

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»**

На правах рукописи



ЧУРЛЯЕВА ОКСАНА НИКОЛАЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОСНОВНОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
(на примере возделывания сои)**

**Специальность 05.20.01 – «Технологии и средства механизации
сельского хозяйства»**

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Старцев С.В.**

Саратов 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	10
1.1. Производство и значение сои	10
1.2. Базовая технология производства сои в Саратовской области и критерии оценки её эффективности.....	14
1.2.1. Базовая технология производства сои в Саратовской области.....	14
1.2.2. Оценка эффективности производства сои по расходу топлива.....	16
1.2.3. Оценка эффективности производства сои по производительности и затратам труда.....	17
1.3. Машины, применяемые для основной обработки почвы	19
1.3.1. Лемешно-отвальные плуги общего назначения.....	19
1.3.2. Дисковые почвообрабатывающие орудия.....	26
1.3.3. Комбинированные почвообрабатывающие орудия.....	29
1.4. Машины, применяемые для полива.....	32
1.5. Перспективное направление снижения затрат труда и повышения урожайности сои.....	35
1.5.1. Повышение эффективности технологического процесса полива.....	35
1.5.2. Улучшение структуры обрабатываемого слоя почвы.....	39
Выводы по разделу.....	43
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	44
2.1. Анализ затрат труда технологий производства сои при основной обработке почвы лемешно-отвальными плугами.....	44
2.1.1. Анализ затрат труда по базовой технологии при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПНЛ-8-40.....	46
2.1.2. Анализ затрат труда при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПБС-8М.....	50
2.2. Повышение впитывающей способности почвы щелчеванием.....	53
2.3. Анализ затрат труда при основной обработке почвы	

пахотными агрегатами К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПЩК-3,8.....	63
2.4. Комбинированный технологический процесс основной обработки почвы в орошаемом земледелии.....	65
2.4.1. Анализ затрат труда при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПБФР-5.....	67
2.5. Улучшение структуры почвы при основной обработке почвы	69
Выводы по разделу.....	73
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	75
3.1. Программа проведения экспериментальных исследований.....	75
3.2. Объект исследования.....	76
3.3. Технические средства, используемые для экспериментальных исследований	76
3.4. Методика экспериментальных исследований определения эксплуатационных показателей плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и плуга-рыхлителя ПБФР-5.....	80
3.5. Методика полевых исследований впитывания влаги почвой.....	82
3.6. Методика экспериментальных исследований определения технологических показателей плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и плуга-рыхлителя ПБФР-5.....	85
3.7. Методика обработки результатов исследований.....	93
4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	94
4.1.. Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей плугов при обработке почвы в орошаемом земледелии.....	94
4.1.1. Условия проведения полевых исследований.....	94
4.1.2. Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40.....	95

4.1.3. Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-8М.....	96
4.1.4. Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБФР-5.....	98
4.2. Результаты и анализ исследований впитывания воды почвой.....	100
4.3. Результаты и анализ исследований технологических показателей плугов при обработке почвы в орошаемом земледелии.....	103
4.3.1. Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40.....	103
4.3.2. Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-8М.....	108
4.3.3. Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПБФР-5.....	115
Выводы по разделу.....	119
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	120
5.1. Экономическая эффективность технологии производства сои в орошаемом земледелии.....	120
5.2. Результаты внедрения рациональной технологии производства сои в орошаемом земледелии.....	126
Выводы по разделу.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	132
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Важнейшей задачей сельского хозяйства является увеличение производства зерна сельскохозяйственных культур при одновременном сохранении и увеличении почвенного плодородия, особенно в районах подверженных ветровой и водной эрозии, с малым количеством атмосферных осадков. За последние годы в Саратовской области все больше площадей стали отводить под посев сои. Производство соевых бобов в области выросло с 2010 года к 2015 году на 68% и достигло уровня 22,8 тыс. тонн [95], при увеличении посевных площадей с 5,8 до 18 тыс.га [95]. На получение высокого урожая сои в Саратовской области оказывает негативное влияние, высокая температура воздуха и малое количество атмосферных осадков выпадающих в период роста и развития растений, а также недостаточное количество запасов осенне-зимней влаги в обрабатываемом слое почвы [87]. Поэтому производство сои в основном выполняется на поливных площадях по технологии с большим количеством различных машин и орудий, отличающихся между собой по эксплуатационным и технологическим показателям. Снижение потенциальной урожайности сои также сопряжено с недостаточно плодородным низко структурированным пахотным слоем, аккумулирующим крайне малый объём выпадающих осадков и быстро испаряющейся воды из почвы при поливе [40].

Таким образом, научная задача состоит в повышении эффективности применения рациональных ресурсосберегающих технологий и высокопроизводительных машин основной обработки почвы на орошении, которые бы не истощали землю, а напротив, обогащали почву органическими веществами, улучшали её структуру и повышали впитывающую способность воды почвой.

Степень разработанности. Исследованиям механизации технологических процессов основной обработки почвы посвящены

классические труды основоположника земледельческой механики академика Горячкина В.П., а также работы: Бойкова В.М., Борисенко И.Б., Василенко П.М., Ветохина В.И., Виноградова В.И., Гуреева И.И., Гячева Л.В., Желиговского В.А., Князева А.А., Кушнарера А.С., Листопад Г.Е., Мацепуро М.Е., Панова И.М., Путрина А.С., Пындак В.И., Рыкова В.Б., Саакян Д.Н., Сакуна В.А., Синеокова Г.Н., Спирина А.П., Старцева С.В., Токушева Ж.Е., Труфанова В.В., Н.В. Щучкина, и многих других ученых.

Вопросам эффективности использования машин в орошаемом земледелии посвящены работы Давлетова Г.Г., Елютина С.Б., Костякова А.Н., Колесникова Ф.И., Кравчука А.В., Лебедева Б.М., Ольгаренко Г.В., Слюсаренко В. В., Соловьева С.А., Тарасова Л.И., Харченко С.И. и других ученых.

На основе базовой технологии производства зернобобовых культур, представленной в Федеральном регистре использования технологий и технологических адаптеров производства сельскохозяйственных культур Р-ТБ-1.0.- Р-ТБ-6.0.[115], разработана рациональная технология производства сои в орошаемом земледелии, оценка эффективности которой проведена по основному эксплуатационно-технологическому показателю – затратам труда.

Цель исследований: Повышение эффективности производства сои в орошаемом земледелии за счет улучшения эксплуатационно-технологических показателей пахотных агрегатов.

Задачи:

1. Провести анализ технологии производства сои и определить направление её совершенствования в условиях орошаемого земледелия.

2. Обосновать повышение эксплуатационно-технологических показателей агрегатов для основной обработки почвы и и определить затраты труда при их использовании.

3. Экспериментально проверить влияние эксплуатационно-технологических показателей агрегатов для основной обработки почвы на снижение затрат труда технологии производства сои на орошении.

4. Провести производственную проверку и дать экономическую оценку рациональной технологии производства сои в условиях орошаемого земледелия.

Научная новизна заключается в анализе эффективности технологии производства сои в орошаемом земледелии по эксплуатационному показателю - затратам труда, в оценке эффективности технологии основной обработки почвы и полива по коэффициенту интенсивности поглощения воды почвой, в применении теории вероятностей функции распределения дискретных случайных величин для оценки равномерности распределения незерновой части урожая по профилю обрабатываемого пахотного слоя, улучшающей структуру почвы.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая оценка эффективности всей технологии производства сои в орошаемом земледелии проведена по эксплуатационно-технологическому показателю – затратам труда, которые при использовании в технологии плуга ПНЛ-8-40 составляют 770 чел.ч, при использовании в технологии плуга ПБС-8М – 714 чел.ч, а при использовании в технологии плуга-рыхлителя ПБФР-5 – 592 чел.ч. Установлен коэффициент интенсивности поглощения воды почвой $k_{\text{и}}$ пропорционально влияющий на затраты труда операции полива. Для оценки равномерности распределения незерновой части урожая по профилю обрабатываемого пахотного слоя использованы законы распределения случайной величины по теории вероятностей.

Использование при производстве сои в орошаемом земледелии пахотного агрегата К-701+ПБФР-5 способствует снижению общих затрат труда за счет применения рациональной технологии в сравнении с использованием агрегатов К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПБС-8М соответственно на 23,1 и 19,47%. Интенсивность поглощения влаги почвой после обработки плугом ПБФР-5 увеличивается на 32-44%. При работе ПБФР-5 незерновая часть урожая перемешивается с раскрошенной почвой,

образуя мульчирующий слой, а характер распределения её по профилю пахотного слоя способствует улучшению структуры почвы.

Технология основной обработки почвы плугами ПНЛ-8-40, ПБС-8М и ПБФР-5 применяемая при производстве сои на орошении проводилась в условиях АО «Агрофирма «Волга» Марковского района, УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ и ИП глава К(Ф)Х Кулибаба В.В. Энгельсского района Саратовской области.

Методология и методы исследования. В методологию входит системный подход, позволяющий раскрыть целостность объекта исследований и выявляющий взаимообусловленность связей между рабочими органами и обрабатываемым слоем почвы в орошаемом земледелии. Общая методика исследований предусматривала анализ эффективности всей технологии производства сои в орошаемом земледелии по эксплуатационно-технологическому показателю – затратам труда. Теоретические исследования проводились с использованием основных положений классической и земледельческой механики, мелиорации земель, математики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторно-полевых и хозяйственных условиях в соответствии с действующими ГОСТами и СТО АИСТ. Обработка результатов экспериментов выполнялась с использованием статистических методов с применением ПК.

Научные положения, выносимые на защиту: анализ эффективности производства сои в орошаемом земледелии по критерию затрат труда; обоснование интенсивности поглощения воды почвой; распределение незерновой части урожая в обрабатываемом слое почвы при использовании различных почвообрабатывающих орудий.

Степень достоверности и апробация. Теоретические исследования подтверждаются экспериментальными опытами с доверительной вероятностью 0,95. Результаты исследований доложены и одобрены на научно-практических конференциях кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК» СГАУ им. Н.И. Вавилова в 2013-

2017гг., на Международной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. (г. Саратов, 2013г.); на Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства» (г. Саратов, 2013г.); на XI Международной научно-практической конференции «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия» (г. Новосибирск, 22-23.05.2015г.); на XV Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (г. Москва, 25-27.06.2015г.); на III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях» (г. Санкт-Петербург, 11.01.2016г.); на Международном интеллектуальном конкурсе студентов и аспирантов «Discovery Science: University -2016» (г. Москва, 25.04.2016г.).

Исследования выполнены в соответствии с областной программой «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области на 2014-2020 годы» (постановление Правительства области от 02.10.2013 N 520-П (ред. от 09.02.2017), а также «Концепцией развития агропромышленного комплекса Саратовской области до 2020 года» (п.п. 3.4.3 Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК).

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Производство и значение сои

Соя занимает первое место в мировых ресурсах производства масла, шрота и комбикормов, имеет большой удельный вес в региональных и национальных продовольственных программах.

