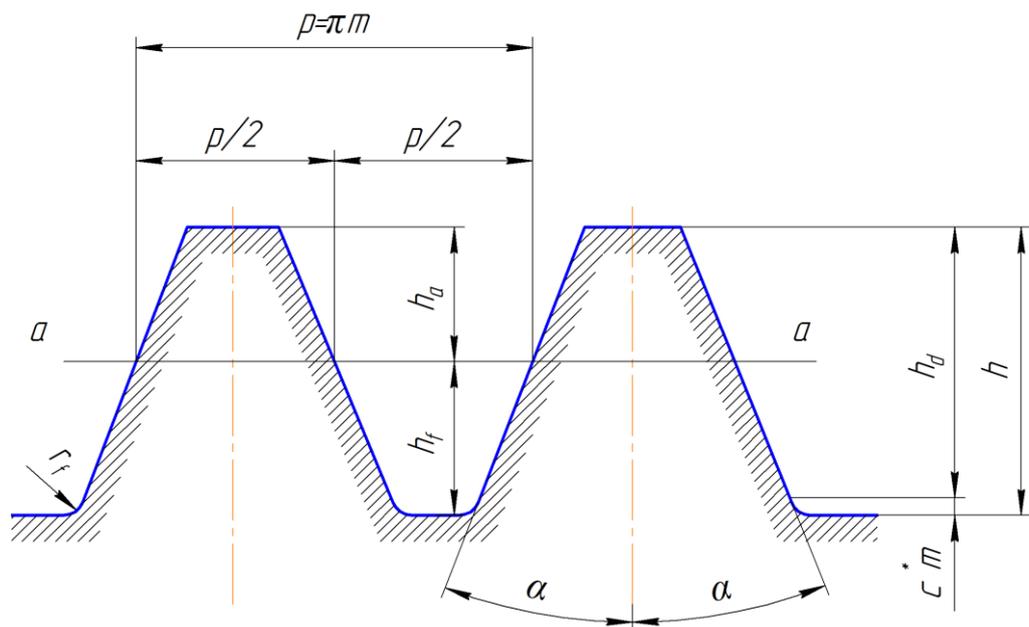


Рисунок 2.13 – Профиль исходного контура

Исходный контур стандартизован для цилиндрических зубчатых колес ГОСТ 13755–68. Профиль контура (рисунок 2.13) является прямолинейным на одинаковой длине по обе стороны от средней линии $a-a$, по которой толщина зуба и ширина впадины равны. Расстояние p между одноименными профилями смежных зубьев, измеряемое параллельно средней линии, называется шагом рейки. Половина угла между боковыми сторонами зубьев рейки называется углом профиля и обозначается α .

Отношение величины радиального зазора к модулю зацепления, обозначаемое c^* , называется коэффициентом радиального зазора [26].

По ГОСТ 13755–68 параметры исходного контура:

– угол профиля $\alpha - 20^\circ$;

– глубина захода зубьев $h_d = h_d^* m = 2m$, м,

где h_d^* – коэффициент глубины захода зубьев;

– шаг рейки $p = \pi m$, м;

– коэффициент радиального зазора для цилиндрических зубчатых колес $c^* = 0,25 - 0,4$;

– радиус закругления зуба у его основания для цилиндрических зубчатых колес $r_f = 0,2m$, м.

В соответствии с ГОСТ 13755–68 размеры зубьев нормального эвольвентного зацепления:

высота головки зубьев

$$h_a = m, \quad , м \quad (2.9)$$

высота ножек зубьев

$$h_f = (1 + c^*)m, \quad , м \quad (2.10)$$

высота зубьев

$$h = h_a + h_f = (2 + c^*)m, \quad , м. \quad (2.11)$$

Форма эвольвентного профиля зубьев диска при заданном угле профиля зависит от модуля и числа зубьев.

При заданной глубине заделки соломы равной высоте зубьев h_d исходного контура определим модуль:

$$m = \frac{h_d}{2}, \quad , м. \quad (2.12)$$

Число зубьев диска примем равным 6.

Таким образом, используя методику построения профилей зубьев эвольвентного зацепления определим параметры заделывающего диска [55].

2.4 Определение оптимальных конструктивных параметров соломонаправителя

К основным конструктивным параметрам соломонаправителя относятся: длина граблин l_r , угол их установки к направлению движения γ и расстояние между граблинами b_o (рисунок 2.14).

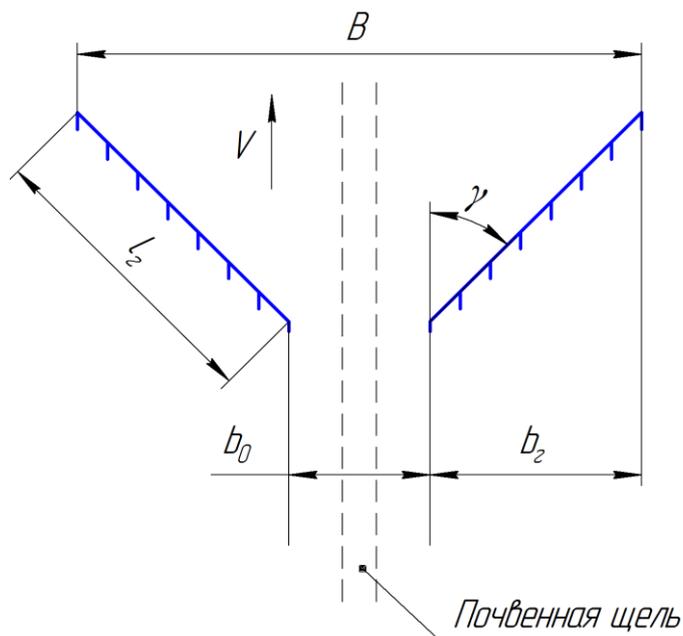


Рисунок 2.14 – Схема установки соломонаправителя

При движении орудия осуществляется сбор соломистой массы граблинами. В точке контакта граблины с соломой возникает нормальное давление N (рисунок 2.15). Угол установки грабли лежит в интервале $90^\circ > \gamma > 0$, при этом касательная составляющая $T = N \cdot \operatorname{tg} \xi$ приводит к относительному перемещению соломистой массы по рабочей стороне граблины. Вследствие возникает сила трения $F_{\text{тр}} = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, препятствующая этому перемещению.

Необходимо учитывать, что при условиях $\xi \leq \varphi$ и $T \leq F$ относительного перемещения соломистой массы не возможно, то есть произойдет забивание соломонаправителя.

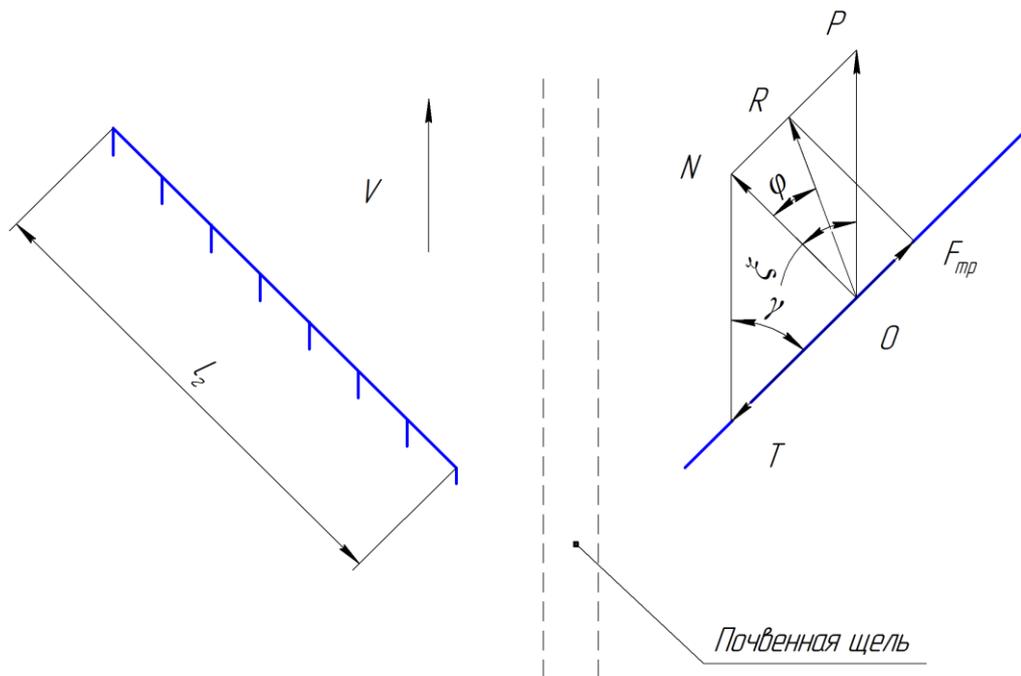


Рисунок 2.15 – Схема сил, действующих на частицу солоистой массы при контакте с рабочей поверхностью граблины соломонаправителя

Поэтому, выполнение условий $\xi > \varphi$ и $T > F$ гарантированно приведет к относительному перемещению соломы по поверхности граблины, а, следовательно, и к образованию вихря соломы над образующейся щелью.

Учитывая, что угол трения соломы о сталь φ достигает $21,5^\circ$ [39], а также, что $\xi + \gamma = 90^\circ$, то максимальное значение угла установки граблин γ составит $68,5^\circ$.

Технологическая длина граблины l_r , при определенном угле γ , зависит от необходимой ширины захвата соломонаправителя B . Ширина захвата B должна обеспечивать сбор количества соломы достаточного для образования соломенных каналов, образования кулис и воздушного пространства над дном щели.

Определим количество соломы, приходящееся на один окружной шаг диска (рисунок 2.16):

$$V_o = V_1 + V_2 + V_3, \text{ м}^3, \quad (2.13)$$

где V_1 – объем соломы необходимый для образования одного

соломенного канала, m^3 ;

V_2 – объем соломы необходимый для образования кулисы над одним соломенным каналом, m^3 ;

V_3 – объем соломы необходимый для образования воздушного пространства над дном щели, m^3 .

Объем соломы необходимый для образования одного соломенного канала:

$$V_1 = \frac{P_t}{2} \cdot h_d \cdot b_{щ}, m^3, \quad (2.14)$$

где $b_{щ}$ – ширина щели, m .

Объем соломы необходимый для образования кулисы над одним соломенным каналом:

$$V_2 = c^* \cdot m \cdot l_k \cdot b_{щ}, m^3, \quad (2.15)$$

где l_k – высота кулисы над одним соломенным каналом, m .

Высота кулисы над одним соломенным каналом:

$$l_k = \frac{P_t}{2} - 2h_a \cdot \sin \alpha, m, \quad (2.16)$$

где α – угол зацепления, *град*.

Объем соломы необходимый для образования воздушного пространства над дном щели:

$$V_3 = p_t \cdot c^* \cdot m \cdot b_{щ}, m^3, \quad (2.17)$$

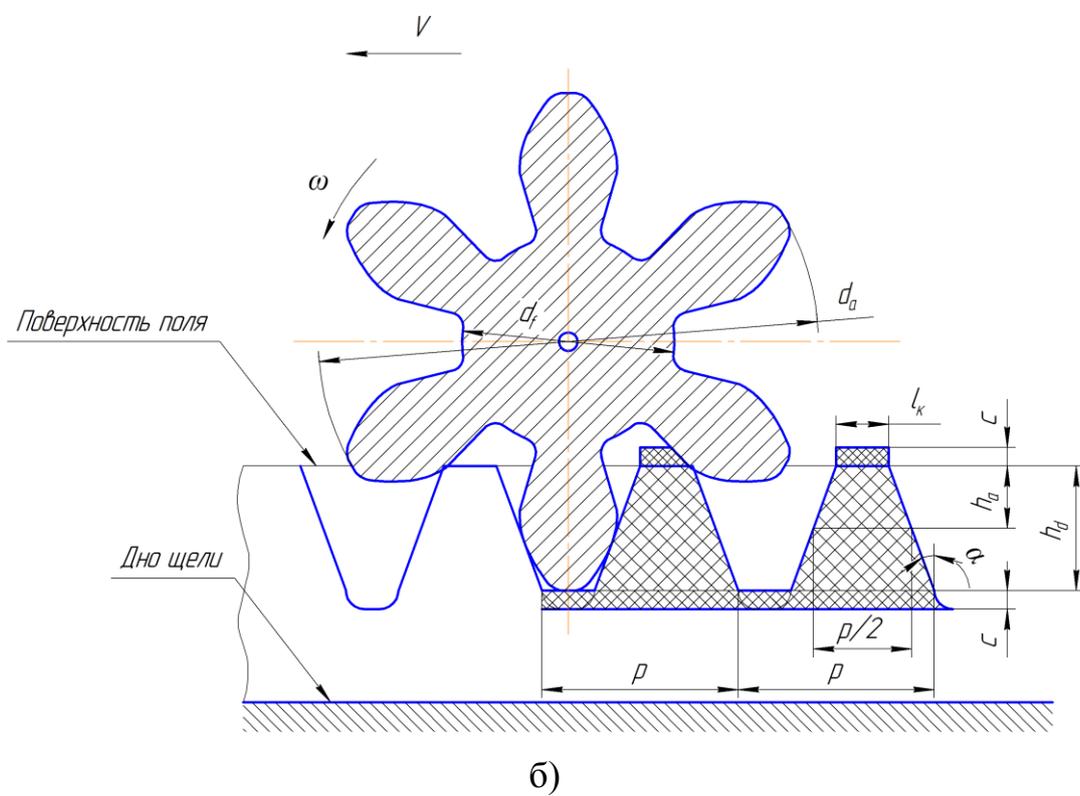
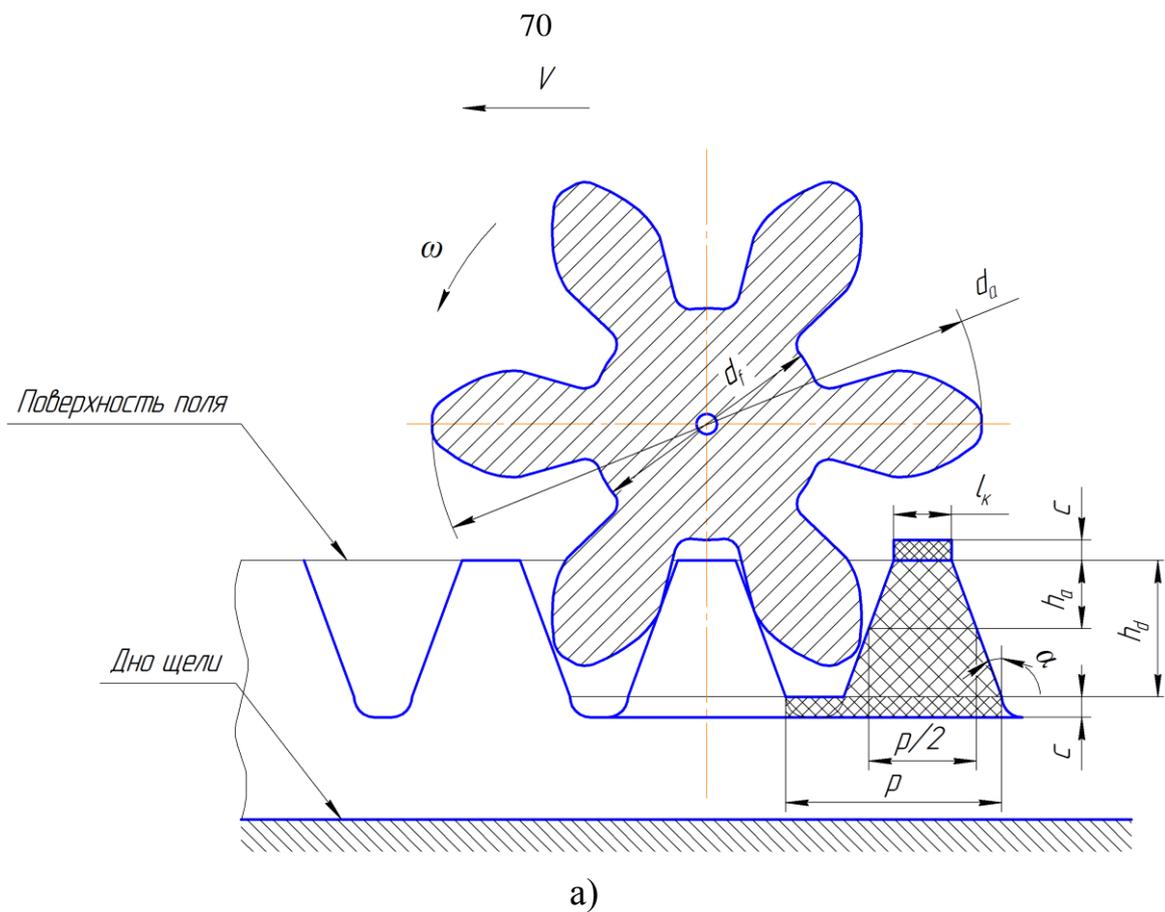


Рисунок 2.16 – Схема движения соломозаделывающего диска: а – в момент образования соломенного канала и кулисы; б – в момент образования слоя соломы для получения воздушного пространства над дном щели

Объем соломы, собираемый соломонаправителем с шириной захвата B за время прохождения пути, равным окружному шагу диска p :

$$V_p = \frac{B \cdot p \cdot N_c}{\rho_c}, \text{ м}^3, \quad (2.18)$$

где B – ширина захвата соломонаправителя, м;

N_c – норма разбрасывания соломы по поверхности поля, кг/м²;

ρ_c – плотность соломы, кг/м³ ($\rho_c = 30$ кг/м³).