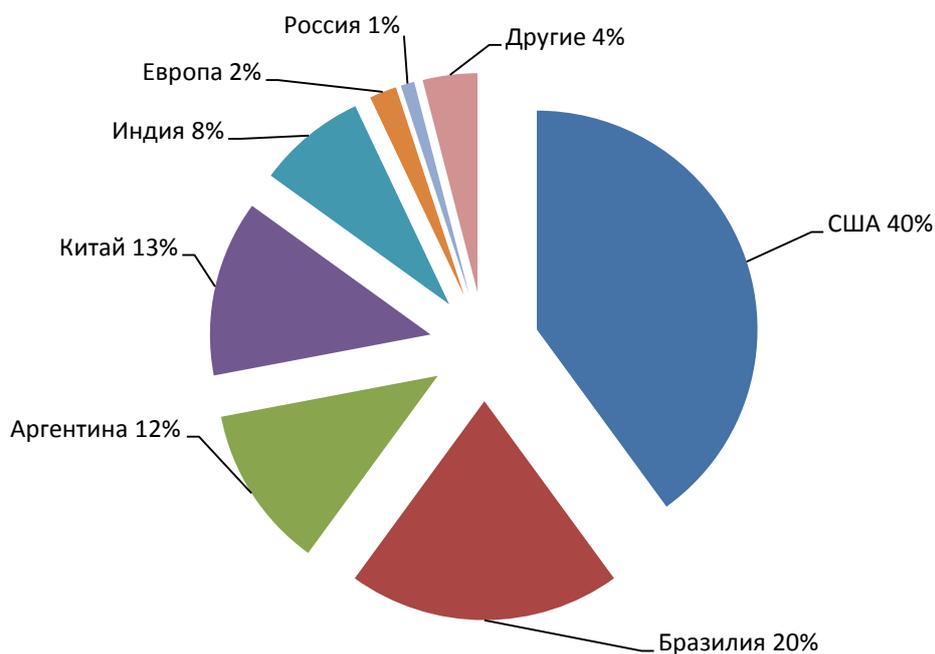


Рисунок 1.1 - Мировое производство сои.

В настоящее время самые большие посевные площади сои находятся в США (около 35-40% от мировых), Бразилии (20%), Аргентине (12%), Китае (12-13%) и Индии (8%) [86]. В Европе сосредоточено около 2% от общей площади мировых посевов сои. Площади России составляют 0,7 – 1 % от общей площади сои в мире. Средняя мировая урожайность составляет примерно 22,5 ц/га.

Международный совет по зерну (IGC) [86] прогнозировал рост мирового производства сои в 2016 году до 336 млн тонн, что больше показателя прошлого года на 21 млн тонн.

С точки зрения экономики соя относится к одной из самых рентабельных культур. Президент Российского Соевого Союза А.П. Устюжанин указывает, что рентабельность производства сои не опускается ниже 100%, а в благоприятные годы может достигать и 500%.

Зонами выращивания сои в России являются:

- Дальневосточный федеральный округ, в этой зоне размещается более 88% посевов сои и производится более 86 % ее валового сбора в стране;
- Южный федеральный округ, в этой зоне размещается 9,6% посевов сои и производится более 13% ее валового сбора;
- Приволжский, Уральский, Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский экономические районы – остальные 1,5% посевов и 1% валового сбора бобов сои (Рисунок 1.2).

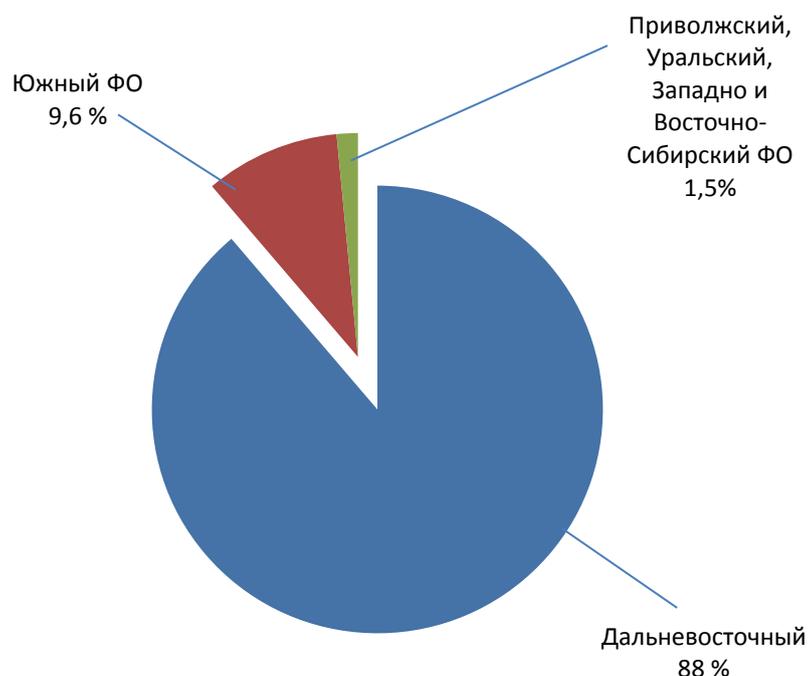


Рисунок 1.2 - Производство сои в Российской Федерации

Из рисунка 1.2. видно, что на Приволжский ФО производство сои приходится менее 1 % всех площадей Российской Федерации. Основными поставщиками этой культуры являются Амурская область 24,4% и Краснодарский край 19,2%.

Производство сои в Российской Федерации начиная с 2000 годов наращивается большими темпами и в 2012г достигло 1 млн.806 тыс.тонн (Рисунок 1.3). Что соответствует более пятикратному росту объемов.

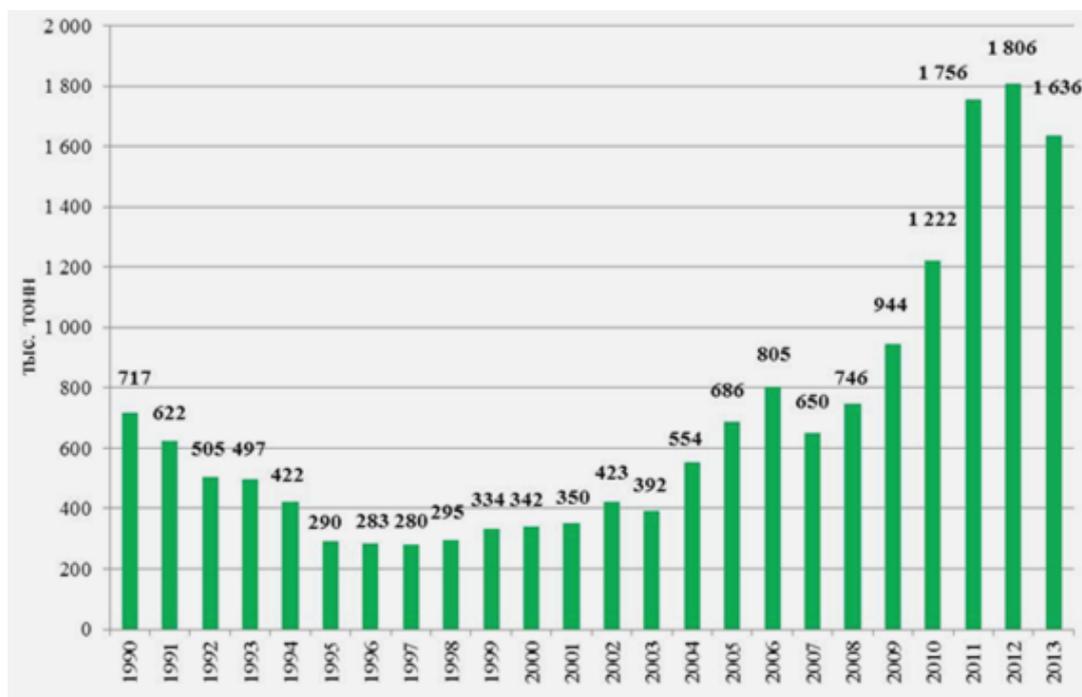


Рисунок 1.3 - Валовые сборы в Российской Федерации сои за1990-2013 г.г.

За последние годы все большие площади стали отводить под посев сои на полях Саратовской области. Производство соевых бобов область с 2010 года непрерывно наращивала и в 2015 году посевные площади сои в области заняли 18,0 тыс. га (Рисунок 1.4) при этом производство достигло уровня 22,8 тыс. тонн (Рисунок 1.5).

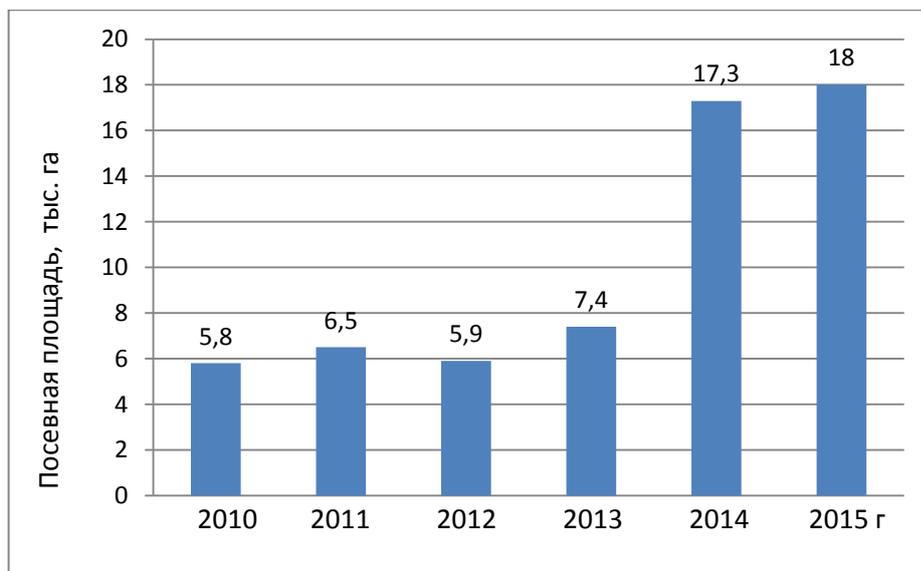


Рисунок 1.4 - Посевные площади сои в Саратовской области

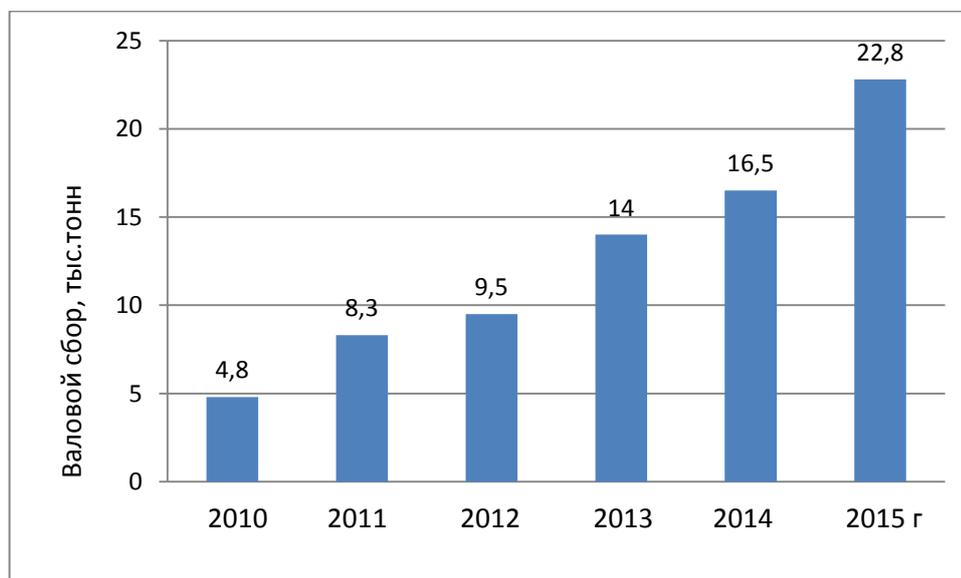


Рисунок.1.5 - Производство сои в Саратовской области

Очевидно для того, чтобы повысить валовой сбор сои необходимо не только увеличивать посевные площади сои, но и повысить эффективность технологии производства сои в Саратовской области.

1.2 Базовая технология производства сои в Саратовской области и критерии оценки её эффективности

1.2.1 Базовая технология производства сои в Саратовской области

В настоящий период производство сои в Саратовской области на орошаемых площадях выполняется по следующей базовой технологии, рекомендуемой Федеральным регистром использования технологий и технологических адаптеров производства сельскохозяйственных культур Р-ТБ-1.0.- Р-ТБ-6.0.[115]. Схема такой технологии возделывания сои, представлена на рисунке 1.6.

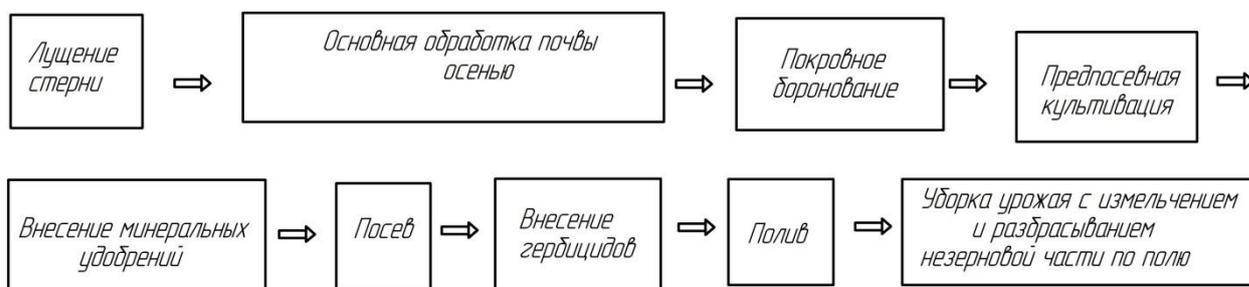


Рисунок 1.6 - Схема базовой технологии производства сои

Из рисунка 1.6 видно, что в перечне операций базовой технологии производства сои присутствуют практически все операции для возделывания и уборки зернобобовых культур.

Комплекс машин для реализации базовой технологии в соответствии с Федеральным регистром представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Комплекс машин для производства сои на орошении

№ пп	Наименование операции	Наименование машины	Марка машины
1	Уборка зернобобовых культур с измельчением и разбрасыванием незерновой части по поверхности поля	Зерноуборочный комбайн	СК-5М «Нива», ДОН-150Б, Вектор-425/410, Acros-595, Acros-585/550, Torum-780/750, RSM-161, Енисей-1200, КЗС-1218 "Палессе GS12"
2	Лушение стерни	Дисковый луцильник, дисковая борона	ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛДГ-20, БДТ-7, БД-10

3	Основная обработка почвы	Лемешно-отвальный плуг, дискаторы, дисковые и комбинированные почвообрабатывающие орудия	ПЛН-5-35, ПЛН-8-35, ПНЛ-8-40, ПБС-5М, ПБС-8М, ППО-8-40, БДМ-4х4, БДМ-6х4П, БДТМ-4х4, БДТМ-6х4
4	Покровное боронование	Борона зубовая	БЗТС-1,0, БЗСС-1,0
5	Предпосевная культивация	Культиватор для сплошной обработки почвы	КПС-4, КБМ-8П, ККН-6,2; КНК-10, ККШ-11,3; КПК-12, КПО-13, КУК-8П
6	Внесение минеральных удобрений	Разбрасыватель минеральных удобрений	1РМГ-4, МВУ-8, МВУ-12, РУМ-8, РУМ-16
7	Посев зернобобовых культур	Сеялка зернотуковая, посевной комплекс	СЗ-3,6; СЗ-5,4; СЗБ-9; АУП-18.05; КСКП-2,1х7; МПП-9
8	Внесение гербицидов	Опрыскиватель	МКП-5, ОП-2000, ОПШ-15, ОПШ-3200
9	Полив	Дождевальная машина, установка, агрегат	ДДН-100АМ, ДМ «Волжанка», ДМУ «Фрегат», ДМА-100МА

Согласно базовой технологии и комплекса машин приведенных в таблице 1.1 после уборки предшественников подготовка почвы заключается в проведении лущения стерни на глубину 8–10 см, внесении удобрений, пахоте, на глубину 22–25 см после зерновых предшественников и на глубину 25–30 см – после кукурузы. Ранней весной при наступлении физиологической спелости почвы выполняется покровное боронование тяжелыми или средними зубовыми боронами. Боронуют поперек или под углом к направлению пахоты в 1–2 следа.

При длительной холодной весне проводят культивацию на глубину 6–8 см со следующим прикатыванием. Последнее повышает температуру посевного слоя на 1,5–3°C и стимулирует прорастание сорняков, которые уничтожаются следующей предпосевной культивацией. Предпосевную культивацию проводят паровыми культиваторами со стрельчатыми лапами на глубину 4–5 см в агрегате с боронами или комбинированными агрегатами. Культивацию проводят поперек или под углом к направлению предыдущих обработок. Нужно, чтобы поверхность поля была выравнена, не содержала

комков, поскольку низкое размещение бобов требует низкого среза при уборке. Высота гребней и глубина борозд не должна превышать 4 см.

Перед посевом сои вносят основную дозу минеральных удобрений, для их успешного действия почва должна иметь мелкокомковатую структуру, а в верхнем его слое обязательно должна быть влага. Значительное количество влаги требуют также семена сои для прорастания. Для набухания и нормального прорастания семян требуется 130-160 % воды от своей массы [10, 127, 128].

Дальнейший уход за растениями включает 2-3 полива [9, 31, 100]. В это время вносятся почвенные гербициды, которые эффективны только при наличии влаги в верхнем слое почвы. Затем выполняется уборка урожая прямым комбайнированием зерноуборочными комбайнами оборудованными измельчителями.

Очевидно, для повышения эффективности производства сои необходимо знать от чего в основном зависит эта эффективность и чем эта эффективность оценивается.

1.2.2 Оценка эффективности производства сои по расходу топлива

Согласно нормативам выработки и расхода топлива на выполнение полевых механизированных работ [29, 43, 97] расход топлива на один гектар обработанной площади при выполнении данной базовой технологии производства сои представлен на рисунке 1.7.

Анализируя распределение затрат топлива при выполнении механизированных операций технологии производства сои видно, что на всю технологию затрачивается 81,8 кг дизельного топлива. Наиболее энергозатратными операциями является технология основной обработки почвы – отвальная вспашка 24,9 кг/га.

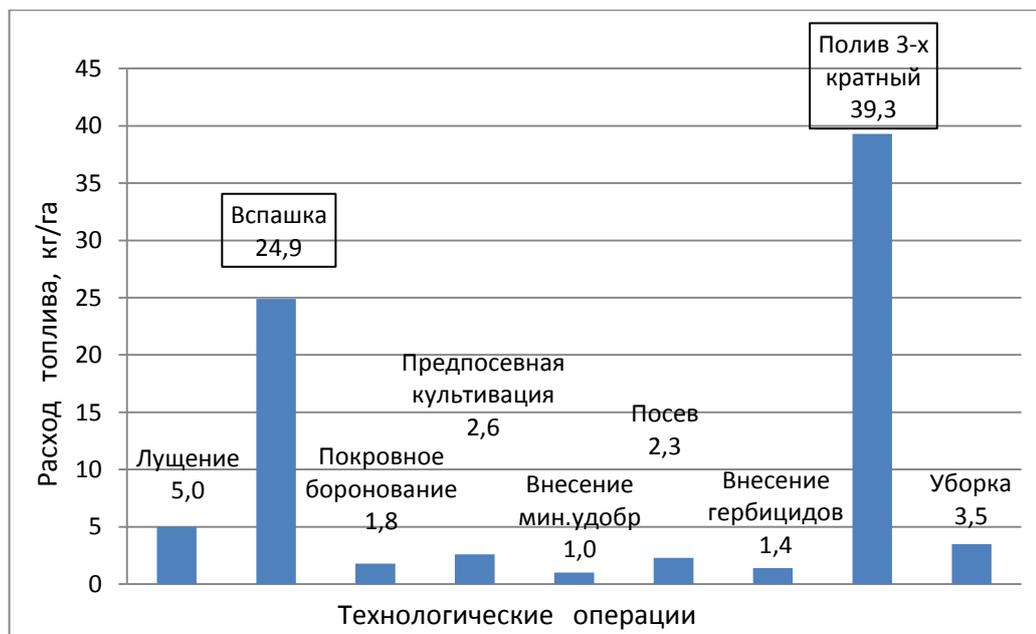


Рисунок 1.7 - Диаграмма распределения расхода топлива на механизированные работы по технологическим операциям

Из типовых технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур [29] установлено, что при использовании дождевальной машины ДДА-100АМ при трехкратном проведении поливов затраты топлива на 1 га орошаемой площади составляют: 1-й вегетационный полив 10,1 кг/га, 2-й вегетационный полив 13,1 кг/га и 3-й вегетационный полив 16,1 кг/га. Итого 39,3 кг/га.

1.2.3 Оценка эффективности производства сои по производительности и затратам труда

Очевидно, что снижение энергоемкости на основной обработке почвы и поливе в целом даст снижение энергоемкости всей технологии возделывания сои. Известно [25, 76, 103, 118, 130], что энергоемкость процесса зависит от производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) измеряемая в величине обработанной площади в единицу времени. Однако сумма производительности всех МТА на операциях технологии возделывания культуры не может дать объективной оценки эффективности механизации производства сои.

Поэтому оценить эффективность механизации технологии производства сои согласно ГОСТ 23730-88 [26] можно по эксплуатационным показателям, среди которых главными являются затраты человеческого труда. Затраты труда Z_T на производство сои можно рассчитать на единицу работ по операциям:

$$Z_m = (m_m + m_{bc}) / W_q, \quad (1.1)$$

где m_m и m_{bc} – соответственно число механизаторов и вспомогательных рабочих, занятых на выполнении операции, чел.;

W_q – производительность машинно-тракторного агрегата на операции, га/ч.

Из выражения (1.1) видно, что затраты труда обратно пропорциональны часовой производительности и чем меньше величина затрат труда, тем выше производительность. То есть по критерию затрат человеческого труда можно полностью оценить эффективность механизации всей технологии производства сои.

Из вышеизложенного следует, что исходя из критерия оценки эффективности механизации технологии производства сои по дизельному топливу, самыми энергоемкими операциями являются основная обработка почвы и полив. Следовательно за счет применения высокоэффективных почвообрабатывающих машин и совершенствования технологии полива можно снизить в целом затраты труда на производство сои в орошаемом земледелии.

1.3 Машины, применяемые для основной обработки почвы

Для выполнения основной обработки почвы в Российской Федерации широко применяются следующие почвообрабатывающие орудия:

1. Лемешно-отвальные плуги общего назначения.
2. Дисковые почвообрабатывающие орудия.
3. Комбинированные почвообрабатывающие орудия.