Подставив объем соломы заделываемый за время перемещения диска на один окружной шаг V_0 в формулу (2.18), определим необходимую ширину захвата соломонаправителя.

Ширина захвата соломонаправителя:

$$B = \frac{V_0 \cdot \rho_c}{p \cdot N_c}, \text{ м}, \quad (2.19)$$

$$B = \frac{\rho_c \cdot b_{\text{ш}} \cdot c^* \cdot m \cdot \left(\frac{1}{c^*} - \frac{2 \cdot \sin \gamma}{\pi} + 1,5 \right)}{N_c}, \text{ м}. \quad (2.20)$$

Ширина захвата одной граблины:

$$b_r = \frac{B - b_0}{2}, \text{ м}, \quad (2.21)$$

$$b_r = 2 \cdot \left(\frac{\rho_c \cdot b_{\text{ш}} \cdot c^* \cdot m \cdot \left(\frac{1}{c^*} - \frac{2 \cdot \sin \gamma}{\pi} + 1,5 \right)}{N_c} - b_0 \right), \text{ м}. \quad (2.22)$$

Длина граблины:

$$l_r = \frac{b_r}{\sin \gamma}, \text{ м}, \quad (2.23)$$

$$l_r = \frac{2}{\sin \gamma} \cdot \left(\frac{\rho_c \cdot b_{ш} \cdot c^* \cdot m \cdot \left(\frac{1}{c^*} - \frac{2 \cdot \sin \gamma}{\pi} + 1,5 \right)}{N_c} - b_0 \right), \text{ м.} \quad (2.24)$$

Расстояние между граблинами b_0 выбирается из условия не забиваемости соломонаправителя.

2.5 Теоретическое обоснование количества щелерезов и схемы расстановки их на раме щелевателя

В зависимости от взаимной расстановки щелерезов на раме они могут работать в условиях блокированного (рисунок 2.17, а), полусвободного (рисунок 2.17, б) или свободного (рисунок 2.17, в, средняя лапа) резания. При этом тяговое сопротивление рабочего органа, а также степень крошения почвы прямо пропорциональны площади ее скалывания в поперечно-вертикальной плоскости. Согласно рисунку 2.17 площадь скалывания в поперечно-вертикальной плоскости [38]:

при блокированном резании

$$S_{\text{бл}} = bH + H_{\text{кр}}^2 \cdot \text{ctg} \psi, \text{ м}^2; \quad (2.25)$$

при полусвободном резании

$$S_{\text{пс}} = S_{\text{бл}} - S_{\Delta abc}, \text{ м}^2; \quad (2.26)$$

при свободном резании

$$S_c = S_{\text{бл}} - 2S_{\Delta abc}, \text{ м}^2; \quad (2.27)$$

где $S_{\Delta abc} = (H_{\text{кр}} - H_r)^2 \cdot \text{ctg} \psi, \text{ м}^2$.

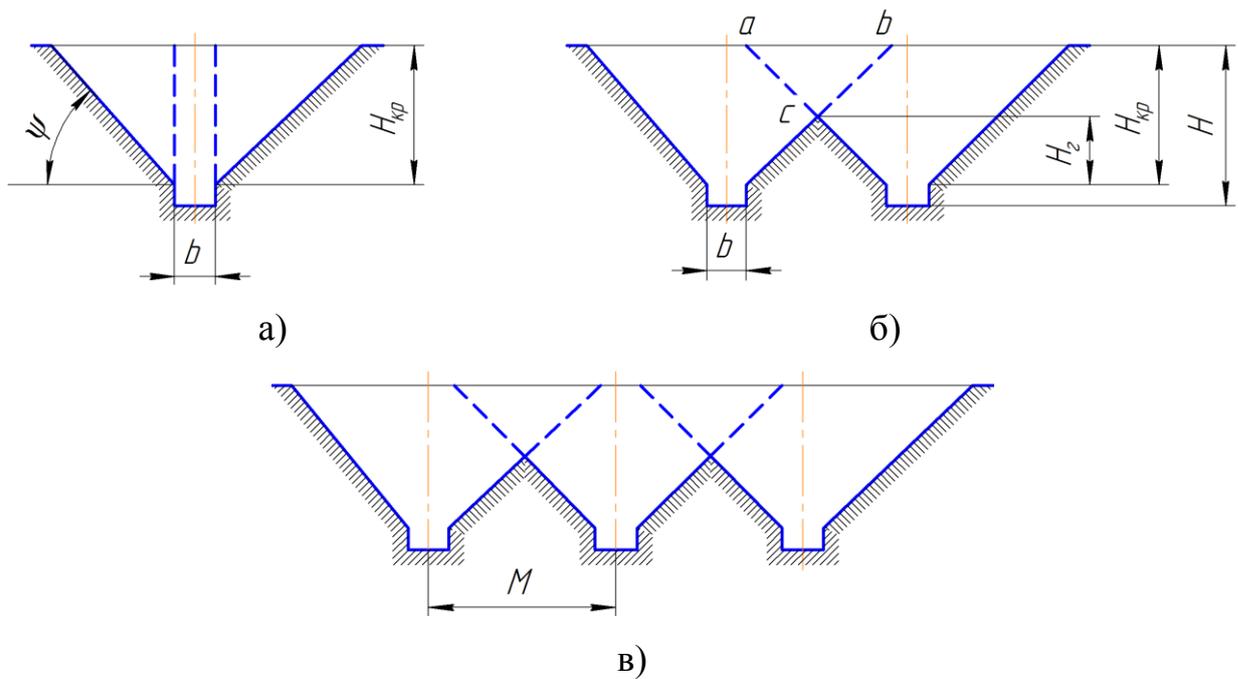


Рисунок 2.17 – Основные виды рыхления (резания) почвы: а – заблокированное; б – полусвободное; в – свободное

Высота гребней:

$$H_r = 0,5(M - b) \cdot \operatorname{tg} \psi, \text{ м}, \quad (2.28)$$

где M – ширина междурядия рабочих органов, м.

Почвообрабатывающие орудия с рыхлительными (чизельными) рабочими органами делятся на чизельные плуги и щелеватели, отличающиеся величиной M (рисунок 2.18). При расстановке рабочих органов на раме чизельного плуга или культиватора согласно агротехническим требованиям должно соблюдаться условие:

$$H_r < H_{кр}. \quad (2.29)$$

В этом случае зоны распространения деформации почвы с боковых сторон в процессе рыхления пересекаются в обрабатываемом слое, в результате чего в верхнем слое до некоторой глубины H_c (рисунок 2.18, а) происходит сплошное рыхление почвы по всей ширине захвата, ниже, в слое толщиной H_r , – рыхление с образованием гребешков, еще ниже, в слое толщиной H_0 , – образование щелей (без отделения стружки).

При расстановке рабочих органов на раме щелевателя (рисунок 2.18, б) должно соблюдаться условие:

$$H_r = H_{кр}, \quad (2.30)$$

т. е. высота гребней H_r из-за увеличения ширины междууделья достигает поверхности поля.

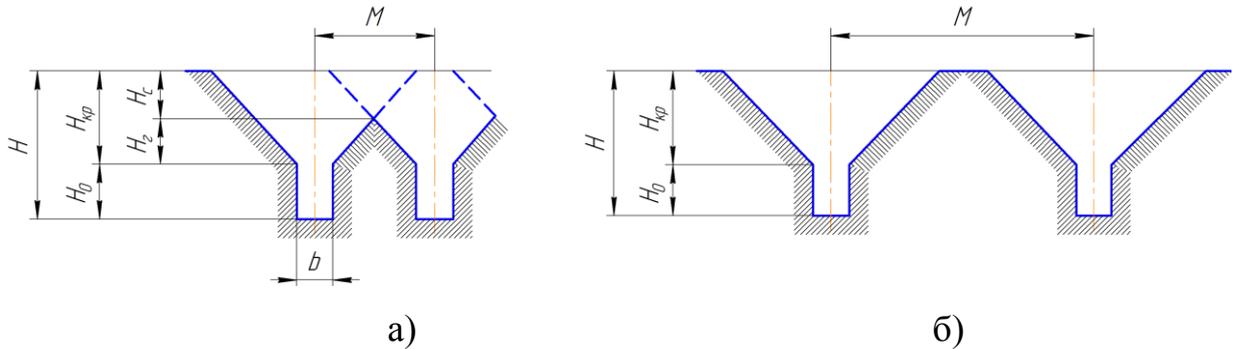


Рисунок 2.18 – Схемы поперечных сечений почвы при ее обработке чизельными лапами, установленными: а – на чизельном плуге; б – на щелевателе

Рабочие органы щелевателя работают в условиях блокированного резания, чизельных орудий – в условиях полусвободного и свободного резания. Энергоемкости технологического процесса чизельной лапы при свободном, полусвободном и блокированном резании относятся как 50, 70 и 100%.

Рабочие органы нужно расставлять так, чтобы исключались заклинивание почвы между соседними рабочими органами и забивание их растительными остатками, что обеспечит высокую надежность и качество их работы; число рабочих органов, работающих в сплошной среде (в условиях блокированного резания), должно быть как можно меньшим, чтобы сделать возможным минимальные затраты энергии на технологический процесс [38].

Определим минимальное значение M_{min} , при соблюдении условия 2.30:

$$M_{min} = \frac{2H_{кр}}{\operatorname{tg}\psi} + b, \text{ м.} \quad (2.31)$$

При $H_{кр} = 35$ см и ширине наральника 8 см минимальная ширина междуследия M_{\min} составит 78 см, то есть в установке щелерезов чаще чем через каждые 78 см нет необходимости [70].

Определим M_{\max} из условия максимального накопления и равномерного распределения влаги по всей площади обрабатываемого поля. Согласно [36; 54], доказано, что промачивание почвы в каждую сторону от щели достигает 1,4 м. Поэтому одним из условий для максимального накопления и равномерного распределения влаги по всей площади поля, на котором проводится щелевание, расстояние между нарезаемыми щелями не должно превышать 3 м. Также по результатам других опытов [63], зона положительного действия щелевания достигала 2,8 м. Более того, учитывая результаты обзора существующих конструкций щелевателей, приведенного в главе 1, сделаем вывод, что ширина междуследия $M = 1,4$ м будет оптимальной. Таким образом, целесообразно установить на раме три щелереза равноудаленных от центральной точки навески в один ряд (заявка на изобретение №2016118939/(029751) от 16.05.2016) (рисунок 2.19).

Выводы по главе

1. При проведении щелевания необходимо максимально рыхлить почву, увеличивая ее некапиллярную скважность посредством изменения объемного веса. Чтобы увеличить ширину $b_{п}^*$ полосы деформируемой почвы при глубокой ее обработке, ширина захвата наральника щелереза должна быть не менее 50 мм ($b \geq 50$ мм). При этом рыхлить почву целесообразно при $H \approx H_{кр}$. Полученные зависимости критической глубины рыхления от угла крошения и ширины наральника показали, что наибольшие значения $H_{кр}$ при $\alpha = 20-30^\circ$. Оптимальные параметры наральника с точки зрения полноты рыхления пласта для условий сухостепной зоны Южного Урала составили: ширина наральника $b = 80$ мм; угол установки наральника ко дну борозды $\alpha = 20-30^\circ$; ширина стойки $b_{ст} = 50$ мм.

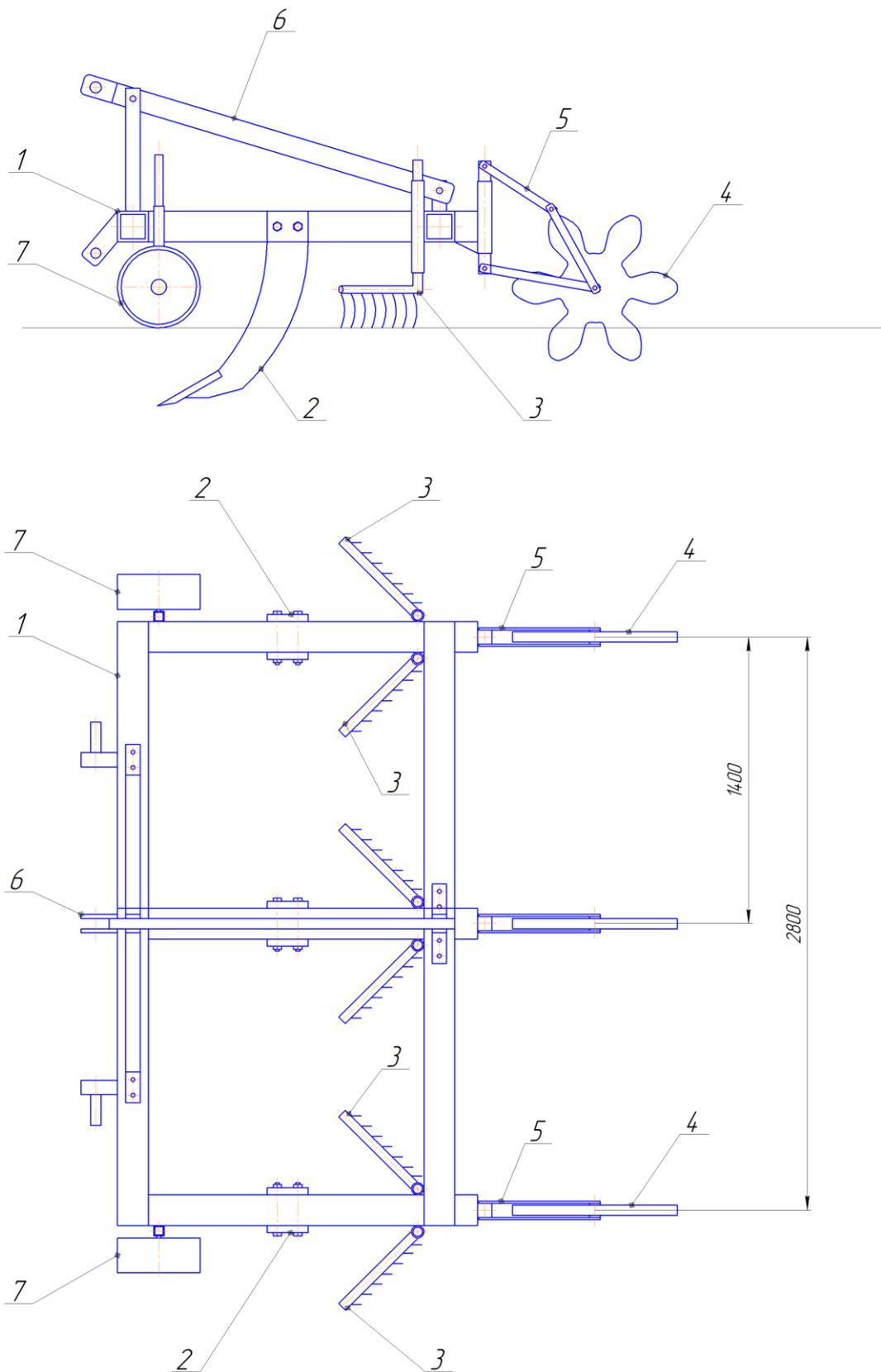


Рисунок 2.19 – Общая схема щелевателя: 1 – рама; 2 – щелерез; 3 – граблина соломонаправителя; 4 – заделывающий диск; 5 – параллелограммный механизм; 6 – навеска; 7 – опорное колесо

2. Для достижения высокого качества вертикального мульчирования необходимо, чтобы солома укладывалась в щель с выходом на дневную поверхность в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой. Пассивные соломозаделыватели, такие как полоса и круглый диск не позволяют заделывать солому подобным образом. Наиболее подходящим соломозаделывателем является вырезной диск с эвольвентным профилем выступов. Такой диск укладывает солому в виде вертикальных каналов, образуя микрокулисы и воздушное пространство над дном щели.

3. Выполнение условий $\xi > \varphi$ и $T > F$ гарантированно приведет к относительному перемещению соломы по поверхности граблины, а, следовательно, и к образованию вороха соломы над образующейся щелью. При этом максимальное значение угла установки граблин γ составит $68,5^\circ$.

Технологическая длина граблин l_t должна обеспечивать ширину захвата B , при которой количество собранной соломы достаточно для образования соломенных каналов, образования кулис и воздушного пространства над дном щели.