1.3.1 Лемешно-отвальные плуги общего назначения

В настоящее время для основной обработки почвы применяют следующие лемешно-отвальные плуги общего назначения [3, 42, 98, 103, 106]:

- лемешно-отвальные плуги : ПЛН-5-35; ПНЛ-8-40; ПНУ-8-40;
- плуги с изменяемой шириной захвата ПНИ-4-40; ПНИ-5-40; ПНИ-8-40;
- оборотные плуги ППО-5-40; ППО-7-40; ППО-8-40; Агат-Н-4/5; Агат-П-7;
- плуги-рыхлители ПРУН-4-45; ПРУН-5-45; ПРУН-8-45;
- плуги скоростные ПБС-5М; ПБС-8М. [15, 93, 106].

Наиболее широко в Саратовском Поволжье на основной обработке почвы используются лемешно-отвальные плуги, которые агрегируются с тракторами тягового класса 5. Лемешно-отвальный плуг ПНЛ-8-40 [100,103,123], включает раму 1, опорные колеса с механизмом регулирования глубины обработки почвы 2, корпуса рабочих органов 3 и предплужники 4 (Рисунок 1.8.). Техническая характеристика плуга ПЛН -8-40, агрегируемого с тракторами тягового класса 5 приведена в таблице 1.2.

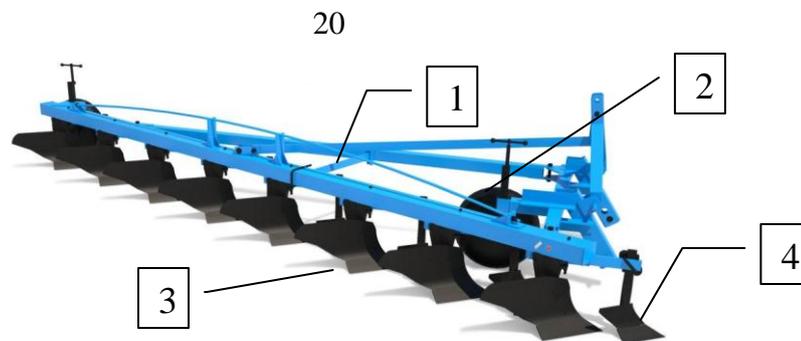


Рисунок 1.8 - Лемешно-отвальный плуг общего назначения ПНЛ-8-40:
1 - рама плуга; 2 - опорное колесо с механизмом регулирования глубины обработки почвы; 3 - корпус плуга; 4- предплужник

В конструкции плуга с изменяемой шириной захвата ПНИ-8-40 (Рисунок 1.9.) предусматривается регулировка ширины захвата плуга. Рама плуга 3 включает гидравлическую систему 4. Техническая характеристика плуга ПНИ-8-40, агрегируемого с тракторами тягового класса 5 приведена в таблице 1.2.

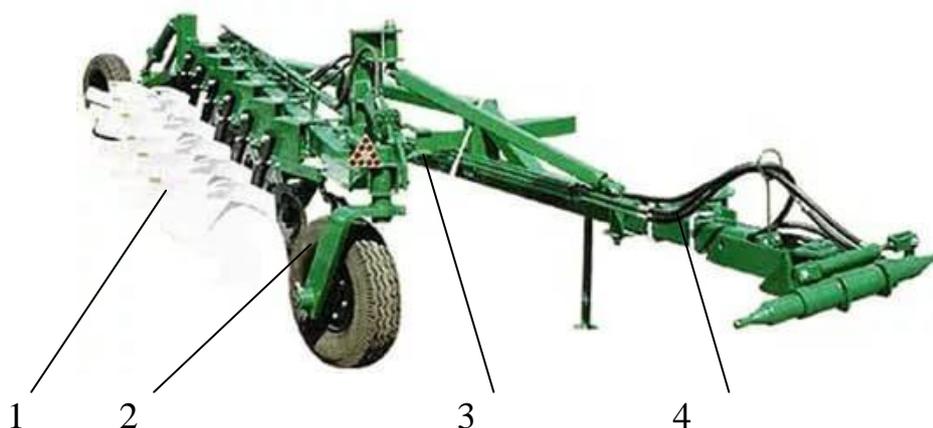


Рисунок 1.9 – Лемешно-отвальный плуг общего назначения ПНИ-8-40:
1 – корпус плуга; 2 – опорное колесо с механизмом регулирования глубины обработки почвы; 3 – рама плуга; 4 – гидравлическая система изменения ширины захвата

По аналогичному принципу рамы плуга ПНЛ-8-40 разработан плуг-рыхлитель ПРУН-8-45, но у которого имеется главное конструктивно-технологическое отличие, состоящее в геометрической форме рабочего органа, улучшающих качество оборота пласта и рыхления подпахотного горизонта почвы (Рисунок 1.10). Техническая характеристика плуга ПРУН - 8-45, агрегируемого с тракторами тягового класса 5 приведена в таблице 1.2.



1 2 3 4

Рисунок 1.10 – Плуг-рыхлитель ПРУН-8-45:

1 – большой корпус пуга; 2 – малый корпус пуга; 3 – опорное колесо с механизмом регулирования глубины обработки почвы; 4 – рама пуга

Оборотные или реверсивные пуги ППО-8-40 (Рисунок 1.11), пуги Агат-П-7 (Рисунок 1.12) имеют более сложную конструкцию. Плуг состоит из двух рядов рабочих органов, которые расположены на горизонтальной раме в противовес друг другу. Во время работы одни корпуса опускаются в почву, а вторые находятся на поверхности. Такие пуги позволяют проводить вспашку челночным способом при помощи оборотного устройства и на поле не образуется свально-развальных борозд, что очень важно для возделывания сои [41, 77, 95, 7]. Техническая характеристика пуга ППО-8-40, агрегируемого с тракторами тягового класса 5 приведена в таблице 1.2.

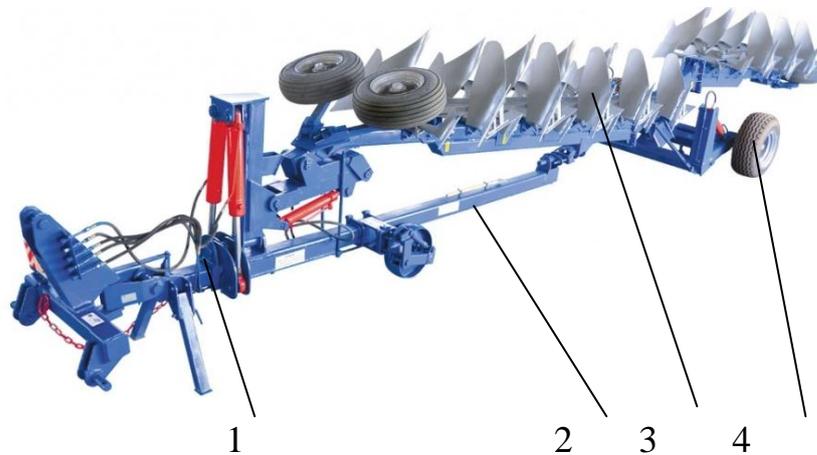


Рисунок 1.11 – Оборотный плуг общего назначения ППО-8-40:

1 – оборотный механизм; 2 – рама; 3 – рабочие органы; 4 – опорные колеса



Рисунок 1.12 - Обратный плуг общего назначения Агат-П-7

Основным узлом лемешно-отвальных плугов является корпус, который выполняет технологический процесс основной отвальной обработки почвы (Рисунок 1.13.).

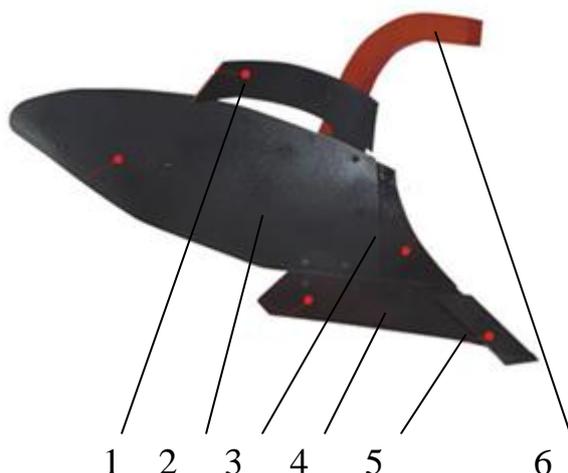
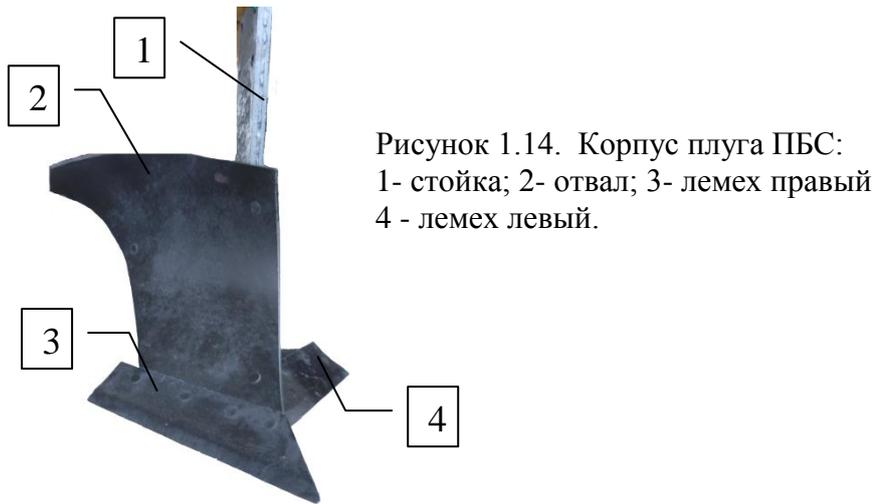


Рисунок 1.13 – Корпус плуга общего назначения: 1 – углосним; 2 – отвал; 3- грудь отвала; 4 – лемех; 5 – долото; 6 – стойка

В настоящее время в Российской Федерации стали широко применять плуги общего назначения ПБС [106, 93]. Конструкция корпуса плуга принципиально отличается от известных лемешно-отвальных плугов ПНЛ и позволяет значительно увеличить производительность пахотных работ (Рисунок 1.14).



Лемешно-отвальный плуг ПБС-8М представлен на рисунке 1.1, а его корпус на рисунке 1.15. Техническая характеристика плуга ПБС-8М, агрегируемого с тракторами тягового класса 5 приведена в таблице 1.2.

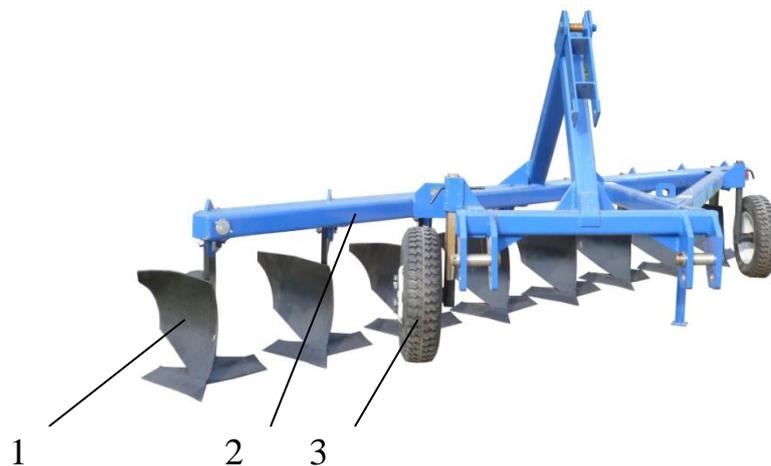


Рисунок 1.15. Лемешно-отвальный плуг ПБС-8М: 1 - корпус плуга; 2 - рама плуга; 3 - опорное колесо с механизмом регулирования глубины обработки почвы

Техническая характеристика применяемых лемешно-отвальных плугов общего назначения отечественного производства для агрегатирования с тракторами тягового класса 5 приведены в таблице 1.2. [106].

Кроме лемешно-отвальных плугов Российского производства для вспашки почв, применяются иностранные оборотные плуги наиболее известных фирм Kverneland (Норвегия) и Lemken (Германия) (Рисунок 1.16 и 1.17).

Таблица 1.2 – Техническая характеристика плугов общего назначения

Показатели	ПНЛ-8-40	ПНИ-8-40	ППО-8-40	ПРУН-8-45	ПБС-8М
Производительность, га/ч,	2,56-3,2	2,24-2,88	2,24	2,09-3,48	3,2-4,7
Ширина захвата, м	3,2	2,8...3,6	3,2	3,6	4,8
Рабочая скорость, км/ч	до 10	7-10	7-10	6...10	до 12
Глубина обработки, см	до 30	до 30	до 30	до 30	до 30
Масса, кг	2100	2150	5500	5200	1780
Удельная материалоемкость, кг/м	672	597	1719	1444	379
Затраты труда при основной обработке почвы, чел.ч/га	0,39-0,31	0,45-0,34	0,45	0,48-0,28	0,31-0,21

Техническая характеристика применяемых лемешно-отвальных плугов общего назначения иностранного производства для агрегатирования с тракторами тягового класса 5 приведены в таблице 1.3.[84, 85].



Рисунок 1.16 - Оборотный плуг фирмы Kverneland

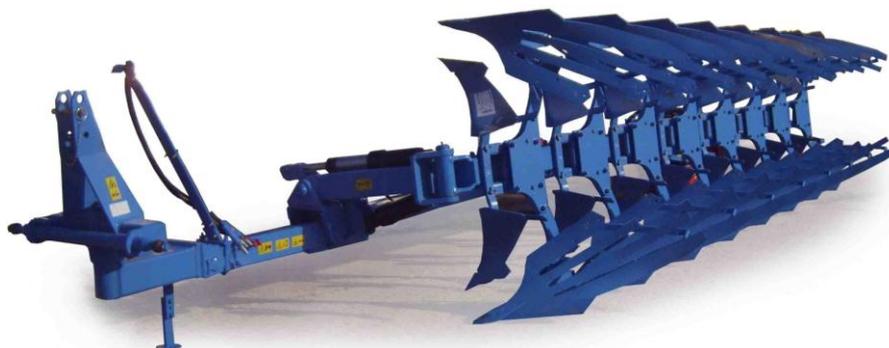


Рисунок 1.17 - Оборотный плуг фирмы Lemken

Конструкции плугов зарубежного производства практически не отличаются от отечественных [98, 84, 85, 103, 106], имеется некоторое увеличение ширины захвата корпуса от 35 до 50 см (Рисунок 1.18). Геометрия корпуса, за счет образования ромбовидного сечения пласта, позволяет уменьшить расстояние между корпусами по ходу плуга до 55 см, что значительно влияет на улучшение его проходимости [126]. Большинство плугов фирм Lemken и Kverneland оснащены корпусами с пластинчатым отвалом, это позволяет снизить тяговое сопротивление и повысить качество обработки почвы, благодаря исключению залипания и увеличения крошения почв. Использование таких отвалов рекомендуется на всех типах почв [3,48,107,118]. Особенность современных пластинчатых отвалов является возможность формировать из них различные формы отвала: культурные и полувинтовые, а сочетание их с углоснимом значительно расширяет их технологические возможности [3].

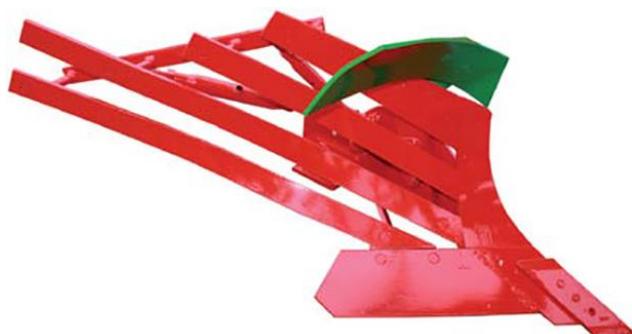


Рисунок 1.18- Корпус плуга с пластинчатым отвалом

Таблица 1.3 – Техническая характеристика иностранных оборотных плугов

Показатели	Euro Diamant 10	Kverneland PN/RN
Производительность, га/ч,	2,56-3,2	2,24-2,88
Ширина захвата, м	2,64-4,0	2,8-3,6
Рабочая скорость, км/ч	до 10	до 10
Глубина обработки, см	до 30	до 30
Масса, кг	3200	3630/3360
Удельная материалоемкость, кг/м	800	1260
Затраты труда при основной обработке почвы, чел.ч/га	0,39-0,31	0,45-0,35

В таблице 1.3 приведена техническая характеристика применяемых в нашей стране иностранных оборотных лемешно-отвальных плугов для агрегатирования с тракторами тягового класса 5 [84, 85].

1.3.2 Дисковые почвообрабатывающие орудия

В настоящее время для основной обработки почвы применяются дисковые орудия отечественного и иностранного производства. Почвообрабатывающие орудия производства Российской Федерации: тяжелые дисковые бороны БДТМ-4х4, БДТМ-6х4, БДТ-7,0, БДТ-10, (исунок 1.19) и дискаторы БДМ-4х4, БДМ-5х4П, БДМ-6х4П, БДМ-7х2П, БДМ-8х4П, БДМ-12х2П (рисунок 1.20) [92, 106]. Техническая характеристика широко применяемых отечественных дисковых почвообрабатывающих машин представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Техническая характеристика дисковой бороны БДТМ-4х4 и дискатора БДМ-4х4

Показатели	БДТМ-4х4	БДМ-4х4
Ширина захвата, м:	3,8	4,0
Производительность, га/ч	4,6	5,0
Рабочая скорость, км/ч:	до 10	до 10
Глубина обработки, см	до 15	до 15
Масса машины, кг	4280	2750
Удельная материалоемкость, кг/м	1126	688
Затраты труда при основной обработке почвы, чел.ч/га	0,26	0,25

Из таблицы 1.4 видно, что дисковые почвообрабатывающие орудия обладают большей шириной захвата и производительностью: 4,6 га/ч БДТМ-4Х4 и 5,0 га/ч БДМ-4х4, как следствие низкие затраты труда в сравнении с плугами общего назначения. Однако глубина обработки почвы этих орудий (до 15 см) в два раза меньше лемешно-отвальных плугов (до 30 см).

Рабочие органы дисковых батарей интенсивно взаимодействуют с обрабатываемым пластом почвы (Рисунок 1.21), перемешивают и

заделывают в почву измельченную солому, стерню и растительные остатки с поверхности поля.

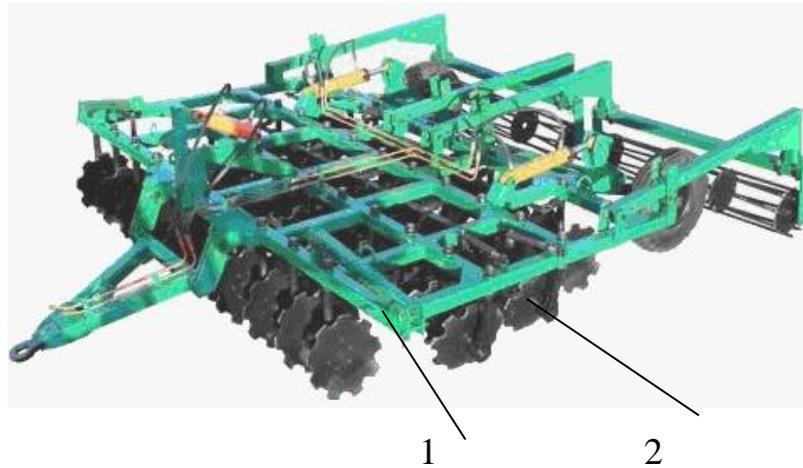


Рисунок 1.19 – Дисковая борона БДТМ-4х4: 1-рама; 2- дисковая батарея



Рисунок 1.20 – Дискатор БДМ-4х4: 1 – рама; 2 – дисковый рабочий орган; 3 – каток

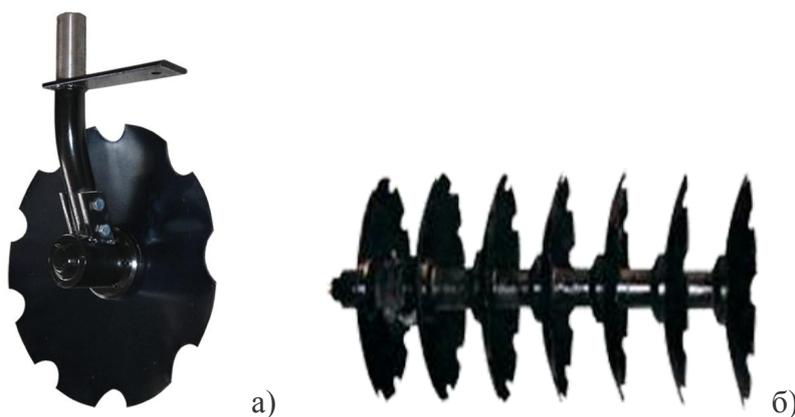


Рисунок 1.21 – Рабочие органы дисковых почвообрабатывающих орудий: а – рабочий орган дискатора; б – рабочий орган тяжелой дисковой бороны (дисковая батарея)

Наиболее распространены в России дисковые почвообрабатывающие орудия иностранных фирм Lemken (Германия) и Kverneland (Норвегия). Дисковые бороны Rubin 9/450 KUA (Германия) (Рисунок 1.22) и Qualidisc

500 (Норвегия) (Рисунок 1.23) по конструктивным и технологическим признакам практически не отличаются от орудий российского производства. Диски расположены в ряду на расстоянии 250 мм друг от друга, задний ряд дисков расположен со смещением по отношению к переднему, образуя междурядье шириной 125 мм. Зубчатые диски диаметром 620 мм имеют полусферическую форму.