4. Щелерезы нужно расставлять так, чтобы исключались заклинивание почвы между соседними рабочими органами и забивание их растительными остатками, что обеспечит высокую надежность и качество их работы. При $H_{кр} = 35$ см и ширине наральника 8 см минимальная ширина междуследия M_{\min} составила 78 см. Для максимального накопления и равномерного распределения влаги по всей площади поля, расстояние между нарезаемыми щелями не должно превышать 1,4 м. Поэтому ширина междуследия $M = 1,4$ м является оптимальной. При $M = 1,4$ м целесообразно установить на раме два щелереза равноудаленных от центральной точки навески в один ряд.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

В соответствии с целями и задачами исследований, а также для проверки теоретических предпосылок, полученных во второй главе, разработана программа экспериментальных исследований, которая включает:

- а) лабораторные исследования с целью проверки теоретических предпосылок и обоснования основных конструктивных параметров соломозаделывающего диска и соломонаправителя;
- б) полевые исследования экспериментального щелевателя на базе чизельного плуга ПЧ-2,5.

3.1.1 Программа проведения лабораторных исследований

В программу лабораторных исследований входило:

- а) определение зависимости параметров заделки соломы от конструктивных размеров соломозаделывающего диска;
- б) определения оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя.

3.1.2 Программа полевых исследований

Программа полевых исследований в себя включала:

- а) проведение испытаний предлагаемого щелевателя в полевых условиях;
- б) определение качества выполнения операций;
- в) исследование влияния экспериментального агрегата на урожайность зерновых культур;

- г) определение баланса мощности щелвателя и энергоемкости процесса его работы;
- д) определение качественно-экономических показателей работы экспериментального щелвателя.

3.2 Методика лабораторных исследований. Используемые устройства и приборы для исследований

3.2.1 Устройство и работа установки для определения зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска

Лабораторные исследования выполнялись в лабораториях ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ на кафедре «Механизация технологических процессов в АПК». Объектом исследования являлся процесс внесения соломистой массы в почвенную щель соломозаделывающим диском. Целью исследований являлось определение зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающих дисков.

Лабораторная установка представляет собой ровную горизонтальную поверхность, по которой перемещается тележка (рисунок 3.1). На тележку устанавливается соломозаделывающий диск, который частично находится в щели. Щель состоит из двух стенок, одна из которых прозрачная (стекло), и дна. Для стабильного движения тележки вдоль щели, на опорной поверхности предусмотрены направляющие рельсы. В движение тележка с диском осуществляется приводом (рисунок 3.2).

Привод представляет собой раму 1, на которой при помощи двух болтов крепится электродвигатель 2. На выходном валу электродвигателя 2 установлен барабан 3 с намотанным на него тросом 4. Электродвигатель 2 соединен при помощи кабеля 5 с источником электрического тока 6. Для включения и выключения привода используется электрический щиток 7. Привод закрепляется к неподвижной платформе 8 при помощи двух болтов 9.

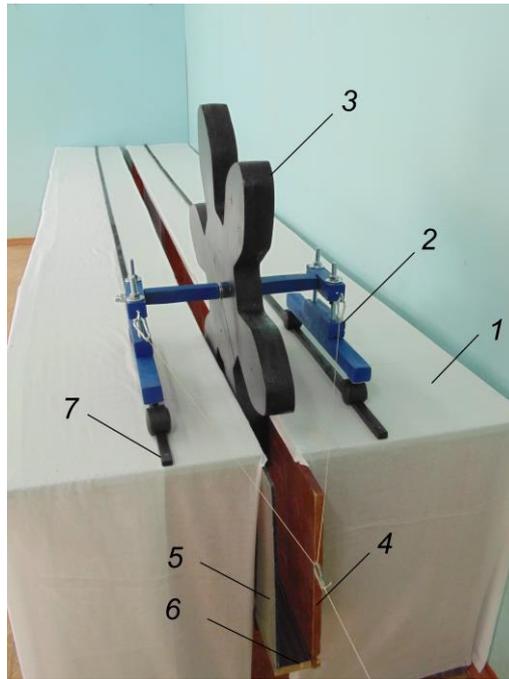


Рисунок 3.1 – Общий вид лабораторной установки: 1 – опорная поверхность; 2 – тележка; 3 – соломозаделывающий диск; 4 – непрозрачная стенка щели; 5 – прозрачная стенка щели; 6 – дно щели; 7 – направляющие рельсы

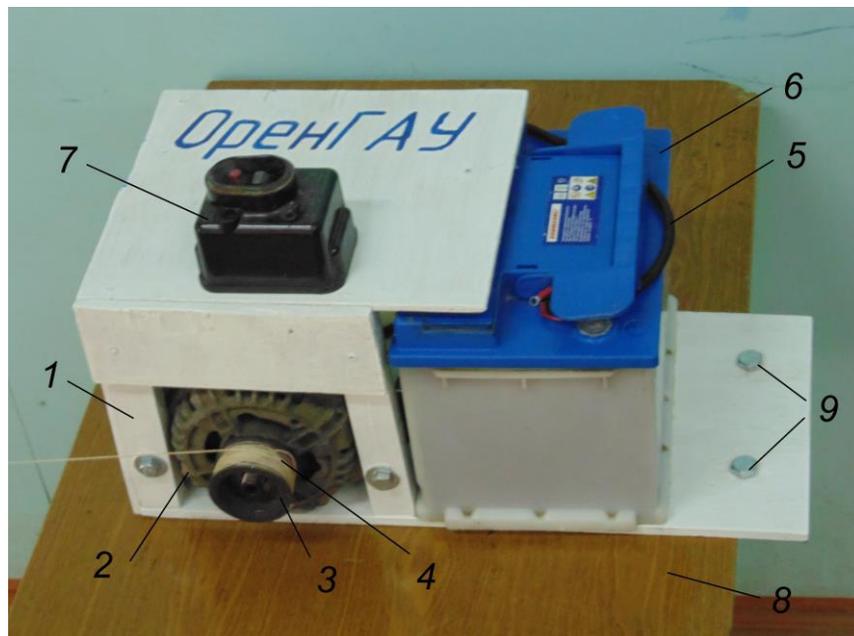


Рисунок 3.2 – Общий вид привода лабораторной установки: 1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – барабан; 4 – трос; 5 – кабель; 6 – источник электрического тока; 7 – электрический щиток; 8 – неподвижная платформа; 9 – болт

Работает установка следующим образом. Соломозаделывающий диск устанавливается на тележку. Затем тележка помещается на опорную поверхность, таким образом, чтобы диск частично оказался в щели, а ролики тележки – на направляющих рельсах. Далее соломенный валок укладывается на щель (рисунок 3.3). Затем при помощи электрического щитка 7 (рисунок 3.2) электродвигатель 2 приводится в движение. Трос 4, наматываясь на барабан 3, заставляет тележку двигаться к приводу. При этом диск вращаясь, заделывает солому в щель. После прохождения диском необходимого расстояния электродвигатель 2 при помощи щитка 7 выключается.



Рисунок 3.3 – Установка соломозаделывающего диска в исходное положение

3.2.2 Методика определения зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска. Используемые приборы и оборудование

В данной серии опытов изучалась зависимость параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска, такие как:

- высота микрокулисы;
- высота соломенного канала;
- толщина слоя соломы, образующего воздушное пространство над дном щели.

Для данных исследований были изготовлены три модели соломозаделывающего диска (рисунок 3.4), имеющие основные конструктивные размеры, представленные в таблице 3.1.



Рисунок 3.4 – Соломозаделывающий диск

Таблица 3.1 – Основные конструктивные размеры соломозаделывающих дисков

Параметры	Соломозаделывающий диск		
	I	II	III
Модуль $t, м$	0,08	0,10	0,12
Диаметр вершин зубьев $d_a, м$	0,64	0,80	0,96
Делительный диаметр $d, м$	0,48	0,60	0,72
Основной диаметр $d_b, м$	0,451	0,564	0,677
Диаметр впадин зубьев $d_f, м$	0,28	0,35	0,42
Радиальный зазор $c, м$	0,32	0,40	0,48
Высота головки зуба $h_a, м$	0,08	0,10	0,12
Высота ножки зуба $h_f, м$	0,112	0,14	0,168
Высота зуба $h, м$	0,192	0,24	0,288
Окружная толщина зуба $s_t, м$	0,126	0,157	0,188
Окружная ширина впадины зубьев $e_t, м$	0,126	0,157	0,188
Окружной шаг $p_t, м$	0,251	0,314	0,377

При проведении исследований использовались следующие приборы и оборудование (рисунок 3.5): весы ЧЭАЗ ВНБ-5 (интервал взвешивания – от 500 до 5000 г, цена деления шкалы – 20 г), рулетка и мешок.

Опыты проводились следующим образом. По формуле 2.13 находили объем соломы, приходящийся на один окружной шаг диска. Далее по формуле 3.1 определяли массу соломы необходимую для образования шести соломенных каналов с микрокулисами, т.е. массу соломы, которая будет заделана за один оборот диска.

$$m_c = 6V_o \cdot \rho_c, \text{ кг}, \quad (3.1)$$

где ρ_c – плотность соломы, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho_c = 30 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Затем солому укладывали в валок над щелью. Длина валка равна расстоянию проходящему тележкой за время совершения диском одного оборота. Ширина валка – 25 см. При этом диск устанавливали на такую высоту, чтобы расстояние от впадины диска до опорной поверхности было равно радиальному зазору s . Данная высота регулировалась с помощью винтового механизма на тележке (рисунок 3.3).

Далее лабораторная установка приводилась в движение. После прохождения необходимого расстояния тележка с диском останавливались. Параметры заделанной соломы измерялись рулеткой через прозрачную стенку щели (рисунок 3.6) и заносились в рабочий журнал.

Повторность опытов – трехкратная.



Рисунок 3.5 – Приборы и оборудование, использованные для определения зависимости параметров заделки соломы от размеров соломозаделывающего диска: 1 – весы; 2 – рулетка; 3 – мешок



Рисунок 3.6 – Солома, заделанная в щель после прохождения диска

3.2.3 Устройство и работа установки для определения оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя

Лабораторная установка представляет собой неподвижно закрепленный привод и соединенную с ним посредством гибкой тяги (трос) подвижную часть.

Подвижная часть (рисунок 3.7) состоит из четырех опорных пневматических колес 1, рамы 2 и соломонаправителя. Соломонаправитель представляет собой две граблины 3, которые крепятся к раме посредством вертикальных втулок 4. Во втулках и граблинах имеются регулировочные отверстия для изменения угла установки граблин. Фиксации угла осуществляется стопорными болтами 5. Конец троса, соединяющий подвижную часть с неподвижно закрепленным приводом, крепится за специальное буксировочное ушко 6.

Привод (рисунок 3.8) представляет собой раму 1, на которой при помощи двух болтов крепится электродвигатель 2. На выходном валу

электродвигателя 2 установлен барабан 3 с намотанным на него тросом 4. Электродвигатель 2 соединен при помощи кабеля 5 с источником электрического тока 6. Для включения и выключения привода используется электрический щиток 7. Привод закрепляется к неподвижной платформе 8 при помощи двух болтов 9.

Работает установка следующим образом. Граблины 3 (рисунок 3.7) устанавливаются под нужным углом к направлению движения агрегата и на такой высоте, чтобы их нижняя кромка при движении слегка касалась поверхности земли. После этого устанавливаются стопорные болты 5, фиксируя выполненные настройки. Затем при помощи электрического щитка 7 (рисунок 3.8) электродвигатель 2 приводится в движение. Трос 4, наматываясь на барабан 3, заставляет подвижную часть двигаться к приводу. После прохождения подвижной частью необходимого расстояния электродвигатель 2 при помощи щитка 7 выключается.



Рисунок 3.7 – Общий вид подвижной части лабораторной установки: 1 – опорное пневматическое колесо; 2 – рама; 3 – граблина; 4 – втулка; 5 – болт; 6 – буксировочное ушко



Рисунок 3.8 – Общий вид привода лабораторной установки: 1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – барабан; 4 – трос; 5 – кабель; 6 – источник электрического тока; 7 – электрический щиток; 8 – неподвижная платформа; 9 – болт

3.2.4 Методика определения оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя. Используемые приборы и оборудование

Лабораторно-полевые исследования проводились на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ. Объектом исследования являлся процесс взаимодействия пассивного соломонаправителя с солоистой массой в процессе его работы. Целью исследований являлось определение оптимального угла установки соломонаправителя (угла отклонения граблин от направления движения базового агрегата).

Для исследований была изготовлена модель соломонаправителя (рисунок 3.7), имеющая следующие основные конструктивные размеры: высота граблин – 20 см; длина граблин – 55 см; расстояние между граблинами – 25 см.

При проведении исследований использовались следующие приборы и

оборудование (рисунок 3.9): весы ЧЭАЗ ВНБ-5 (интервал взвешивания – от 500 до 5000 г, цена деления шкалы – 20 г), рулетка и мешок.

Опыты проводились следующим образом. При помощи деревянных кольев и шпагата размечалась дорожка шириной, равной максимальной ширине захвата соломонаправителя (т.е. 1,35 м) и длиной 10 м. Далее на размеченной дорожке равномерно распределялась солоmistая масса (норма разбрасывания соответствовала 0,2 т/га). Длина нарезанной соломы составляла в среднем 20 см, имитируя длину соломы, вышедшей из измельчителя комбайна. Солома перед нанесением на дорожку помещалась в мешок 3 (рисунок 3.9) и взвешивалась на весах 1.

На подвижной части устанавливался нужный угол граблин от направления движения базового агрегата, после чего лабораторная установка приводилась в движение. После прохождения расстояния 10 метров подвижная часть останавливалась. Далее та часть соломы, которая была перемещена под воздействием соломонаправителя в нужную сторону (т.е. в сторону предполагаемой щели, см. поз. 1 на рисунке 3.10), собиралась в мешок 3 и взвешивалась. Масса перемещенной соломы находилась по формуле:

$$M_{\text{пер.}i} = M_i - M_m, \text{ кг}, \quad (3.2)$$

где M_i – масса, полученная после очередного взвешивания, кг;

M_m – масса пустого мешка, кг.

Затем подсчитывался процент перемещенной соломы:

$$P_c = \frac{M_{\text{пер.}i}}{M_{\text{общ}}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $M_{\text{общ}}$ – общая масса соломы, нанесенной на дорожку, кг.

Повторность опытов – трехкратная.



Рисунок 3.9 – Приборы и оборудование, использованные для определения оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя: 1 – весы; 2 – рулетка; 3 – мешок



Рисунок 3.10 – Схема распределения соломистой массы после прохождения соломонаправителя: 1 – перемещенная; 2 – оставшаяся на месте

3.3 Полевые исследования. Описание методики опытов и используемых приборов и устройств

3.3.1 Методика проведения полевых исследований

Экспериментальные исследования проводились согласно следующим нормативным документам: ГОСТ Р 52778-2007 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки» и ОСТ 10 4.1-2001 «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки функциональных показателей» [24; 62; 90].

Полевые экспериментальные исследования проводились с использованием экспериментальной установки (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Общий вид экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из чизельного плуга ПЧ-2,5 (только с тремя задними щелерезами) (2) с установленным на нем экспериментальными рабочими органом для внесения соломы в щель (3). Щелеватель агрегатировался с трактором Т-150К (1).

3.3.2 Планирование многофакторного эксперимента

Одной из задач экспериментального исследования щелевателя является определение оптимальных параметров, при которых качество заделки соломы в почвенную щель будет наилучшим при низком значении тягового сопротивления агрегата.

Так как факторов, определяющих оптимальные параметры процесса, достаточно много, то было принято решение о проведении многофакторного эксперимента. Многофакторный эксперимент планировался на основании известных методик [12; 13; 19; 27; 90].

За первый параметр оптимизации многофакторного эксперимента было принято тяговое сопротивление агрегата R_x , кН (Y_1).

За второй параметр оптимизации, показывающий качество обработки почвы, была принята накопленная влажность почвы k , % (Y_2).

Основываясь на теоретических положениях, выведенных во второй главе данной работы, а также на исследованиях ряда ученых, в качестве варьируемых факторов, оказывающих наибольшее влияние на параметры оптимизации, были приняты следующие параметры работы:

- 1) ширина наральника b (X_1);
- 2) глубина нарезаемой щели a (X_2);
- 3) глубина заделки соломы h_c (X_3).

В таблице 3.2 представлены уровни изменения факторов в эксперименте.

Таблица 3.2 – Факторы многофакторного эксперимента и уровни их варьирования

Наименование факторов	Условное обозначение	Единица измерения	Уровни варьирования			Интервал
			верхний (+1)	основной (0)	нижний (-1)	
Ширина наральника b	X_1	m	0,11	0,08	0,05	0,03
Глубина щели a	X_2	m	0,35	0,32	0,29	0,03
Глубина заделки соломы h_c	X_3	m	0,24	0,20	0,16	0,04

Спектр плана любого полного факторного эксперимента (ПФЭ) содержит все возможные комбинации k факторов на всех уровнях их изменения. В нашем случае каждый из факторов меняется на двух уровнях, что достаточно для построения линейных регрессионных моделей [47], следовательно, общее число таких комбинаций (число элементов спектра плана) равно $N = 2^k$. Подобный план обозначается как ПФЭ 2^k .

В нашем опыте $k = 3$, тогда матрица спектра плана ПФЭ 2^3 будет записана в следующем виде:

$$X = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & +1 \\ -1 & +1 & -1 \\ -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & +1 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Для описания поверхности отклика в области начальной точки был составлен ортогональный план эксперимента первого порядка в

кодированных и натуральных значениях факторов (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Ортогональный план эксперимента

№ опыта, N	Условия опыта в кодированных переменных				Условия опыта в натуральных переменных		
	t_0	t_1	t_2	t_3	X_1	X_2	X_3
1	+1	-1	-1	-1	0,05	0,29	0,16
2	+1	-1	-1	+1	0,05	0,29	0,24
3	+1	-1	+1	-1	0,05	0,35	0,16
4	+1	-1	+1	+1	0,05	0,35	0,24
5	+1	+1	-1	-1	0,11	0,29	0,16
6	+1	+1	-1	+1	0,11	0,29	0,24
7	+1	+1	+1	-1	0,11	0,35	0,16
8	+1	+1	+1	+1	0,11	0,35	0,24

С помощью ПФЭ 2^k возможно получение регрессионных моделей вида

$$\varphi(x) = \sum_{j=0}^{2^k-1} f_j(x) \beta_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{\substack{i_1=1 \\ i_1 < i_2}}^k \sum_{i_2=1}^k \beta_{i_1 i_2} x_{i_1} x_{i_2} + \sum_{\substack{i_1=1 \\ i_1 < i_2 < i_3}}^k \sum_{i_2=1}^k \sum_{i_3=1}^k \beta_{i_1 i_2 i_3} x_{i_1} x_{i_2} x_{i_3} + \dots + \beta_{12\dots k} x_1 x_2 \dots x_k, \quad (3.5)$$

содержащих максимально

- 1) один коэффициент β_0 – свободный член уравнения регрессии;
- 2) k коэффициентов β_i – линейных членов уравнения регрессии;
- 3) C_k^2 коэффициентов $\beta_{i_1 i_2}$ при парных взаимодействиях факторов;
- 4) C_k^3 коэффициентов $\beta_{i_1 i_2 i_3}$ при тройных взаимодействиях и т.д., включая один коэффициент $\beta_{12\dots k}$ при взаимодействии факторов максимального k -го порядка.

Общее число коэффициентов регрессии в этой модели равно

$$1 + k + C_k^2 + C_k^3 + \dots + C_k^k = 2^k .$$

При построении ортогонального плана эксперимента были обеспечены следующие условия ортогональности:

$$\begin{aligned} \sum_{i \neq j}^N X_i X_j &= 0, i = 1, 2, 3, \dots, k; j = 1, 2, 3, \dots, k; \\ \sum_{i=1}^N X_i &= 0, i = 1, 2, 3, \dots, k; \sum_{i=1}^N X_i^2 = N, i = 1, 2, 3, \dots, k, \end{aligned} \quad (3.6)$$

где N – число опытов;

k – число факторов.

Эксперимент реализовался отдельными сериями. Каждая серия включала в себя проведение N опытов, соответствующих всем строкам матрицы спектра плана. Количество серий m обычно равно 2–4. В нашем случае $m = 3$, следовательно, общее число опытов равно $Nm = 8 \cdot 3 = 24$. Внутри каждой серии порядок реализации опытов должен быть случайным, для этого применялась процедура рандомизации: m -кратное проведение данной процедуры обеспечивает различную (случайную) последовательность реализации строк матрицы спектра плана в каждой серии опытов [90].

3.3.3 Методика определения агротехнических показателей

Пробы для определения влажности почвы (приложение К) отбираются буром по диагонали участка в пятикратной повторности [30; 38; 90].

Твердость почвы P определяется с помощью твердомера Ревякина (приложение К) по формуле [16; 22; 30; 90]:

$$P = \frac{h_{cp} k}{S}, \text{ кг/см}^2, \quad (3.7)$$

где h_{cp} – величина средней ординаты диаграммы твердости, см;

k – масштаб (жесткость) пружины, кг/см;

S – площадь поперечного сечения плунжера, см².

Плотность почвы ρ определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (3.8)$$

где m – масса абсолютно сухой почвы, снятой с бура, г;

V – объем, занимаемый образцом почвы, м^3 .

Пробы на плотность почвы следует отбирать в пяти местах участка (в зоне мест определения твердости и влажности почвы).

Глубина обработки замеряется градуированным металлическим щупом в десяти повторностях по диагонали учетного участка, затем методом математической статистики находится среднее квадратическое отклонение глубины обработки [13; 30; 90].

3.3.4 Методика определения энергетических показателей процесса почвообработки

С целью оценки энергетических показателей работы экспериментального щелевателя и сравнения с серийным были запланированы опыты по определению тягового сопротивления агрегата.

Для определения тягового сопротивления R_x щелевателя был применен метод тензометрирования [17; 21; 91].

Для регистрации силы сопротивления R_x , точка приложения которой по высоте щелевателя неизвестна, тензодатчики были наклеены на центральную тягу навески и соединены по схеме, указанной на рисунке 3.12.

В качестве регистрирующей аппаратуры при определении тягового сопротивления плоскорежущих лап применялась измерительная информационная система ИП 264 (рисунок 3.13), предназначенная для построения многоканальных автоматических и автоматизированных систем контроля и регистрации параметров при испытании сельскохозяйственной техники в полевых условиях.

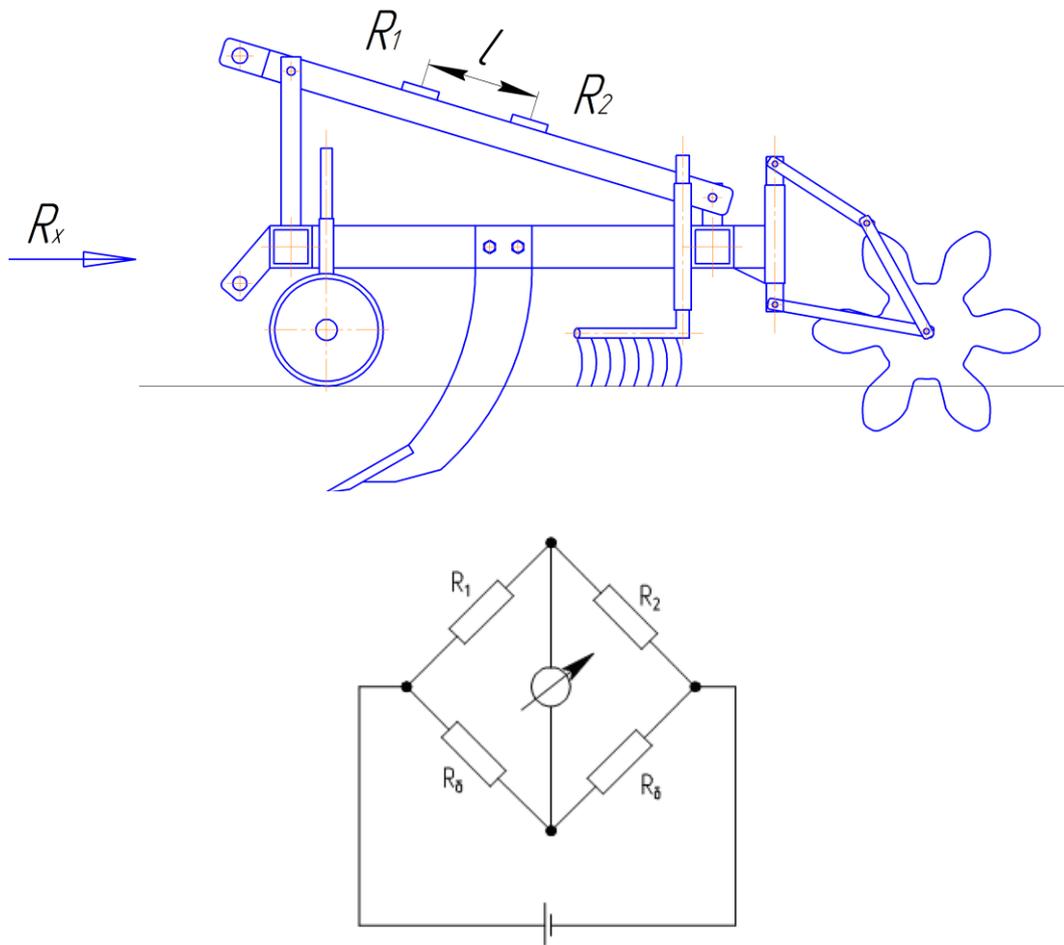


Рисунок 3.12 – Схема наклейки тензодатчиков сопротивления на центральную тягу навески и соединения их в измерительный мост



Рисунок 3.13 – Измерительная информационная система ИП 264, установленная в кабине трактора: 1 – распределительный короб РК-1; 2 – ноутбук; 3 – электронный блок

Система *ИП 264* состоит из электронного блока 3, выполненного в едином корпусе, на передней панели которого находятся индикатор включения питания, выключатель питания и разъем *RS323* для связи с управляющим компьютером (ноутбуком) 2. На задней панели находятся разъемы для подключения распределительного короба 1 (*PK-1*) и питания 9–15 В. Для подключения датчиков к *ИП 264* применяется распределительный короб *PK-1*, в котором каждый измерительный канал выводится на отдельный разъем.

Еще одним энергетическим показателем работы почвообрабатывающего агрегата, важным при расчетах его экономической эффективности, является расход топлива на 1 гектар обработанного поля. Для определения расхода топлива использовался электронный расходомер дизельного топлива *ИП-260-2* (рисунок 3.14), предназначенный для автоматического измерения объема топлива, расходуемого транспортными средствами, оборудованными дизельными двигателями с расходом топлива от 4 до 200 л/ч. Электронный расходомер топлива измеряет объемный расход дизельного топлива, как разницу между подсчитанной подачей топлива из топливного бака и возвратом его в бак.

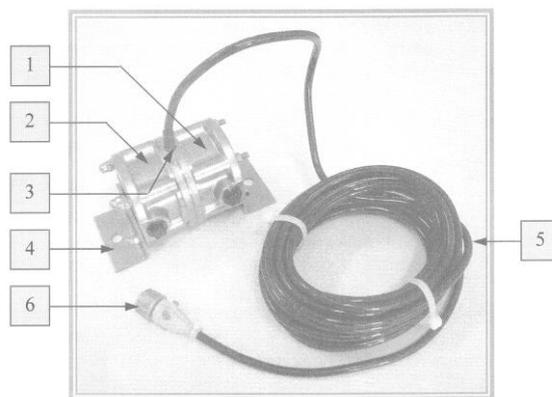


Рисунок 3.14 – Электронный расходомер топлива *ИП-260-2*: 1 – расходомер топлива *V*; 2 – расходомер топлива *R*; 3 – электронная система; 4 – элементы крепления; 5 – соединительный кабель; 6 – разъем *ОНЦ-РГ-4/14В13*

К топливной системе трактора расходомер подключался по схеме, указанной на рисунке 3.15. В качестве регистрирующей аппаратуры использовалась система ИП 264 [90].

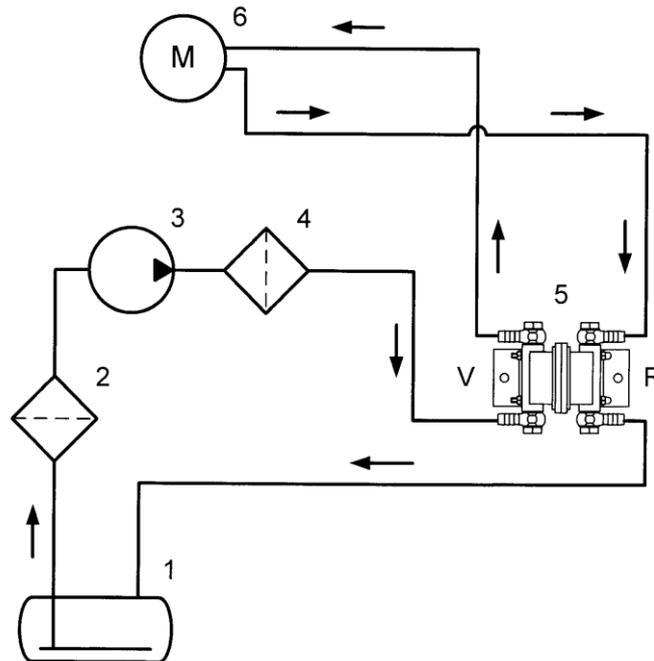


Рисунок 3.15 – Топливо-гидравлическая схема подключения расходомера ИП-260-2 к трактору: 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – подкачивающий насос (помпа); 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – электронный расходомер топлива ИП-260-2; 6 – дизельный двигатель

Выводы по главе

1. Определена программа экспериментальных исследований.
2. На основе исследования процесса обработки почвы щелевателем и теоретических выкладок было принято решение о проведении многофакторного эксперимента по определению зависимости агротехнических и энергетических показателей процесса почвообработки при различных конструктивных параметрах рабочих органов и технологических параметрах работы. В качестве критериев оптимизации приняты тяговое сопротивление агрегата и влажность почвы, а в качестве варьируемых

факторов – ширина наральника, глубина нарезаемой щели и глубина заделки соломы.

3. Описаны методики определения агротехнических показателей работы.

4. Обоснована и описана методика энергетической оценки процесса обработки почвы щелевателем. Для определения тягового сопротивления R_x агрегата был применен метод тензометрирования. Для определения расхода топлива использовался электронный расходомер дизельного топлива.

5. Описана методика определения влияния показателей работы щелевателя на урожайность зерновых культур.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты лабораторных исследований

4.1.1 Результаты опытов по определению зависимости параметров заделки соломы от конструктивных размеров диска

Целью данных лабораторных исследований являлось подтверждение теоретических предпосылок, полученных во второй главе, а именно характера зависимости параметров заделки соломы от конструктивных размеров дисков. При проведении исследований руководствовались разработанной методикой и приборами и оборудованием, описанными ранее (глава 3, п. 3.2.2).

Данные по изменению параметров заделки соломы в зависимости от конструктивных размеров диска сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Отклонение экспериментальных параметров заделки соломы от теоретических

Параметры	Соломозаделывающий диск								
	I			II			III		
	теор.	эксп.	откл., %	теор.	эксп.	откл., %	теор.	эксп.	откл., %
Высота микроулисы, см	3,2	3,3	3,1	4	4,2	5	4,8	4,8	0
		3,2	0		4	0		4,8	0
		3,4	5,9		4,1	2,5		4,9	2,1
Высота соломенного канала, см	16	16,2	1,3	20	20	0	24	24,1	0,4
		16,1	0,6		20,2	1		24	0
		16,1	0,6		20,1	0,5		24,3	1,3

Продолжение таблицы 4.1

Толщина слоя соломы, образующего воздушное пространство над дном щели, см	3,2	3,4	5,9	4	4	0	4,8	4,9	2,1
		3,2	0		4,2	5		4,8	0
		3,3	3,1		4,2	5		5	4,2

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что теоретические предпосылки, изложенные во второй главе, верны. Зависимость параметров заделки соломы от конструктивных параметров диска – прямая. Некоторое несовпадение можно объяснить упругостью соломенной массы. После прекращения воздействия диска, соломенная масса увеличивалась в размерах, поэтому полученные экспериментальные данные отличаются от теоретических в большую сторону.

4.1.2 Результаты опытов по определению оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя

С целью определения оптимального угла фиксации граблин соломонаправителя γ (т.е. угла отклонения оси отвала от направления движения базового агрегата), а также исследования процесса работы пассивного соломонаправителя в целом, были выполнены исследования по методике, описанной в п. 3.2.4. Теоретический угол γ может находиться в интервале от 0 до 90° . Поэтому для опытов брались значения угла γ с интервалом через каждые 10° , начиная с 20° и заканчивая 80° . Значение $\gamma = 10^\circ$ не рассматривалось, т.к. соломонаправитель при этом имел слишком малую ширину захвата. Результаты опытов представлены в таблице 4.2, а также графически отображены на рисунке 4.1 (заштрихованная область – зона оптимума) [54].