Рисунок 1.22 – Дисковая борона Rubin 9/450 KUA (Германия);
1-рама; 2- дисковая батарея



Рисунок 1.23 – Дисковая борона Qualidisc 500 (Норвегия)
1 – рама; 2 – дисковая батарея

Техническая характеристика применяемых иностранных дисковых почвообрабатывающих машин представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Техническая характеристика дисковых борон зарубежных фирм

Показатели	Rubin 9/450 KUA	Qualidisc 500
Ширина захвата, м:	4,5	5,0
Производительность, га/ч	3,6	4,0
Рабочая скорость, км/ч:	до 12	до 12
Глубина обработки, см	до 15	до 15
Количество дисков, шт	36	40
Масса машины, кг	3961	3275
Удельная материалоемкость, кг/м	880	655
Затраты труда при основной обработке почвы, чел.ч/га	0,28	0,25

1.3.3 Комбинированные почвообрабатывающие орудия

В настоящее время для основной обработки почвы стали применять разноглубинную обработку почвы, выполняемую комбинированными почвообрабатывающими орудиями [11, 67, 82, 94, 120]. Такие орудия, оснащенные несколькими типами рабочих органов производят глубокую основную обработку почвы до 35 см, перемешивают пожнивные остатки с почвой в верхнем слое до 15 см. Среди отечественных орудий к ним можно отнести дисковатор-глубококорыхлитель ДГР-5,7 (производитель ОАО завод «Сибсельмаш-Спецтехника») (Рисунок 1.24) и орудия иностранного производства культиваторы фирмы HORSCH Tiger AS (Рисунок 1.25) [83].



Рисунок 1.24 – Дисковатор-глубококорыхлитель ДГР-5.7

Дисковатор–глубококорыхлитель ДГР-5,7 вначале дисковыми секциями измельчает пожнивные остатки и разрыхляет верхний до 10см слой почвы.

Далее рыхлители разрушают на глубине до 30 см плужную подошву. Затем плоскорежущие лапы подрезают сорную растительность и равномерно рыхлят почву на глубину до 15см и окончательно двухрядные катки разбивают комки, плющат пожнивные остатки и выравнивают поверхность поля.

Комбинированный культиватор Tiger AS (рисунок 1.25) включает дисковые рабочие органы, которые производят мелкую обработку с мульчированием верха обработанного слоя почвы и чизельные рабочие органы для глубокого рыхления почвенного пласта. Дополнительно культиватором производится выравнивание и прикатывание катками обработанного слоя почвы.

Техническая характеристика глубокорыхлителя ДГР-5,7 и культиватора Tiger AS приведена в таблице 1.6.



Рисунок 1.25 – Комбинированный культиватор Tiger AS фирмы HORSCH

Согласно данным таблицы 1.6 и рисункам 1.24 и 1.25 почвообрабатывающие орудия дисковатор–глубокорыхлитель ДГР-5,7 и культиватор Tiger AS отличаются конструктивно рамой и рабочими органами. Оба орудия являются прицепными.

Анализируя рисунки 1.8-1.25 и таблицы 1.2.-1.6, можно заключить, что применяемые для основной обработки почвы в Российской Федерации используют большое количество почвообрабатывающих орудий отличаются по конструкции и выполнению технологического процесса. По своим техническим характеристикам лемешно-отвальные плуги общего назначения

ПНЛ-8-40, ПНИ-8-40, ППО-8-40, ПРУН-8-40 и иностранные плуги практически одинаковые.

Таблица 1.6 – Техническая характеристика комбинированных почвообрабатывающих орудий отечественного и зарубежного производства

Показатели	ДГР-5,7	Tiger AS
Ширина захвата, м:	5,7	4,8
Производительность, га/ч	2,2	3,5-4,32
Рабочая скорость, км/ч:	4,9	до 10
Глубина обработки рабочих органов, см:		
- дисковых	до 10	до 15
- рыхлительных	до 30	-
- плоскорезующих	до 15	-
- чизельных	-	до 35
Масса машины, кг	4270	7500
Удельная материалоемкость, кг/м	749	1563
Затраты труда при основной обработке почвы, чел.ч/га	0,17	0,21

При большой массе дисковых орудий и небольшой глубине обработки почвы будет происходить уплотнение дна пахотного слоя, разрушение структуры почвы и увеличение эрозионно-опасных частиц почвы.

Наиболее производительным с низкими затратами труда (0,21 чел.ч/га) и удельной материалоемкостью является плуг ПБС-8М. Комбинированные почвообрабатывающие орудия, как и плуг ПБС-8М, имеют низкие затраты труда (0,71-0,21 чел.ч/га).

1.4 Машины, применяемые для полива

Как указывалось выше за счет совершенствования технологии полива можно снизить затраты труда на производство сои в орошаемом земледелии. Рассмотрим машины, применяемые для полива сельхозкультур.

В Саратовском Заволжье основным видом дождевальных машин применяемых для орошения сельскохозяйственных культур являются машины позиционного действия «Волжанка» (Рисунок 1.26) и кругового действия «Фрегат» (Рисунок 1.27) [1, 50, 67, 90, 112].

Дождевальная машина «Волжанка» (Рисунок 1.26) имеет два крыла, размещенных по обе стороны оросительного трубопровода. Каждое крыло состоит из водоснабжающего трубопровода, опорных колес, приводной тележки, среднеструйных дождевальных аппаратов. Полив каждым крылом осуществляют позиционно с забором воды из гидрантов, размещенных один от другого на расстоянии 18 м. Техническая характеристика дождевальной машины «Волжанка» ДКШ-64А приведена в таблице 1.7

Таблица 1.7 - Техническая характеристика дождевальной машины «Волжанка» ДКШ-64А

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Водозабор	от гидранта закрытой оросительной сети
2	Площадь полива на одной позиции, га	1,92...1,44
3	Расход воды, л/с	64...83
4	Давление гидранта, мПа	0,4
5	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	не более 0,3
6	Длина одной секции, м	11,8
7	Ширина крыла в раскрытом положении, м	359,4
8	Число дождевальных аппаратов, шт	68



Рисунок 1.26 – Дождевальная машина «Волжанка»

Дождевальная машина «Фрегат» (Рисунок 1.27) предназначена для полива всех полевых культур с высотой растений до 2,2м и представляет собой движущийся по кругу многоопорный трубопровод, установленный на двухколесных тележках. На трубопроводе установлены среднеструйные дождевальные аппараты кругового действия. Техническая характеристика дождевальной машины «Фрегат» ДМУ приведена в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Техническая характеристика дождевальной машины «Фрегат» ДМУ

№п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Водозабор	от гидранта закрытой оросительной сети
2	Площадь полива на одной позиции, га	15,8...111,3
3	Расход воды, л/с	20...90
4	Напор на гидранте, м	43...63
5	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,16...0,31
6	Минимальная продолжительность оборота, ч	21,4...66,0
7	Длина машины, м	199,0...571,0
8	Число тележек, шт	7...20



Рисунок 1.27 – Дождевальная машина «Фрегат» ДМУ

Дождевальные машины «Волжанка» и «Фрегат» обслуживаются одним оператором. Известны случаи, когда один оператор обслуживал 8 объединенных между собой оросительных крыльев ДМ «Волжанка» [67].

Анализируя технические характеристики дождевальных машин, эффективность их работы при сложном рельефе поверхности поля, при небольших размерах и неправильной форме площади поля, рекомендации по использованию поливных машин в Саратовской области [67] можно принять для применения в технологии производства сои на орошении дождевальную машину «Фрегат» ДМУ.

Одним из путей интенсификации орошаемого земледелия в засушливых районах является рациональное использование влаги в сочетании с агротехническими приемами обработки почвы. Система обработки почвы должна учитывать специфику орошения и отличаться от аналогичных мероприятий, проводимых на богаре.

1.5 Перспективное направление снижения затрат труда и повышения урожайности сои

1.5.1 Повышение эффективности технологического процесса полива

Один из основных качественных показателей улучшения мелиорированных земель является впитывающая или поглощающая способность почвы, уменьшение потерь влаги на испарение, уменьшение стока с орошаемой площади [9, 10, 17, 53, 63, 65, 69, 88, 110]. Для повышения поглощающей способности почвы, за счет увеличения площади контакта с влагой и рационального её использования является обработка полей щелеванием [22, 23, 36, 39,].

Прием устройства вертикальных открытых щелей при поливе был предложен К.К. Бамбергом [36], а также продолжены разработки в трудах академика Н.А. Димо [53]. Работы по щелеванию минеральных почв на Украине проводились в 50-х годах [112], а в России и дальнем зарубежье такой способ обработки почвы находит широкое применение [94, 104].

В условиях Саратовской области щелевание впервые исследовалось П.С.Волковым [36]. Из его исследований [36], выполненных в Аткарском районе, осеннее щелевание многолетних трав является эффективным агротехническим приемом, улучшающим физико-механические свойства почвы и способствующим резкому увеличению урожайности по селу, до 3,7 т/га против 1,9 т/га на контроле. Щелевание орошаемых многолетних трав, проводимое в Пугачевском районе Саратовской области, позволило увеличить урожайность культур на 8-10 центнеров с гектарам [36].

В научно-обоснованной системе земледелия Саратовского Заволжья щелевание рекомендуется как обязательный агротехнический прием, способствующий увеличению запасов влаги и снижению поверхностного стока воды [77]. По данным НИИСХ Юго-Востока для почвенно-климатических условий Поволжья щелевание на глубину 0,35-0,4м позволяет

снизить сток воды в 1,5-2 раза [100]. Другие исследователи указывают, что оптимальным параметром является межщелевой интервал 1-1,4м [11, 96].

Из исследований Е.М. Жаринова (Волгоградская ГСХА) следует, что при щелевании почвы глубина увлажнения в слое 0,8м распределяется более равномерно в сравнении с обыкновенной обработкой почвы [39].

В работе Елютина С.Б. [36] установлено, что при нормах полива 600-1000 м³/га и интенсивности дождя 0,3-08 мм/мин величина необходимой дополнительной площади для полного впитывания влаги, полученной за счет щелевания, изменяется в пределах 0,03-0,85 на орошаемом гектаре.

В качестве почвообрабатывающих орудий, применяемых в настоящее время для щелевания используют щелеватели отечественного производства ЩН-2-140, комбинированные орудия с установленными на рамы глубокорыхлителей или лемешно-отвальных плугов рабочие органы с ножами-щелерезами [36]. ОАО «Волгодизельаппарат», г.Маркс, Саратовская обл.[106] разработан плоскорез-щелеватель комбинированный ПЩК-3,8 (Рисунок 1.28). Рабочий орган щелереза включает стойку с долотом и ножом.



Рисунок 1.28 – Навесной щелеватель почвы ПЩК-3,8

В ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ разработан и внедрен в производство навесной щелеватель ЩНБ-5,4, оснащенный для улучшения нарезания щелей анкерными ножами (Рисунок 1.29) [106].



Рисунок 1.29 – Навесной щелеватель почвы ЩНБ-5,4

ООО фирма «АГРОХИММАШ» г.Ставрополь Россия производит глубокорыхлители-щелеватели «АГРИРИЧ» ПЧ-0,2/7 (Рисунок 1.30). В конструкции орудия используется стойка производства Италии позволяет выполнять обработку на глубину до 60 см. Угол атаки стойки - 60°. Три разных вида обтекателей этой стойки позволяют получить разную интенсивность воздействия на почву.



Рисунок 1.30 – Глубокорыхлитель (щелеватель) «АГРИРИЧ» ПЧ-0,2/7

Среди иностранных щелевателей известен глубокорыхлитель-щелерез Sj-CR-7 фирмы JYMPA (Испания). Щелерез Sj-CR-7 (Рисунок 1.31) комплектуется от 3 до 7 стоек, толщиной стойки 16мм. Максимальная глубина обработки почвы до 55 см. Техническая характеристика щелерезов представлена в таблице 1.7.