Таблица 4.2 – Зависимость процента перемещенной в область щели соломы от угла фиксации граблей соломопроводителя

Угол фиксации граблей γ , град.	20	30	40	50	60	70	80
Процент перемещенной соломы P_C , %	36	49	63	73	58	8	-

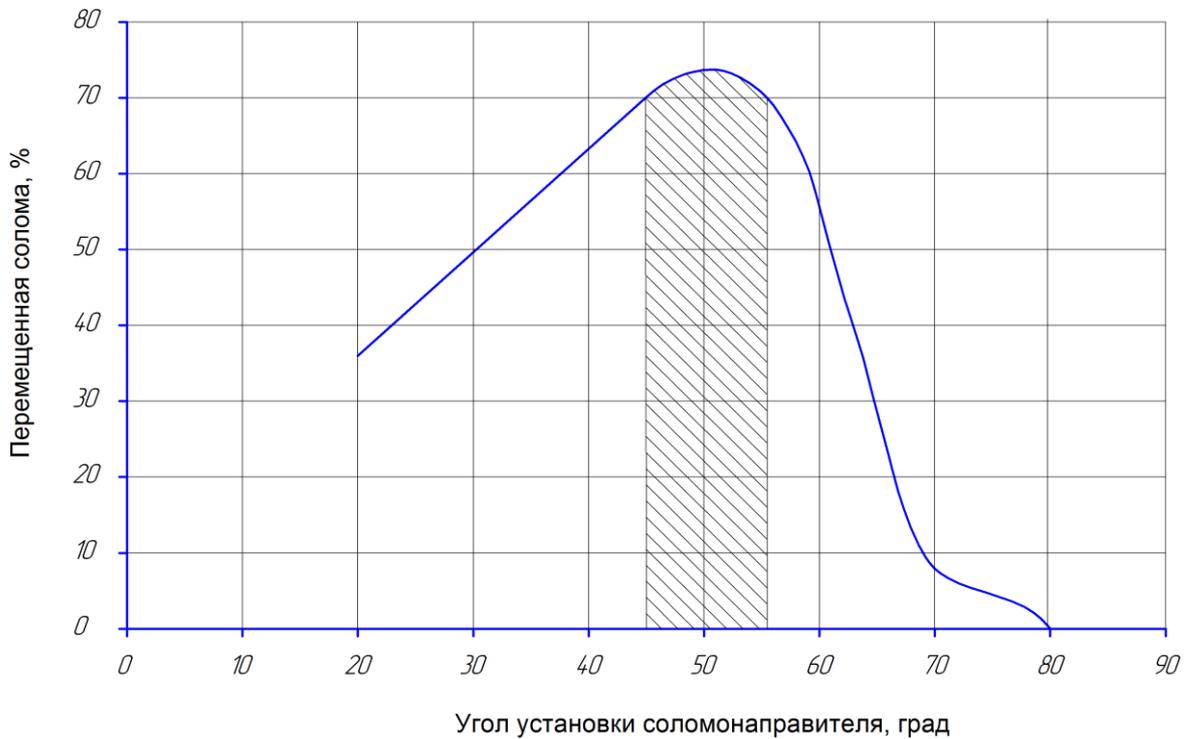


Рисунок 4.1 – График зависимости процента перемещенной соломы от угла фиксации граблей соломопроводителя

Из полученных данных видно, что при угле $\gamma = 70^\circ$ и выше солома практически не перемещается в горизонтальном направлении, т.е. происходит забивание. Наибольшее количество соломы перемещается при $\gamma \approx 38...59^\circ$, причем с уменьшением угла γ (от 40° до 20°) интенсивность процесса также возрастает, но значительно сокращается ширина захвата соломопроводителя, поэтому в целом количество перемещенной соломы снижается. Таким образом, оптимальное значение угла установки соломопроводителя находится в интервале $\gamma = 45...55^\circ$ [54].

4.2 Результаты полевых исследований

4.2.1 Результаты полевого многофакторного эксперимента

Для определения влияния параметров модернизированного щелевателя и режимов работы на тяговое сопротивление и на накопленную влажность почвы был проведен многофакторный эксперимент согласно плану по методике, описанной в разделе 3.3.

В ходе многофакторного эксперимента были получены результаты, показывающие зависимость параметров оптимизации (тягового сопротивления щелевателя Y_1 и влажности почвы Y_2) от трех факторов: ширины наральника X_1 , глубины щели X_2 , глубины заделки соломы X_3 (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Результаты многофакторного эксперимента.

№	Значения факторов в кодированных переменных				Значения параметров оптимизации в трех повторностях							
	t_0	t_1	t_2	t_3	$Y_1, \text{кН}$				$Y_2, \%$			
					1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее
1	+1	-1	-1	-1	14,406	14,332	14,410	14,382	17,68	18,51	17,97	18,05
2	+1	-1	-1	+1	14,564	14,498	14,470	14,510	22,84	22,87	22,93	22,88
3	+1	-1	+1	-1	18,768	18,824	18,766	18,786	15,19	15,48	15,24	15,30
4	+1	-1	+1	+1	18,908	18,914	18,886	18,902	20,87	21,57	20,93	21,12
5	+1	+1	-1	-1	17,292	17,340	17,380	17,338	18,89	18,96	19	18,95
6	+1	+1	-1	+1	17,504	17,494	17,474	17,490	25,05	25,12	25,07	25,08
7	+1	+1	+1	-1	21,966	21,966	21,940	21,958	16,33	16,49	16,22	16,35
8	+1	+1	+1	+1	22,132	22,098	22,070	22,100	21,80	22,31	22,49	22,20

По результатам регрессионного анализа для параметра оптимизации Y_1 можно составить следующее уравнение регрессии, описывающее зависимость тягового сопротивления от факторов [33]:

$$Y_1 = -1 - 1,7 \cdot X_1 + 37,50764 \cdot X_2 + 0,00318 \cdot X_3 + 0,90417 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,00026 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,5 \cdot X_1^2, \quad (4.1)$$

По результатам регрессионного анализа для параметра оптимизации Y_2 составлено следующее уравнение регрессии, описывающее зависимость влажности почвы от факторов [33]:

$$Y_2 = 65,9673 + 2,0938 \cdot X_1 - 46,9583 \cdot X_2 + 0,3964 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_1^2. \quad (4.2)$$

Проверка адекватности полученных регрессионных моделей с помощью F -критерия Фишера выявила, что построенные модели адекватны.

Полученные уравнения регрессии позволяют построить поверхности отклика параметров оптимизации от факторов (рисунки 4.2 – 4.7).

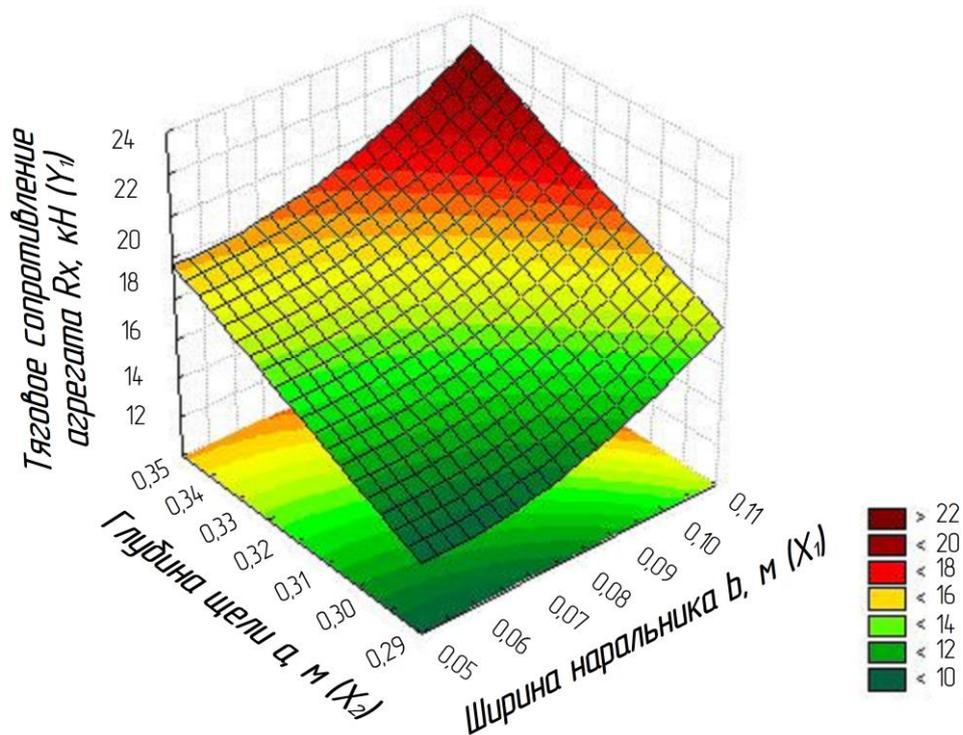


Рисунок 4.2 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_1 (тяговое сопротивление агрегата R_x , кН) от факторов X_1 (ширина наральника b , м) и X_2 (глубина щели a , м)

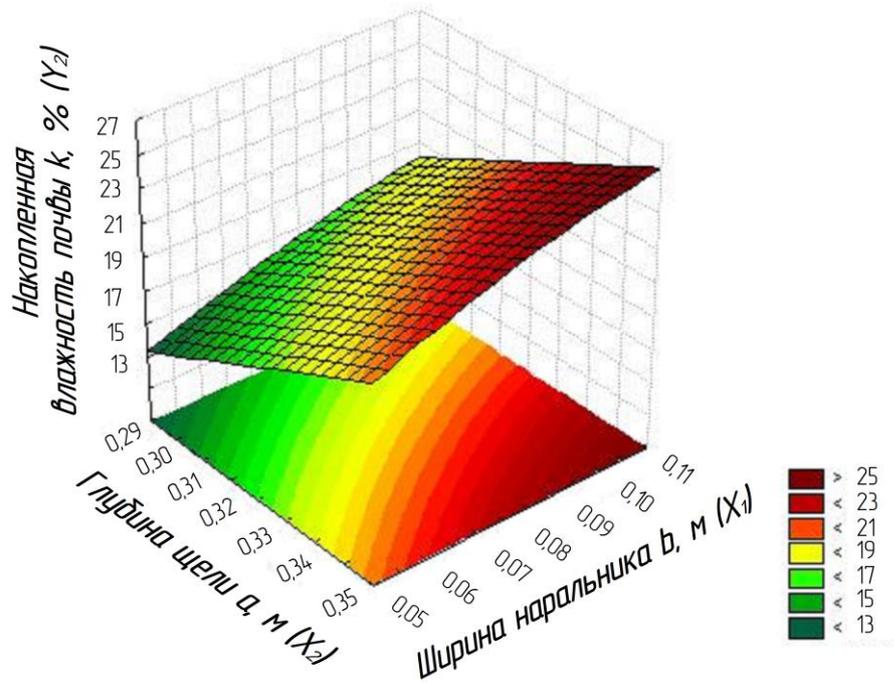


Рисунок 4.3 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_2 (накопленная влажность почвы k , %) от факторов X_1 (ширина наральника b , м) и X_2 (глубина щели a , м)

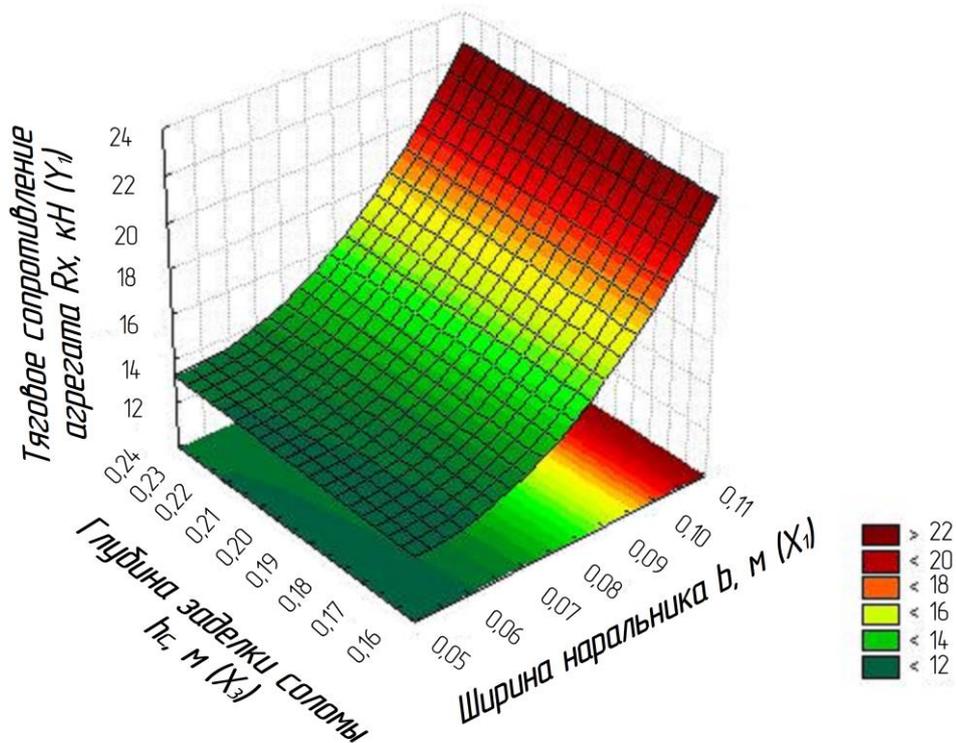


Рисунок 4.4 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_1 (тяговое сопротивление агрегата R_x , кН) от факторов X_1 (ширина наральника b , м) и X_3 (глубина заделки соломы h_c , м)

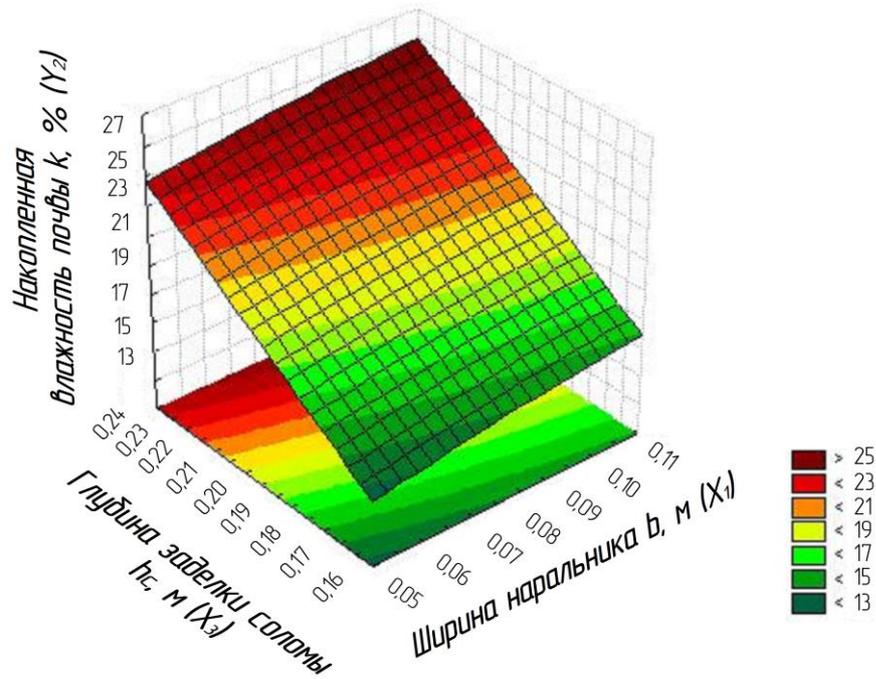


Рисунок 4.5 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_2 (накопленная влажность почвы k , %) от факторов X_1 (ширина наральника b , м) и X_3 (глубина заделки соломы h_c , м)

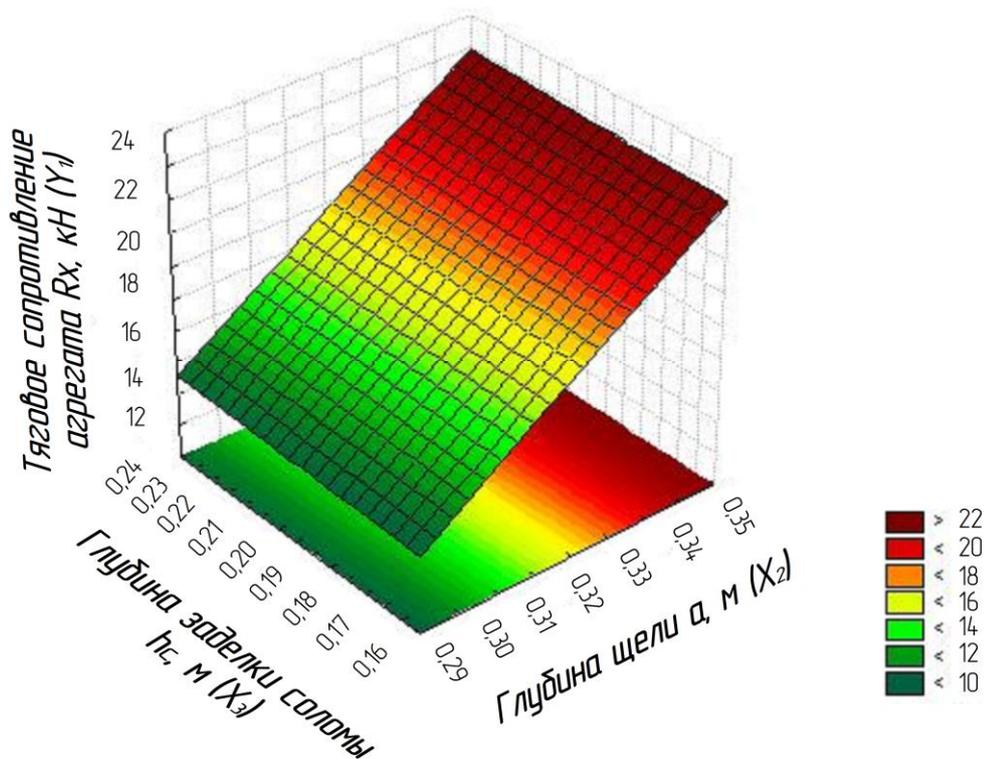


Рисунок 4.6 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_1 (тяговое сопротивление агрегата R_x , кН) от факторов X_2 (глубина щели a , м) и X_3 (глубина заделки соломы h_c , м)

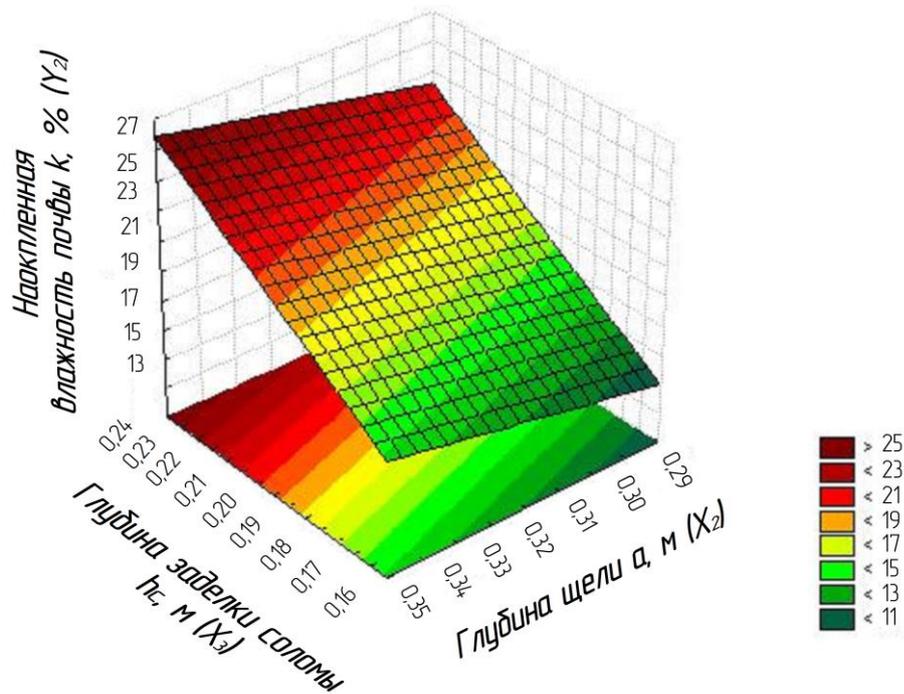


Рисунок 4.7 – Поверхность отклика параметра оптимизации Y_2 (накопленная влажность почвы k , %) от факторов X_2 (глубина щели a , м) и X_3 (глубина заделки соломы h_c , м)

4.2.2 Результаты экспериментальных исследований показателей работы стандартного и модернизированного щелевателей

Важнейшим показателем при расчете экономической эффективности модернизированного щелевателя является изменение урожайности сельскохозяйственных культур вследствие его применения по сравнению с применением стандартного щелевателя.

Экспериментальные исследования по выявлению этого показателя проводились в 2011-2014 годах на поле ПУМ Оренбургского ГАУ при возделывании озимой пшеницы.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 4.4.

Эксперимент показал увеличение урожайности озимой пшеницы на 20,4 % при обработке почвы щелевателем с дополнительными рабочими

органами по сравнению с серийным. Увеличение урожайности произошло вследствие увеличения влажности почвы на 33 %. При этом произошло увеличение энергетических затрат (повышение тягового сопротивления на 12,1 %, увеличение расхода топлива на 8,97 %), которое учитывается при оценке экономической эффективности модернизированного щелевателя [58].

Таблица 4.4 – Сравнение показателей работы серийного щелевателя с щелевателем с дополнительными рабочими органами.

Показатели	Серийный щелеватель	Щелеватель с дополнительными рабочими органами	Изменение показателей
Тяговое сопротивление R_x , кН	19,75	22,14	+12,1
Расход топлива, л/га	8,5	9,7	+14,1
Влажность почвы k , %	14,2	18,89	+33
Урожайность пшеницы U , ц/га	20,86	25,3	+21,1
Урожайность в пересчете на 18%-ю влажность U_{np} , ц/га	20,37	24,52	+20,4

Выводы по главе

1. В результате экспериментальных исследований выявлены зависимости энергетических и агротехнических показателей работы предлагаемого щелевателя в зависимости от условий работы, сравнение экспериментальных данных с теоретическими показало соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований;

2. В результате испытаний по сравнению агротехнических показателей работы серийного и экспериментального рабочих органов выявлено повышение влажности почвы на 33 % по сравнению с серийным щелевателем при возрастании тягового сопротивления на 12,1 %, также зафиксировано увеличение урожайности озимой пшеницы на 20,4 %.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

5.1 Составление технологических карт

Экономическую эффективность от применения щелевателя с дополнительными рабочими органами можно выразить за счет увеличения урожая сельскохозяйственных культур, используя известные методики и нормы экономической оценки [23; 51; 61; 89; 90].

Основным методом экономического обоснования является сравнение. Составим две технологические карты:

1. При существующей технологии и средствах механизации;
2. При предлагаемой технологии и использовании модернизированного щелевателя.

Предлагаемая технология сравнивается с существующей по одинаковым нормативам, обеспечивающим сопоставимость анализируемых показателей.

В предлагаемом варианте механизации изменения коснутся операции «основная безотвальная обработка».

При существующей механизации исполнительным звеном при выполнении операции является: трактор Т-150К и щелеватель ЩП-3-70 с серийными рабочими органами.

При предлагаемой механизации: трактор Т-150К и щелеватель ЩП-3-70 с экспериментальными рабочими органами.

В дальнейших расчетах будем принимать и обозначать существующий вариант за (1), предлагаемый за (2).

Производительность агрегата рассчитывается по формуле:

$$\omega^{\text{д}} = \omega^{\text{ч}} \cdot t, \quad (5.1)$$

где $\omega^{\text{д}}$ – производительность агрегата в единицах работы за рабочий день, га/день;

$\omega^ч$ – производительность агрегата за 1 час сменного времени, га/ч;

t – продолжительность рабочего дня, ч.

Сезонная загрузка агрегата на данной операции:

$$T_{он} = Д \cdot t, ч, \quad (5.2)$$

где $Д$ – количество дней работы на данной операции.

Выработка за время работы на данной операции в единицах работы равна:

$$W_{оп} = T_{оп} \cdot \omega^ч, га, \quad (5.3)$$

$$W_{оп} = Д \cdot \omega^д, га. \quad (5.4)$$

Потребное количество тракторов, машин, сцепок для выполнения всего объема работ:

$$N = \frac{O}{W_{оп}}, шт., \quad (5.5)$$

где O – объем работ в единицах работы, га.

Балансовая стоимость машин в расчете на данную операцию

$$B_{оп} = \frac{B \cdot T_{оп}}{T_{г}} \cdot n, руб., \quad (5.6)$$

где B – балансовая стоимость машины, руб.;

$T_{оп}$ – сезонная загрузка агрегата на данной операции, ч;

$T_{г}$ – годовая загрузка машины (по справочным данным), ч;

n – количество машин, шт.

Балансовая стоимость модернизированного щелвателя ЩП–3–70 рассчитывается по формуле:

$$B_{щп-3-70} = B_{щп-3-70} + n^{доп} \cdot C_{изг}^{доп} \cdot (1 + C_M^{доп}), руб., \quad (5.7)$$

где $B_{щп-3-70}$ – балансовая стоимость щелвателя ЩП–3–70, руб.;

$C_{изг}^{доп}$ – затраты на изготовление дополнительных рабочих органов щелвателя, руб.;

$C_M^{ДОП}$ – затраты на монтаж, наладку, техническую подготовку дополнительных рабочих органов, руб.;

$n^{ДОП}$ – количество дополнительных рабочих органов щелевателя, шт.

Экономические показатели на весь объем работ.

Расход топлива (Γ):

$$\Gamma = G \cdot O, \text{ кг}, \quad (5.8)$$

где G – удельный расход топлива на единицу работ, кг/га.

Затраты труда на весь объем работ:

$$T = \frac{m \cdot O}{\omega^ч}, \text{ чел.-ч}, \quad (5.9)$$

где m – количество обслуживающего персонала, чел.

Эксплуатационные затраты на весь объем работ определяются:

$$Z_{\text{э}} = Z_{\text{пл}} + A + P + C_{\Gamma}, \text{ руб.}, \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{пл}}$ – заработная плата, руб.;

A – амортизационные отчисления, руб.;

P – отчисления на текущий ремонт и ТО, руб.;

C_{Γ} – стоимость горючего, руб.

Заработная плата:

$$Z = T \cdot T_{\text{ст}} \cdot K_{\text{нов}} \cdot K_{\text{нач}}, \text{ руб.}, \quad (5.11)$$

где $T_{\text{ст}}$ – часовая тарифная ставка, руб./чел.-ч;

$K_{\text{нов}}$ – коэффициент повышения расценок за выполнение плана, начислений на зарплату, дополнительных выплат за стаж (для мех. работ – 1,9; для конно-ручных работ – 1,6);

$K_{\text{нач}}$ – коэффициент, учитывающий начисления на заработную плату. В расчетах принято 35 %.

Амортизационные отчисления:

$$A = B_{on} \cdot \frac{a}{100} \cdot N, \text{ руб.} \quad (5.12)$$

где a – средняя (ежегодная) норма ежегодных амортизационных отчислений, %

$$P = B_{on} \cdot \frac{p}{100} \cdot N, \text{ руб.} \quad (5.13)$$

где p – средняя (ежегодная) норма ежегодных отчислений на текущий ремонт и ТО, %.

Стоимость горючего:

$$C_G = G \cdot Ц_G, \text{ руб.} \quad (5.14)$$

где G – количество топлива, кг;

$Ц_G$ – комплексная цена топлива, руб/кг.

Прямые затраты определяют как сумму эксплуатационных затрат и стоимости основных материалов:

$$З_{II} = З_{Э} + C_M, \text{ руб.} \quad (5.15)$$

Косвенные затраты рассчитываются через коэффициент $k = 0,1$.

$$З_K = k \cdot З_{II}, \text{ руб.} \quad (5.16)$$

Издержки производства (себестоимость) определяют как сумму прямых и косвенных затрат:

$$S = З_{II} + З_K, \text{ руб.} \quad (5.17)$$

Капитальные вложения на весь объем работ начисляются по формуле:

$$K = B_{on} \cdot N, \text{ руб.} \quad (5.18)$$

Приведенные затраты рассчитываются по формуле:

$$I = S + E_H \cdot K, \text{ руб.}, \quad (5.19)$$

где E_H – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений. В расчетах принято $E_H = 0,15$.

После расчета технологической карты (приложения П, Р) по операциям подсчитываются итоги в строке «Всего затрат», а затем определяются затраты в расчете на 1 га и на 1 ц основной продукции. При этом по

зерновым культурам 90...95% всех затрат относят на зерно и 5...10% на солому.

Выход полноценного зерна с учетом рефакции можно принять на уровне 95% от бункерного веса [90].

5.2 Анализ изменения затрат на производство сельскохозяйственной продукции

Итоги расчетов затрат на производство пшеницы представлены в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Изменение затрат на 1 ц зерна.

Статьи затрат	Вариант механизации		Разница (+, -)	
	Существ.	Предл.	руб.	%
Заработная плата	43,64	34,74	-8,90	-20,39
Реновация	74,31	57,40	-16,91	-22,76
Отчисления в ремонтный фонд	71,03	54,84	-16,19	-22,79
Топливо, электроэнергия	44,87	35,39	-9,48	-21,12
ВСЕГО эксплуатационных затрат	233,85	182,37	-51,48	-22,01
Транспортные расходы	6,81	6,72	-0,09	-1,32
Стоимость материалов:				
семена	115,30	115,30	0,00	0,00
удобрения	20,06	20,06	0,00	0,00
ВСЕГО прямых затрат	418,06	324,45	-93,61	-22,39
Косвенные затраты	41,13	31,77	-9,35	-22,74
ИТОГО затрат (себестоимость)	413,27	320,60	-92,67	-22,42

Таблица 5.2 – Размер и структура затрат на 1 га

Статьи затрат	При существующей механизации		При предлагаемой механизации	
	руб.	%	руб.	%
Заработная плата	544,41	9,50	568,02	9,75
Реновация	926,96	16,18	938,43	16,11
Отчисления в ремонтный фонд	885,99	15,47	896,53	15,39
Топливо, электроэнергия	559,65	9,77	578,54	9,93
Транспортные расходы	84,90	1,48	109,80	1,89
Стоимость материалов				
Семена	1885,00	32,91	1885,00	32,37
Удобрения	328,00	5,73	328,00	5,63
ВСЕГО прямых затрат	5214,92	91,04	5304,32	91,08
Косвенные затраты	513,00	8,96	519,45	8,92
ИТОГО издержек производства	5727,92	100,00	5823,77	100,00
Выход полноценного зерна, ц/га	12,47	-	16,35	-
Себестоимость 1 ц.				
зерна	413,27	-	320,60	-
соломы	42,75	-	33,09	-

5.3 Экономическое обоснование эффективности предлагаемого способа механизации

После заполнения технологических карт (приложения П, Р) и определения себестоимости единицы продукции приступаем к расчету основных экономических показателей по сравниваемым вариантам механизации. Показатели экономической эффективности определим в расчете на 1 га и на 1 ц продукции.

Стоимость валовой продукции определяется:

$$ВП = B_O \cdot Ц_O + B_{II} \cdot Ц_{II}, \text{ руб./га}, \quad (5.20)$$

где B_O , B_{II} – валовой сбор основной (зерно) и побочной (солома) продукции, $ц/га$;

$$Ц_O, Ц_{II} – \text{цена } 1 \text{ ц основной и побочной продукции, руб./ц.}$$

Чистый доход исчисляют как разницу между стоимостью валовой продукции и соответствующими издержками производства:

$$Д = ВП - S. \quad (5.21)$$

Прибыль лучше всего определять в расчете на 1 ц основной продукции:

$$П = Ц - S, \text{ руб./ц.} \quad (5.22)$$

Величина дополнительных капитальных вложений рассчитывается по формуле:

$$K = K_2 - K_1, \text{ руб./га}, \quad (5.23)$$

где K_1 , K_2 – общие капитальные вложения при существующем и предлагаемом вариантах механизации, руб.

Важнейшим экономическим показателем является рентабельность. Ее лучше всего рассчитывать на 1 ц продукции или на 1 га. Отношение прибыли к себестоимости называют уровнем рентабельности:

$$R = \frac{П}{S} \cdot 100\% = \frac{Ц - S}{S} \cdot 100\%. \quad (5.24)$$

Отношение прибыли к капиталовложениям называют нормой прибыли или рентабельностью по капиталовложениям:

$$R_K = \frac{Д}{K} \cdot 100\%. \quad (5.25)$$

Срок окупаемости первоначальных капитальных вложений:

$$T_{OK} = \frac{K}{Д}. \quad (5.26)$$

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений:

$$T_{OK}^{доп} = \frac{K_2 - K_1}{Д_2 - Д_1}, \text{ лет.} \quad (5.27)$$

Годовая экономия на сопоставимый объем производства (в расчете на 1 га или 1 ц продукции) рассчитывается чаще всего по разнице издержек производства (себестоимости):

$$\mathcal{E}_T = (S_1 - S_2) \cdot Y \quad (5.28)$$

где S_1, S_2 – себестоимость 1 ц зерна в сравниваемых вариантах механизации, руб./ц;

Y – объем производства зерна с 1 га (урожайность), ц/га.

Приведенные затраты в расчете на 1 га будут равны:

$$I = S + E_H \cdot K, \text{ руб./га.} \quad (5.29)$$

Разницу в приведенных затратах на сопоставимый объем производства называют годовым экономическим эффектом. Он рассчитывается так:

$$\Gamma_{\mathcal{E}} = I_1 \cdot \alpha - I_2, \text{ руб./га,} \quad (5.30)$$

где α – коэффициент сопоставимости:

$$\alpha = \frac{ВП_2}{ВП_1}, \quad (5.31)$$

где $ВП_1, ВП_2$ – стоимость валовой продукции при существующем и предлагаемом вариантах механизации, руб.

Затраты труда (трудоемкость) на производство единицы продукции (зерна) составляют:

$$T_3 = \frac{T}{B_0}, \text{ чел.-ч/ц,} \quad (5.32)$$

где T_3 – затраты труда на производство основной и побочной продукции, чел.-ч.;

B_0 – объем производства основного вида продукции (зерна) в натуре, ц.

Производительность труда рассчитывается в стоимостном выражении:

$$ПТ = \frac{ВП}{T}, \text{ руб./чел.-ч.} \quad (5.33)$$

Рост производительности труда:

$$ПТ_{рост} = \frac{ПТ_2}{ПТ_1}. \quad (5.34)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Экономическая эффективность сравниваемых вариантов механизации.