Рисунок 1.31 – Глубокорыхлитель-щелерез Sj-CR-7 УМРА (Испания)

Таблица 1.7 – Техническая характеристика щелерезов

Наименование показателя	ПЦК-3,8	ЩНБ-5,4	ПЧ-0,2/7	Sj-CR-7
Количество стоек, шт	5 лап/3 щелевателя	7	10	7
Производительность, га/ч	2,5-3,8	3,7-5,4	5,6-6,2	3,0-3,6
Ширина захвата, м	3,8	5,4	7	4,2
Рабочая скорость, км/ч	7-10	до 12	до 12	до 10
Глубина обработки, см	16/35	до 40	до 50	до 55
Интервал между щелями	0,75;1,5; 3	0,7	0,7	0,7
Затраты труда при щелевании, чел.ч/га	0,4-0,26	0,27-0,19	0,18-0,16	0,33-0,28

Анализируя рисунки 1.28-1.31 и данные таблицы 1.7 можно заключить, что щелерезы отличаются по конструкции рабочих органов и по конструкции рамы. ПЦК-3,8 и ЩНБ-5,4 является навесными орудиями, ПЧ-0,2/7 и Sj-CR-7 УМРА (Испания) прицепным. При равном количестве рабочих органов производительность отечественного орудия ЩНБ-5,4 составляет 5,4 га/ч, иностранного орудия Sj-CR-7 – 3,6 га/ч, что снижает затраты труда на 33%.

Перспективным направлением в развитии средств механизации для предполивного щелевания является создание специальных комбинированных орудий с пассивными рабочими органами, обеспечивающими одновременно с нарезкой щелей в междурядьях и качественное рыхление (поверхностную обработку) верхнего слоя почвы [12, 71, 72].

На основании вышеизложенного щелевание почвы является одним из направлений повышения эффективности производства сои в орошаемом земледелии. Такая операция обработки почвы повышает скорость

поглощения влаги и предотвращает процессы стока и смыва почвы с склоновых земель.

1.5.2 Улучшение структуры обрабатываемого слоя почвы

Структура почв является основным фактором, отвечающим за плодородие земель. Особенно важным является структура почв верхнего горизонта. Это слой, в котором происходит развитие корневой системы растений. В нем живут разнообразные почвенные организмы. Из этого горизонта происходит подача питательных веществ и воды, необходимых для роста растений [15, 22, 47, 99,].

Почвы с прочной структурой имеют благоприятные водно-воздушные свойства и содержат больше питательных веществ, в связи с повышенной нитрификацией и мобилизацией основных питательных элементов для растений. Структурные почвы почти не заплывают, и на них не образуется корка. Они меньше подвергаются эрозии [47, 121, 125]. Агрономическое значение структуры состоит в том, что она положительно влияет на пористость и плотность сложения почвы, удельное сопротивление при механической обработке, противозерозионную устойчивость почв.

Особенно большое внимание структуре почвы придавал академик В. Р. Вильямс, основоположник травопольной системы земледелия [3]. Создание и поддержание структуры почвы возможно при включении в севооборот сидератов, культур обогащающих органикой верхний слой почвы после перегнивания.

Незерновая часть урожая (НЧУ) сельскохозяйственных культур – самое дешевое и доступное средство из всех возможных для восполнения запасов органики в почве. НЧУ используют в качестве мульчи для борьбы с водой и ветровой эрозией. Мульчирование создает благоприятные условия для впитывания воды в почву, уменьшает опасность поверхностного стока,

ослабевает процессы испарения влаги
[46, 54, 57, 70, 73, 89, 102, 113, 116, 124].

Предварительное смешивание соломы с поверхностным слоем почвы позволяет активизировать микробиологические процессы начальной стадии деструкции высокоуглеродистого органического вещества [22].

Установлено, что нитрификационный процесс соломы совершается в основном в июле-августе, в это же время происходит интенсивное испарение влаги из почвы. Следовательно, выполнение технологического процесса в этот период обеспечит значительное увеличение образования гумуса, улучшающего структуру обрабатываемого слоя почвы, а использование соломы в качестве органического удобрения является активным способом регулирования почвенных процессов, направленных на повышение плодородия почвы [46, 57].

В странах с развитым сельскохозяйственным производством НЧУ используется как органическое удобрение. Например, в США доля соломы в общем объеме применяемых органических удобрений превышает 53%. В Германии 45% произведенной соломы заделывается в почву. Во Франции почти 85-90% соломы запахивается на удобрение либо используется в животноводстве (с последующим внесением на поля соломенно-навозной смеси).

Из вышеизложенного следует, что НЧУ является ценным органическим сырьем для повышения плодородия почвы, однако остается открытым вопрос к технологии механического способа заделки соломы в почву. На какую глубину и как распределить НЧУ: - послойно или равномерно по глубине пахотного пласта; - расположить в вертикальном или горизонтальном направлении ?

Изучая различные методы обработки почвы, сохраняющие и повышающие плодородие почвы, есть рекомендации по позиционированию измельченной соломы в верхней трети пахотного слоя [113, 125].

Другие авторы [124] утверждают, что в основе технологии обработки почвы должно быть, прежде всего, дифференцированное расположение органического материала в пахотном слое, причем основная масса соломы должна располагаться на глубине 0,115-0,145 м.

На основе данных исследований заделки в почву незерновой части урожая (НЧУ) построена функция изменения степени разложения рисовой соломы (гумификации) от глубины ее заделки (Рисунок.1.32) [124].

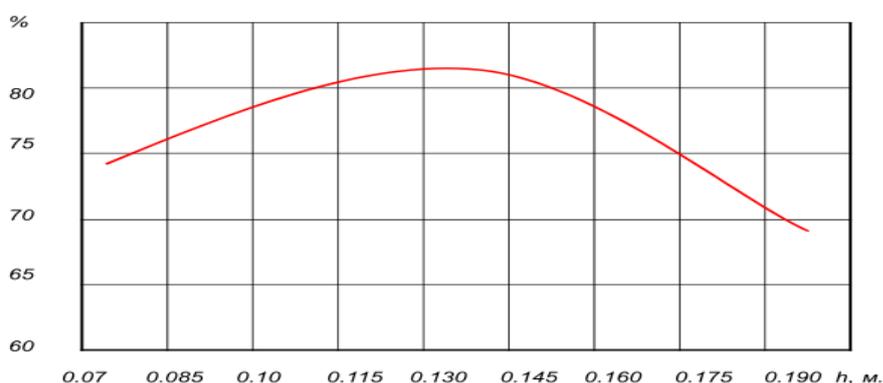


Рисунок 1.32 – Зависимость степени гумификации от глубины заделки незерновой части урожая

Анализ зависимости степени гумификации от глубины заделки НЧУ показывает, что заделку необходимо проводить в пределах глубины заделки от 0.11 до 0.16м, при этом процент гумификации достигает 79.8%.

Важным фактором, влияющим на скорость разложения соломы в почве является длина резки. Согласно сведениям фирмы Amazone солома длиной 10 см разлагается медленнее, чем солома длиной 3 см. При этом скорость разложения соломы выше при большем ее расщеплении [89].

Существующие в настоящее время машины для основной обработки почвы не обеспечивают необходимый процесс распределения НЧУ в пахотном слое. В решении этого вопроса, как отечественные так и зарубежные разработчики далеко не продвинулись. Достижения в плугостроении свелось к объединению двух плугов в одну конструкцию без изменения формы рабочего органа, что позволило перейти от загонной на гладкую вспашку. Управление верхним, обогащенным соломой, слоем в этих плугах отсутствует.

Анализируя изложенное в разделах 1.3; 1,4; 1,5 можно представить следующую схему рисунок 1.33, которая определяет направление исследований повышения эффективности производства сои в орошаемом земледелии.

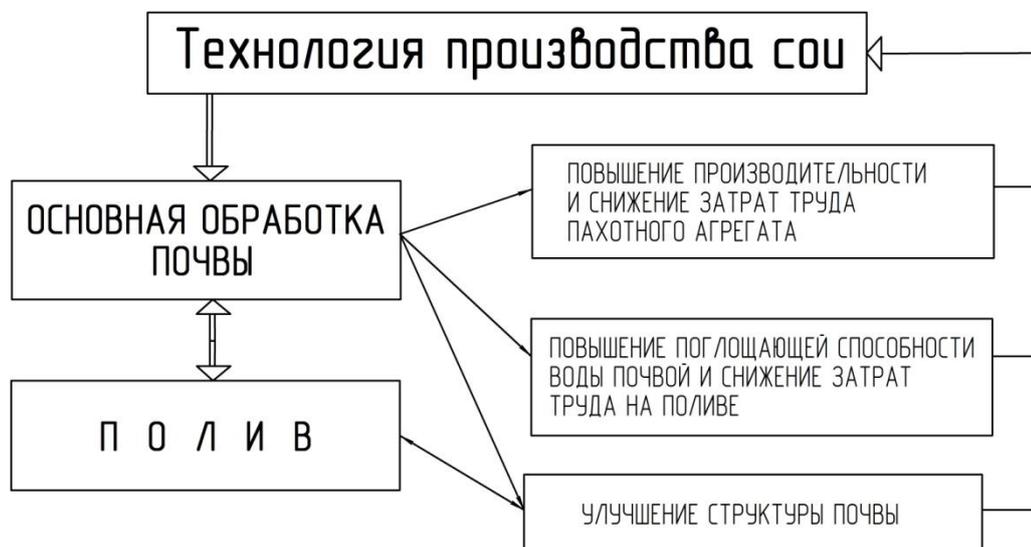


Рисунок 1.33 – Факторы, определяющие эффективность производства сои в орошаемом земледелии

Из рисунка 1.33 видно, что главными факторами взаимосвязанными между собой и влияющими на урожайность сои, являются основная обработка почвы и полив. Совершенствование технологии производства сои необходимо вести в направлении повышения производительности пахотных агрегатов, увеличения поглощающей способности воды почвой и улучшения её структуры при основной обработке. В целом эти мероприятия позволят снизить затраты труда при производстве сои в системе орошаемого земледелия.

Выводы по разделу:

1. Посевные площади для производства сои в Саратовской области за последние десять лет увеличились на 68%, а валовой сбор вырос с 4,8 до 22,8 ТЫС. ТОНН.

2. При производстве сои по базовой технологии наиболее энергозатратными операциями является основная обработка почвы и полив. Оценить эффективность механизации всей технологии производства сои в системе орошаемого земледелия можно по критерию затрат человеческого труда, обратно пропорциональными часовой производительности машинно-тракторного агрегата.

3. Наиболее производительным при основной обработке почвы и с низкими затратами труда (0,21 чел.ч/га) являются лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-8М и комбинированные почвообрабатывающие орудия. Для полива сои необходимо использовать дождевальную машину «Фрегат» ДМУ.

4. Повысить эффективность производства сои в орошаемом земледелии возможно за счет щелевания почвы, увеличивающего поглощающую способность воды и предотвращающего процессы стока и смыва почвы с склоновых земель. Однако среди известных исследований применения технологического процесса обработки почвы щелеванием отсутствует теоретическое обоснование необходимых параметров нарезаемых щелей в зависимости от поглощающей способности почвы, времени и интенсивности полива.

5. Для противозерозионной устойчивости почв при поливе необходимо улучшить структуру почвы путем обогащения незерновой частью урожая сельскохозяйственных культур верхнего пахотного слоя почвы. Однако не исследованным остается вопрос распределения НЧУ по глубине пахотного слоя.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

2.1 Анализ затрат труда технологий производства сои при основной обработке почвы лемешно-отвальными плугами

Как было отмечено в первом разделе себестоимость производства продукции любой сельскохозяйственной культуры в растениеводстве определяется эксплуатационными показателями. Среди которых наиболее важным показателем являются затраты труда, отражающие величину механизации технологических процессов, выполняемых в технологии.