Показатели	Существующий вариант механизации	Предлагаемый вариант механизации
Урожайность, <i>ц/га</i>	20,37	24,52
Стоимость валовой продукции, <i>руб./га</i>	7940,00	10410,00
Себестоимость, <i>руб./га</i>	5727,92	5823,77
Чистый доход, <i>руб./га</i>	2212,08	4586,23
Прибыль, <i>руб./ц</i>	86,73	179,40
Удельные капиталовложения, <i>руб./га</i>	8375,14	8472,66
Дополнительные капитальные вложения, <i>руб./га</i>	-	97,52
Уровень рентабельности, %	20,99	55,96
Рентабельность по капиталовложениям, %	26,41	54,13
Срок окупаемости капиталовложений, <i>лет</i>	3,79	1,85
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, <i>лет</i>	-	0,3
Годовая экономия, <i>руб./га</i>	-	1603,12
Приведенные затраты, <i>руб./га</i>	6984,19	7094,67
Годовой экономический эффект, <i>руб./га</i>	-	2062,18
Трудоемкость, <i>чел.-ч./ц</i>	0,34	0,27
Производительность труда, <i>руб./чел.-ч</i>	1870,47	2350,42
Рост производительности труда	-	1,26

Выводы по главе

1. В предлагаемом варианте механизации с использованием модернизированного щелевателя себестоимость 1 ц зерна уменьшилась на 92,67 руб./ц по сравнению с существующим вариантом. Это снижение произошло за счет увеличения урожайности пшеницы на 4,15 ц/га (20,4%).

2. Снижение себестоимости продукции привело к увеличению прибыли, а также уровня рентабельности. Так, в предлагаемом варианте уровень рентабельности увеличился 35% по сравнению с существующим вариантом механизации. Годовой экономический эффект составил 2062,18 руб./га.

3. Величина дополнительных капитальных вложений составила 97,52 руб./га, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений 1 сезон.

4. Щелеватель с дополнительными рабочими органами обеспечивает более высокую эффективность производства сельскохозяйственной продукции по сравнению с щелевателем с серийными рабочими органами.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа было установлено, что для более эффективной обработки почвы щелевателем необходимо его модернизация путем установки дополнительных рабочих органов, осуществляющих одновременно с нарезкой почвенной щели, сбор и заделку соломы в образующуюся щель. При этом заделывать солому необходимо в виде вертикальных каналов с образованием микрокулис и воздушного пространства над дном щели.

2. Разработана конструкция щелевателя с дополнительными рабочими органами для вертикального мульчирования почвы соломой (патенты РФ на изобретение № 2463753, № 2446652). Обоснованы основные конструктивные параметры соломозаделывателя и соломонаправителя. Определены основные конструктивно-режимные параметры щелевателя для сухостепной зоны Южного Урала. Получены экспериментальные закономерности для определения тягового сопротивления разработанного щелевателя, на основе которых была разработана и зарегистрирована в ФИПС программа для ЭВМ № 2012614521.

3. Проведенный многофакторный эксперимент выявил закономерности изменения параметров оптимизации (тягового сопротивления щелевателя Y_1 и влажности почвы Y_2) от трех факторов: ширины наральника X_1 , глубины щели X_2 , глубины заделки соломы X_3 (формулы 4.1, 4.2). Установлено, что данные, полученные в результате теоретических исследований, обладают высокой сходимостью с результатами экспериментальных исследований.

4. Полевыми испытаниями установлены закономерности, характеризующие эффективность использования предлагаемого щелевателя, которые показали увеличение влажности почвы на 33% при возрастании тягового сопротивления на 12,1%, а также повышение урожайности озимой пшеницы в условиях сухостепной зоны Южного Урала на 20,4%.

5. Расчеты экономической эффективности применения щелевателя с разработанными рабочими органами для обработки почвы показали более высокую эффективность производства, что отражается в снижении себестоимости 1 ц зерна на 92,67 руб./ц и увеличении уровня рентабельности на 35% , при этом годовой экономический эффект составил 2062,18 руб./га при сроке окупаемости дополнительных капитальных вложений 1 сезон при возделывании озимой пшеницы площадью 250 га (по ценам 2014 года.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авров, О. Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / О. Е. Авров, З. М. Мороз. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. – 200 с, ил.
2. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1055351, 3(51) А01В13/16 – Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным внесением в них соломы / Р.Г. Загрядский – 23.11.1983. Бюл. №43.
3. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1091866, 3(51) А01В13/16 – Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным внесением в них наполнителя / В.А. Болбышко, Ш.И. Брусиловский, Г.В. Сегодняк, П.П. Евчик – 15.05.1984. Бюл. №18.
4. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1143320, 4(51) А01В13/16 – Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным внесением в них соломы / Р.Г. Загрядский – 07.03.1985. Бюл. №9.
5. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1347877, 4(51) А01В13/16 – Устройство для нарезки щелей с одновременным внесением в них наполнителя / А.П. Сапунков – 30.10.1987. Бюл. №40.
6. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1380619, 4(51) А01В13/16, 49/04 – Устройство для нарезания и заполнения щелей наполнителем / П.П. Нужнов, В.С. Верещагин, В.П. Пучков, Р.Г. Загрядский – 15.03.1988. Бюл. №10.
7. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1410870, 4(51) А01В13/16, А01В49/04 – Способ борьбы с эрозией почв на склонах и устройство для его осуществления / Р.Г. Загрядский, С.А. Филин, В.М. Пучков, П.П. Нужнов, В.С. Верещагин – 23.07.1988. Бюл. №27.
8. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1570661, 5(51) А01В13/16 – Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным внесением в них наполнителей / А.Б. Абдуллаев, А.А.

Эйвазов, Т.С. Аливердизаде, Б.А. Алиев – 15.06.1990. Бюл. №22.

9. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1583003, 5(51) А01В49/06, 13/16 – Устройство для нарезки щелей с одновременным внесением в них органических удобрений / К.В. Петроградов – 07.08.1990. Бюл. №29.

10. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1713456, 5(51) А01В13/16 – Устройство для формирования направляющей щели / Е.И. Пономарев, В.А. Эм, Э.В. Цой, Т.Т. Адилов – 23.02.1992. Бюл. №7.

11. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1817948, 5(51) А01В13/16 – Устройство для нарезания щели с одновременным внесением заполнителя / И.И. Меньшиков – 30.05.1993. Бюл. №20.

12. Аугамбаев, М. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента: учебное пособие под. ред. д.т.н., профессора Рудакова Г.М. / М. Аугамбаев, А.З. Иванов, Ю.И. Терехов. – Ташкент: Укитувчи, 2004. – 336 с.

13. Базаров, М.К. тах информации при *tin* сложности методов количественного анализа (пособие начинающему исследователю) / М.К. Базаров, П.И. Огородников. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 357 с.

14. Бакаев, Н.М. Правильно вести снегозадержание / Н.М. Бакаев, И.А. Васько // Земледелие. – 1983. №12. – с. 22–23.

15. Бей, А.А. Плоскорезная обработка со щелеванием в почвозащитном севообороте / А.А. Бей // Земледелие. – 1984. №11. – с. 20–21.

16. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

17. Васильев, А.В. Тензометрирование и его применение в исследованиях тракторов / А.В. Васильев, Д.М. Раппопорт. – М.: Машгиз, 1963. – 339 с.

18. Васько, И.А. Щелевание почвы в Северном Казахстане / И.А. Васько // Земледелие. – 1986. №2. – с. 40–41.

19. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
20. Водная эрозия почв и борьба с ней / Под редакцией Д.Е. Ванина. – М.: Колос, 1977.
21. Высоцкий, А.А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин. – Изд. 3-е перераб. и доп. / А.А. Высоцкий. – М.: Машиностроение, 1969. – 291 с.
22. ГОСТ 20915-75 Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. – Введ. 19.06.1975. – М.: Государственный комитет стандартов совета министров СССР. – 41 с.
23. ГОСТ 23730-88 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 01.01.1988. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. – 26 с.
24. ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Введ. 13.10.2007. – М.: Стандартинформ.
25. Грибановский, А.П. Комплекс противозерозионных машин (теория, проектирование) / А.П. Грибановский, Р.В. Бидлингмайер. – Алма-Ата: Кайнар, 1990. – 256 с.
26. Гузенков, П.Г. Детали машин / П.Г. Гузенко. – М.: Высшая школа, 1975. – 464 с.
27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд. доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
28. Жалнин, Э. В. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами / Э. В. Жалнин, А. Н. Савченко. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 207 с.
29. Заславский, М. Н. Почвозащитное земледелие / М. Н. Заславский, А. Н. Каштанов. – М.: Россельхозиздат, 1979.
30. Иванов, А.И. Контрольно-измерительные приборы в сельском

хозяйстве: Справочник / А.И. Иванов, А.А. Куликов, Б.С. Третьяков. – М.: Колос, 1984. – 352 с., ил.

31. Игнашов, Т.П. Защита земель от водной эрозии в Венгрии / Т.П. Игнашов // Земледелие. – 1986. №10. – с. 54.

32. Казаков, Г. И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье / Г. И. Казаков, В. А. Милюткин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010. – 261 с.

33. Калинина, В.Н. Математическая статистика: Учеб. для техникумов / В.Н. Калинина, В.Ф. Панкин. – М.: Высш. шк., 1994. – 336 с.

34. Картамышев, Н.И. Минимальная обработка почвы на склонах / Н.И. Картамышев, Н.Ф. Гончаров, И.Я. Ремезюк // Земледелие. – 1986. №5. – с. 36–37.

35. Картамышев, Н.И. Развивать теорию, совершенствовать практику обработки почвы / Н.И. Картамышев, И.Т. Бардунов // Земледелие. – 1986. №2. – с. 26–29.

36. Картамышев, Н.И. Эффективность щелевания почвы при возделывании сельскохозяйственных культур на склонах / Н.И. Картамышев, В.А. Порядин, В.М. Солошенко. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1991. – 64 с.

37. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.

38. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.

39. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: ИК «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. – 208 с.

40. Ковриков, И.Т. Рекомендации по совершенствованию машин почвозащитного комплекса / И.Т. Ковриков. – М.: Колос, 1983. – 30 с.

41. Колесников, Л. Д. Борьба с засухой на Южном Урале / Л. Д. Колесников. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1982. – 136 с.

42. Колесников, Л. Д. Особенности земледелия на Южном Урале / Л. Д. Колесников. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1992.

43. Кононова, Н. Д. Основы сельскохозяйственного землепользования на Южном Урале: научная монография / Н.Д. Кононова, В.М. Кононов. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. – 276 с.

44. Константинов, М.М. Рекомендации по механизированной уборке зерновых культур, севу озимых и обработке почвы. / М.М. Константинов, А.П. Козловцев, И.В. Герасименко, И.Н. Глушков, С.С. Пашинин, К.С. Потешкин, И.Х. Галлиев, А.А. Буканов, И.В. Трофимов, И.Д. Найманов. – Оренбург: ОГАУ, 2015. – 46 с.

45. Константинов, М.М. Технологические настройки и регулировки машин для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур / М.М. Константинов, А.П. Козловцев, И.В. Герасименко, К.С. Потешкин, И.Х. Галлиев, А.А. Буканов, И.В. Трофимов, И.Д. Найманов. – Оренбург: ОГАУ, 2015. – 56 с.

46. Коренев, Г. В. Прогрессивные способы уборки и борьба с потерями урожая. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Коренев, А. П. Тарасенко. – М.: Колос, 1983. – 175 с.

47. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Издательство БГУ им. В.И. Ленина, 1982. – 303 с.

48. Кузьмин, Г.П. Новые противоэрозионные машины / Г.П. Кузьмин, А.П. Спиринов // Земледелие. – 1984. №11. – с. 53–56.

49. Кузьмин, М.В. Комплексная механизация уборки зерновых / М.В. Кузьмин, Ю.Г. Смирнов, И.Н. Кабаненков, Н.А. Жалнина. – М.: Россельхозиздат, 1975.

50. Курдюмов, Ю.Ф. Эффективность плоскорезной обработки почвы // Ю.Ф. Курдюмов, А.И. Фирсов // Земледелие. – 1986. №5. – с. 49–51.

51. Курс экономики под редакцией Б.А. Райзберг. – М.: Инфра-М, 1997. – 720 с.

52. Ломакин, М.М. Вертикальное мульчирование зяби. / М.М.

Ломакин, В.М. Кочедыков, А.А. Чернявский // Земледелие. – 1990. №1. – с. 39–41.

53. Ломакин, М.М. Мульчирующие обработки почвы / М.М. Ломакин // Земледелие. – 1985. №6. – с. 47–49.

54. Марадудин, А.М. Повышение эффективности работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата по накоплению и сохранению влаги в почве путем совершенствования его рабочих органов. Дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2009. – 179 с.

55. Машнев, М.М. Теория механизмов и машин и детали машин / М.М. Машнев, Е.Я. Красковский, П.А. Лебедев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1980. – 512 с.

56. Мероприятия по увеличению и стабилизации производства зерна в Оренбургской области / Научно-производственное объединение «Южный Урал». – Оренбург, 1990.

57. Методические рекомендации по использованию щелевателя почвы ЩП–3–70 и диагональных глубоких рыхлителей. – Киев, 1986. – 20 с.

58. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

59. Моргун, Ф.Т. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикун, А.Г. Тарарико. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1988.

60. Муха, В. Д. Картамышев, Н. И. Муха, Д. В. Агрочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. – М.: КолосС, 2003. – 528 с.

61. ОСТ 10.2.11-2000 Стандарт отрасли. «Машинные технологии производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Методы экономической оценки». – М.: Минсельхоз России. – 2000.

62. ОСТ 10 4.1-2001 Стандарт отрасли. «Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки функциональных показателей». – М.: Минсельхоз России. – 2001. – 43 с.

63. Пабат, И.А. Щелевание посевов озимой пшеницы. / И.А. Пабат // Земледелие. – 1986. №12. – с. 43–44.

64. Патент РФ на изобретение № 2011321, МПК А01В13/16 Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным внесением в них заполнителя / П.В. Мишин, В.А. Кузнецов, А.И. Филиппов, С.В. Чугунов, В.В. Калинин, В.В. Сергеев – 30.04.1994.

65. Патент РФ на изобретение № 2197797, МПК А01В13/16 Способ борьбы с эрозией почв на склонах и устройство для его осуществления / А.И. Канаев, Ю.А. Савельев, О.М. Парфенов, О.Г. Виноградов, Ю.В. Ларионов, Т.С. Нугманова, Б.А. Иралиев – 10.02.2003.

66. Патент РФ на изобретение № 2318302, МПК А01В13/00, А01С7/00 Почвообрабатывающе-посевной агрегат / С.А. Ивженко, П.В. Тарасенко, А.С. Ивженко, А.М. Марадудин, Д.С. Ефименко – 10.03.2008. Бюл. №7.

67. Патент РФ на изобретение № 2446655, МПК А01В49/06, А01В13/16 Почвообрабатывающий посевной агрегат / С.А. Ивженко, А.М. Марадудин, В.С. Майоров – 10.04.2012. Бюл. №7.

68. Патент РФ на изобретение № 2463753, МПК А01В13/16 Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой / М.М. Константинов, К.С. Потешкин, А.Н. Хмура, Б.Н. Нуралин – 01.04.2011.

69. Потешкин, К.С. Классификация сельскохозяйственных агрегатов для вертикального мульчирования почвы / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, И.В. Герасименко // Известия ОГАУ. – 2015. – №5. – С. 95–98.

70. Потешкин, К.С. Обоснование местоположения дополнительных приспособлений на рабочем органе плоскореза-глубококорытителя / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н. Хмура, Б.Н. Нуралин // Известия ОГАУ. – 2011. – №2. – С. 78–80.

71. Потешкин, К.С. Обоснование параметров почвообрабатывающего агрегата для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным мульчированием их соломой / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н.

Хмура // Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству: сб. докладов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ЦелинНИИМЭСХ. Ч. 2. – Костанай. – 2012. – С. 54–59.

72. Потешкин, К.С. Определение конструктивно-режимных параметров модернизированного щелевателя / К.С. Потешкин, И.В. Герасименко // Молодой учёный. – 2012. – №12. – С. 39–43.

73. Потешкин, К.С. Совершенствование технических средств для глубокого рыхления почвы / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н. Хмура, Б.Н. Нуралин // Известия ОГАУ. – 2011. – №4. – С. 101–104.

74. Потешкин, К.С. Сравнительная характеристика тягового сопротивления рабочих органов плоскореза / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н. Хмура // Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству: сб. докладов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ЦелинНИИМЭСХ. Ч. 2. – Костанай. – 2012. – С. 49–54.

75. Потешкин, К.С. Сравнительный анализ рабочих органов плоскореза-глубокорыхлителя на основе компьютерного моделирования / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н. Хмура, Б.Н. Нуралин // Вестник РАСХН. – 2012. – №1. – С. 39–41.

76. Потешкин, К.С. Теоретическое обоснование конструктивных параметров щелереза / К.С. Потешкин // Известия ОГАУ. – 2015. – №5. – С. 98–102.

77. Потешкин, К.С. Тяговое сопротивление плоскорезующей лапы с дополнительными рабочими органами / К.С. Потешкин, М.М. Константинов, А.Н. Хмура, Б.Н. Нуралин // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №11. – С. 36–38.

78. Почвы Оренбургской области / Под общей редакцией В.Д. Кучеренко. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1972.

79. Рекубрацкий, Г.М. Основные тенденции развития противоэрозионной техники / Г.М. Рекубрацкий, Н.А. Уфиркин. – М.:

ВНИИТЭИагропром, 1987. – 60 с.

80. Ряховский, А.В. Особенности плодородия почв и эффективности удобрений в степных районах Южного Урала / А.В. Ряховский. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1992.

81. Сазонов, И. Н. Система мероприятий против эрозии почв / И. Н. Сазонов, М. А. Штофель, А. И. Пилипенко. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 248 с.

82. Сельскохозяйственная техника для интенсивных технологий. Каталог / Составитель А.С. Астахов и др. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988.

83. Сельскохозяйственная техника. Каталог в трех томах. Том II. Часть I–II / Под общей редакцией академика ВАСХНИЛ В.И. Черноиванова. – М.: Информагротех, 1991.

84. Сельхозтехника – 84. Экспонаты СССР. – Внешторгиздат, 1984.

85. Сидоренко, Н.Я. Эффективность щелевания почвы / Н.Я. Сидоренко, Н.И. Картамышев, В.А. Порядин // Земледелие. – 1980. №1. – с. 22–25.

86. Титков, В. И. Адаптивная технология выращивания крупяных культур на Южном Урале / В. И. Титков, А. В. Ряховский, В. В. Каракулев. – М.: КолосС, 2005. – 196 с.

87. Толчельников, Ю. С. Эрозия и дефляция почв. Способы борьбы с ними / Ю. С. Толчельников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 158 с.

88. Уборка урожая комбайнами «Дон» / Сост. М. К. Комарова. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 220 с.

89. Хижняк, А.А. Экономическая эффективность новой сельскохозяйственной техники / А.А. Хижняк, Е.А. Денисова. – Оренбург: ОГАУ, 2005. – 84 с.

90. Хмура, А.Н. Совершенствование конструкции рабочего органа плоскореза-глубококорытителя. Дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург, 2012.

91. Ягодов, О.П. Практика тензометрирования / О.П. Ягодов, Б.Ф. Соколов. – Челябинск: , 1972. – 83 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2463753

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРЕЗКИ ВОДОПОГЛОЩАЮЩИХ
ЩЕЛЕЙ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ ИХ
СОЛОМОЙ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный аграрный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011112729

Приоритет изобретения **01 апреля 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **20 октября 2012 г.**

Срок действия патента истекает **01 апреля 2031 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 463 753** (13) **C1**(51) МПК
A01B 13/16 (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011112729/13, 01.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.04.2011

(45) Опубликовано: 20.10.2012 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1091866 А, 15.05.1984. SU 532352 А,
06.12.1976. SU 1242007 А1, 07.07.1986. SU
1134123 А, 15.01.1985.

Адрес для переписки:

460795, г.Оренбург, ул. Челюскинцев, 18,
ФГОУ ВПО ОГАУ

(72) Автор(ы):

Константинов Михаил Маирович (RU),
Потешкин Константин Сергеевич (RU),
Нуралин Беккет Нургалиевич (RU),
Хмура Александр Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Оренбургский государственный аграрный
университет" (RU)**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРЕЗКИ ВОДОПОГЛОЩАЮЩИХ ЩЕЛЕЙ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ ИХ СОЛОМОЙ**

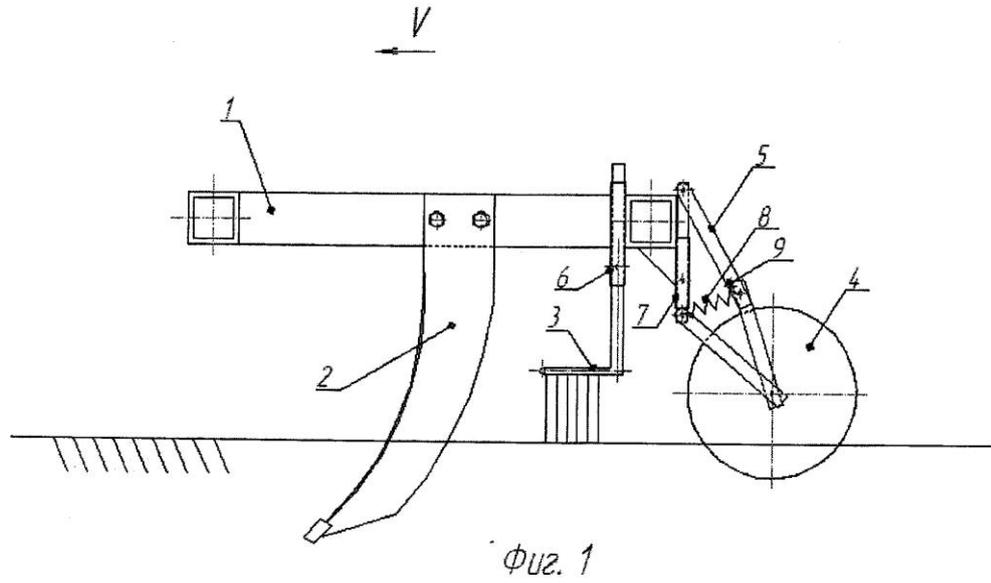
(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано для обработки почв, подверженных водной эрозии. Устройство включает раму с установленными на нее щелерезом, направляющими и заделывающими рабочими органами. Направители выполнены

в виде граблин. Заделывающий рабочий орган выполнен в виде свободно вращающегося диска. Такое конструктивное выполнение позволит улучшить водопоглощающую способность щели и снизить тяговое сопротивление орудия путем уменьшения сил трения рабочих органов о почву и солому. 2 ил.

RU 2 4 6 3 7 5 3 C 1

RU 2 4 6 3 7 5 3 C 1



RU 2 4 6 3 7 5 3 C 1

RU 2 4 6 3 7 5 3 C 1

RU 2 463 753 C1

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано для обработки почв, подверженных водной эрозии.

Известно устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой (а.с. №532352 МПК А01В 13/16, 1972 г.), включающее раму с последовательно установленными на ней щелерезом, грабельными колесами для подачи соломы, обжимным устройством и уплотняющим катком.

Недостаток данного устройства в том, что часть соломы, поданной грабельными колесами к обжимному устройству, попадает на дугообразную рамку и перемещается вместе с ней, в результате солома скапливается перед обжимным устройством, что может привести к его забиванию. Кроме того, солома цепляется за вращающиеся прутья грабельных дисков и под действием центробежной силы перекидывается мимо обжимного устройства, вследствие чего часть соломы теряется.

Наиболее близким техническим решением является устройство (а.с. №1091866 МПК А01В 13/16, 1982 г.), содержащее раму с последовательно установленными на нее щелерезом, направляющими в виде пар отвалов, заделывающими рабочими органами в виде уплотняющих лап и катком.

Однако это устройство не обеспечивает достаточного качества заделки заломы в щель, так как направлятели, выполненные в виде сплошных отвалов, вместе с соломой сгребают и некоторое количество комков почвы, уменьшая при этом глубину щели и снижая ее водопоглощающую способность. Кроме того, в результате возникающих сил трения скольжения отвалов о почву и заделывающих рабочих органов о солому значительно увеличивается тяговое сопротивление орудия.

Задача изобретения: улучшение водопоглощающей способности щели и снижение тягового сопротивления орудия путем уменьшения сил трения рабочих органов о почву и солому.

Технический результат достигается тем, что на раме устройства для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой установлены направлятели, выполненные в виде граблин, сгребаящих к щели солому и не захватывающих при этом почву, и заделывающий рабочий орган, выполненный в виде свободно вращающегося диска.

На фиг.1 изображено устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой, вид сбоку; на фиг.2 - то же, вид сверху.

Устройство для нарезки водопоглощающих щелей состоит из навесной рамы 1, на которой последовательно крепятся щелерез 2, два направлятеля в виде граблин 3 и заделывающий рабочий орган, представляющий собой заделывающий диск 4, присоединенный к раме 1 посредством параллелограмного механизма 5 с возможностью регулировки по высоте. Регулировки направлятелей и заделывающего диска по высоте осуществляются с помощью регулировочных устройств 6 и 7 соответственно. Граблины установлены под определенным углом друг к другу таким образом, чтобы солома при движении агрегата сгребалась к щели.

Параллелограммный механизм 5 содержит пружину 8 и стопор 9.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. В момент начала движения агрегата по полю навесная рама 1 опускается, при этом щелерез 2 входит в почву на необходимую глубину. Щелерез 2 прорезает в почве щель, при этом солома, предварительно измельченная и разбросанная во время уборки по поверхности почвы, собирается граблинами 3 и подается в область щели. Далее заделывающий диск 4 заделывает поданную граблями 3 солому внутрь щели. При наезде заделывающего диска 4 на препятствие пружина 8 растягивается и диск отводится вверх, избегая

RU 2 463 753 C1

поломки. После преодоления препятствия пружина сжимается и возвращает заделывающий диск в исходное положение. Сжатие пружины ограничивает стопор 9.

Формула изобретения

5 Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным заполнением их соломой, включающее раму с установленными на нее щелерезом, направляющими и заделывающими рабочими органами, отличающееся тем, что направляющие выполнены в виде граблин, а заделывающий рабочий орган выполнен в виде свободно
10 вращающегося диска.

15

20

25

30

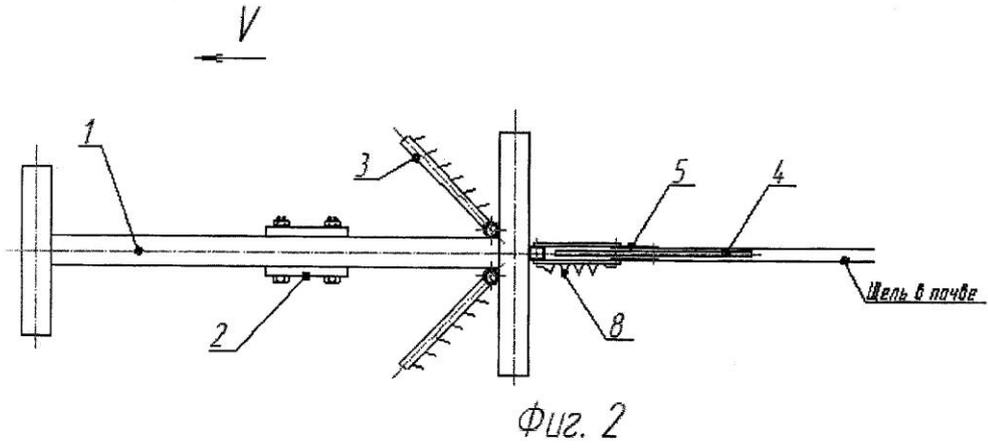
35

40

45

50

RU 2 463 753 C1





СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

**областной выставки научно-технического
творчества молодежи
«HTTM-2012»**

настоящим сертификатом удостоверяется, что

**Потешкин Константин Сергеевич,
Хмура Александр Николаевич,
Кафизов Рафаиль Рашитович**

приняли участие в Выставке с проектом

**«Устройство для нарезки водопоглощающих щелей с
одновременным заполнением их соломой»**

Руководитель проекта: профессор Константинов М.М.

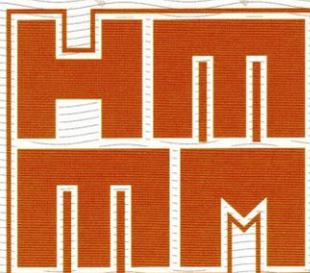
**Заместитель министра образования
Оренбургской области**

А.Ф. РАСТОПЧИН

**Председатель СМУиС
Оренбургской области**

С.Е. МАКАРОВ

г. Оренбург 2012 г.



ХII ВСЕРОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ

ДИПЛОМ

Награждается

**Потешкин Константин Сергеевич
Михайловских Олег Петрович**

за проект: «**Инновационный культиватор-
плоскорез**»

Оренбургский государственный аграрный университет



Генеральный директор
ОАО «ГАО ВВЦ»

А.Е. Микушко

Москва, ВВЦ
26-29 июня 2012 г.





ДИПЛОМ

победителя областной выставки
научно-технического творчества молодежи
«НТТМ-2013»

награждается

**Потешкин Константин Сергеевич
Галлиев Илсур Халифович**

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный
университет»

за проект

*«Инновационный щелеватель обеспечивающий
накопление почвенной влаги»*

Руководитель: Константинов Михаил Маерович

Министр образования
Оренбургской области



В.А. Лабузов
г. Оренбург
2013 г.

В.А. ЛАБУЗОВ



**VIII САРАТОВСКИЙ
САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ,
ИННОВАЦИЙ И ИНВЕСТИЦИЙ**

ГРАМОТА

награждается

Константинов М.М., Потешкин К.С.

**ФГБОУ ВПО «Оренбургский
государственный аграрный
университет»**

за проект

**Инновационный щелеватель,
обеспечивающий накопление
почвенной влаги**

**Министр
промышленности и энергетики
Саратовской области
С.М. ЛISOVCKИЙ**

**Ректор
Саратовского государственного
аграрного университета
имени Н.И. Вавилова
Н.И. КУЗНЕЦОВ**

МОЛОДОЙ
УЧЁНЫЙ

г. Казань
Октябрь 2015

СЕРТИФИКАТ

ПОТЕШКИН
Константин Сергеевич

принимал участие в
IV Международной научной конференции

«Современные тенденции технических наук»

<http://www.moluch.ru/conf/tech/archive/163/>



Главный редактор
Издательства «Молодой ученый»
д.ф.н., проф. Г.Д. Ахметова

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной
работе ФГБОУ ВО ОГАУ,
д.т.н., профессор
Г.В. Петрова
«06» октября 2015г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор НПЦ «Учебно-
опытное поле»
А.Ю. Карязин
«06» октября 2015г.



Акт внедрения
научно-исследовательской работы

Наименование работы. Щелеватель с модернизированными рабочими органами.

10 августа 2015 г. комиссия в составе: директора научно-производственного центра «Учебно-опытное поле» директора А.Ю. Карязина и представителей кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Оренбургский государственный аграрный университет: доктора технических наук, профессора М.М. Константинова и аспиранта К.С. Потешкина составила настоящий акт в том, что в НПЦ «Учебно-опытное поле» внедрен щелеватель с модернизированными рабочими органами.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы.

В 2013 году на базе чизельного плуга ПЧ-2,5 был изготовлен щелеватель с предлагаемыми модернизированными рабочими органами. Во время осенней (озимой) обработки почвы этим щелевателем было обработано 250 га.

2. Техничко-экономические показатели внедрения.

Применение щелевателя с модернизированными рабочими органами позволило увеличить влажность почвы на 24 – 28 %. Урожайность пшеницы увеличилась в среднем на 28 – 31 %.

3. Предложения о дальнейшем внедрении работы и др. замечания.

Щелеватель с предложенными модернизированными рабочими органами предлагается для более широкого внедрения в хозяйствах, расположенных в сухостепной зоне Южного Урала.

 А.Ю. Карязин

 М.М. Константинов

 К.С. Потешкин

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по научной
 работе ФГБОУ ВО ОГАУ,
 д.с.х.н., профессор
 Т.В. Петрова
 «28» октября 2015 г.



УТВЕРЖДАЮ
 Директор КФХ «Абсалямов М.Н.»
 М.Н. Абсалямов
 «28» октября 2015 г.



**АКТ
 О ПРОВЕДЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ С
 МОДЕРНИЗИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

Мы, нижеподписавшиеся, директор КФХ «Абсалямов М.Н.» Мидхат Нигматуллович Абсалямов, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», доктор технических наук Михаил Маерович Константинов и аспирант Константин Сергеевич Потешкин составили настоящий акт в том, что с 15 по 28 октября 2014г. в КФХ «Абсалямов М.Н.» (Переволоцкий район Оренбургской области) были проведены производственные испытания щелевателя с модернизированными рабочими органами. Для этого на базе чизельного плуга ПЧ-2,5 был изготовлен опытный образец щелевателя с модернизированными рабочими органами предложенной конструкции, опытное поле было разбито на участки, которые обрабатывались при различных эксплуатационных и агротехнологических параметрах работы и фиксировались результаты работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Глубина обработки, см	35 – 41
Влажность почвы, %	17 – 21
Сохранение соломы на поверхности почвы, %	32,4 – 35,6
Неравномерность хода рабочих органов по глубине, %	6,6 – 9,2
Производительность за 1 час основного времени, га/ч	1,2 – 2,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Щелеватель с модернизированными рабочими органами имеет удовлетворительные агротехнические показатели.

 М.Н. Абсалямов
 М.М. Константинов
 К.С. Потешкин

Оборудование для определения агротехнических показателей



а)



б)

а) бур и бюксы для отбора проб на влажность

б) твердомер Ревякина для определения твердости почвы

Общий вид предлагаемого щелевателя



Общий вид щели с заделанной в нее соломой



Колосья озимой пшеницы, выращенные: слева – на поле, обработанном серийным щелевателем; справа – на поле, обработанном предложенным щелевателем