Оценить эффективность от внедрения новой технологии производства продукции растениеводства согласно ГОСТ 23730-88 [26] можно по затратам труда (Z_T) в человеко-часах, которые определяют по формуле [43]:

$$Z_m = Z_{m.б} - Z_{m.н}, \quad (2.1)$$

где $Z_{m.б}$ - затраты труда по базовой технологии, чел.-ч;

$Z_{m.н}$ - затраты труда по новой технологии, чел.-ч.

Затраты труда на выполнение операции в технологии определяются [41]:

$$Z_{mp} = n \cdot (Ч_{mp} + Ч_{вс}) \cdot T''_{см}, \quad (2.2)$$

где Z_{mp} – затраты труда, чел.-ч.[10];

n – количество нормо-смен;

$Ч_{mp}$ – количество трактористов-машинистов, обслуживающих один агрегат;

$Ч_{вс}$ – количество вспомогательных рабочих, обслуживающих один агрегат;

$T''_{см}$ – нормативное время смены (7 ч), час.

Количество нормо-смен определяем делением физического объема работ на сменную норму выработки для агрегата, который выполняет данную операцию:

$$n = U / W_{см}, \quad (2.3)$$

где U – объем работы на конкретной технологической операции, га;
 $W_{см}$ - сменная норма выработки, га.

Расчет затрат труда по базовой технологии производства сои с выполним на площади $F = 300$ га (наибольшая площадь поливных участков производства сои в Саратовской области [1]) с использованием типовых норм выработки и расхода топлива[297].

Затраты труда в целом по технологии складываются из суммы затрат по каждой операции [43]:

$$Z_{тр} = Z_{уб} + Z_{л} + Z_{пах} + Z_{бор} + Z_{кул} + Z_{нос} + Z_{гер} + Z_{пол}, \quad (2.4)$$

где $Z_{уб}$ – затраты труда на уборку урожая с измельчением и разбрасыванием соломы по полю, чел.ч;

$Z_{л}$ – затраты труда на лущение стерни, чел.ч;

$Z_{пах}$ - затраты труда на отвальную вспашку плугом, чел.ч;

$Z_{бор}$ - затраты труда на покровное боронование, чел.ч;

$Z_{кул}$ - затраты труда на предпосевную культивацию, чел.ч;

$Z_{нос}$ - затраты труда на посев с внесением удобрений, чел.ч;

$Z_{гер}$ - затраты труда на внесение гербицидов, чел.ч;

$Z_{пол}$ - затраты труда на полив, чел.ч.

По выражениям (2.1; 2.2; 2.3; 2.4) можно провести количественную оценку затрат труда в целом по технологии, но эти выражения не показывают закономерность изменения затрат труда конкретной машины в процессе её работы. То есть, при каких параметрах работы можно получить минимальные затраты труда.

2.1.1 Анализ затрат труда по базовой технологии при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПНЛ-8-40

На рисунке 2.1 представлена базовая технология производства сои согласно Федерального регистра использования технологий и технологических адаптеров производства сельскохозяйственных культур Р-ТБ-1.0.-Р-ТБ-6.0.[115] с применением на основной обработке почвы пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40.

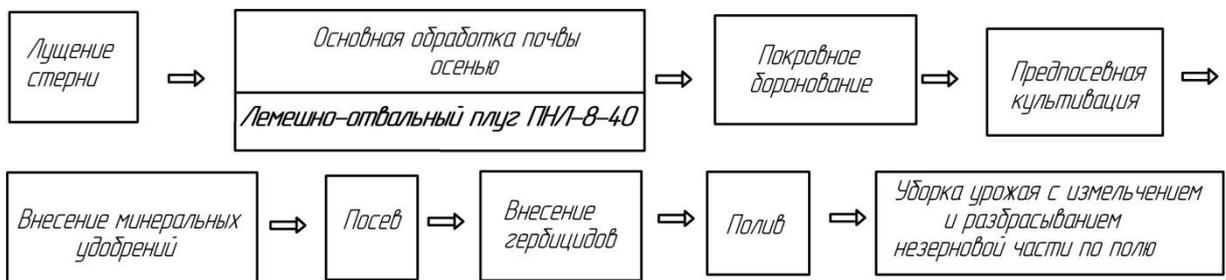


Рисунок 2.1 – Схема базовой технологии производства сои с применением на основной обработке почвы пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

Для определения закономерности изменения затрат труда пахотного агрегата, состоящего из трактора К-701 и плуга ПНЛ-8-40 необходимо провести анализ его работы. Технологический процесс основной отвальной обработки почвы плугом ПНЛ-8-40 выполняется по схеме, представленной на рисунке 2.2.

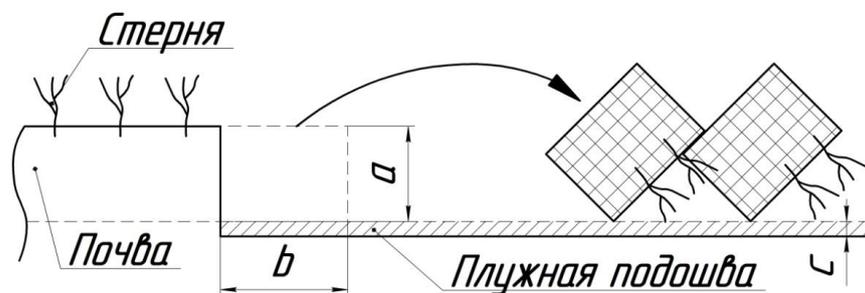


Рисунок 2.2 – Схема технологического процесса основной обработки почвы плугом ПНЛ-8-40: а – глубина обработки почвы; в – ширина захвата корпуса плуга; с – толщина плужной подошвы

Известно, что при работе пахотного агрегата должно соблюдаться следующее условие [43]:

$$R_n = P_{кр} \quad \text{и} \quad v_{тр} = v_{пл} \quad (2.5)$$

где R_n - тяговое сопротивление плуга, Н;

$P_{кр}$ - максимальное тяговое усилие трактора, Н.

$v_{тр}$ - скорость движения трактора, м/с;

$v_{пл}$ - скорость движения плуга, м/с.

Тяговое сопротивление плуга [30, 118]:

$$R_n = Gf + kaB_{пл} + \varepsilon aB_{пл}v^2, \quad (2.6)$$

где R_n - тяговое сопротивление плуга, Н;

G - сила тяжести плуга, Н;

f - коэффициент трения корпуса плуга о почву;

k - коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации, Н/м²;

a - глубина обработки почвы, м;

$B_{пл}$ - ширина захвата плуга, м;

ε - коэффициент, зависящий от формы рабочего органа и свойств почвы, кНс²/м⁴;

v - рабочая скорость пахотного агрегата, м/с.

Производительность пахотного агрегата, состоящего из трактора К-701 и плуга ПНЛ-8-40 определим по выражению:

$$W_{ч} = 0,36 B_{пл} \cdot v_{а} \quad (2.7)$$

где $B_{пл}$ - ширина захвата плуга, м;

$v_{а}$ - рабочая скорость пахотного агрегата, м/с.

Затраты труда в час работы пахотного агрегата на основной обработке почвы с учетом (2.7) определяли [43]:

$$Z_{тр} = m / W_{ч}, \quad (2.8)$$

где, $Z_{тр}$ - затраты труда, чел.ч/га [10];

m - количество трактористов-машинистов обслуживающих один агрегат, чел.;

W_q – часовая производительность агрегата, га/ч.

Выражение (2.7) и (2.8) показывают, что для определения закономерности изменения затрат труда при основной обработке почвы необходимо знать закономерность изменения скорости пахотного агрегата в процессе его работы. При выполнении условия (2.5) из формулы (2.6) определим скорость движения пахотного агрегата.

Из формулы (2.5) скорость движения v , зависящую от удельного тягового сопротивления лемешно-отвального плуга ПЛН, при условии $R_{пл} = P_{кр}$ определим:

$$v_a = \sqrt{\frac{P_{кр} - Gf - kaB_{пл}}{\varepsilon a B_{пл}}} \quad (2.9)$$

где, v_a – скорость движения пахотного агрегата, м/с.

На основании выражений (2.7, 2.8, 2.9) затраты труда при работе пахотного агрегата будут определяться по следующему выражению:

$$Z_{тр} = m_m / 0,36 B_{пл} \sqrt{\frac{P_{кр} - Gf - kaB_{пл}}{\varepsilon a B_{пл}}} \quad (2.10)$$

Для плуга ПНЛ-8-40 в расчетах, согласно [91] принимаем следующие величины: ширина захвата плуга $B_{пл} = 3,2$ м; глубина обрабатываемого слоя почвы $a = 0,25$ м; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f = 0,5$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k = 36,5$ кН/м²; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon = 3,43$ кНс²/м⁴; сила тяжести плуга $G = 21,5$ кН. Результаты расчетов эксплуатационных показателей агрегатов приведены в приложении А.

Зависимость эксплуатационных показателей: производительности и затрат труда на основную обработку почвы лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 с трактором К-701 представлена на рисунке 2.3.

Анализ зависимостей (Рисунок 2.3) производительности и затрат труда пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40 в функции скорости движения показывает, что оба показателя изменяются по нелинейной закономерности.

Часовая производительность агрегата при скорости 2,7 м/с, которая ограничивается агротехническими требованиями к основной обработке почвы, составляет 3,0 га/ч, при этом затраты труда на вспашку 0,31 чел.ч/га.

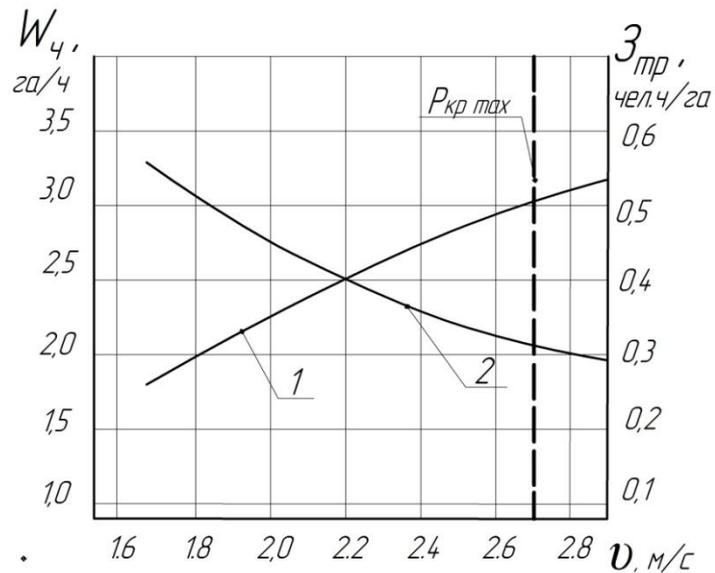


Рисунок 2.3 – Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

В результате расчета технологической карты возделывания сои на орошении по технологии (Рисунок 1.6) с помощью программы «Расчёт технологической карты» (МТР Calculation v2.1) затраты труда составили 770 чел.ч (Приложение Б). Распределение затрат труда по операциям представлено на диаграмме (Рисунок 2.4).

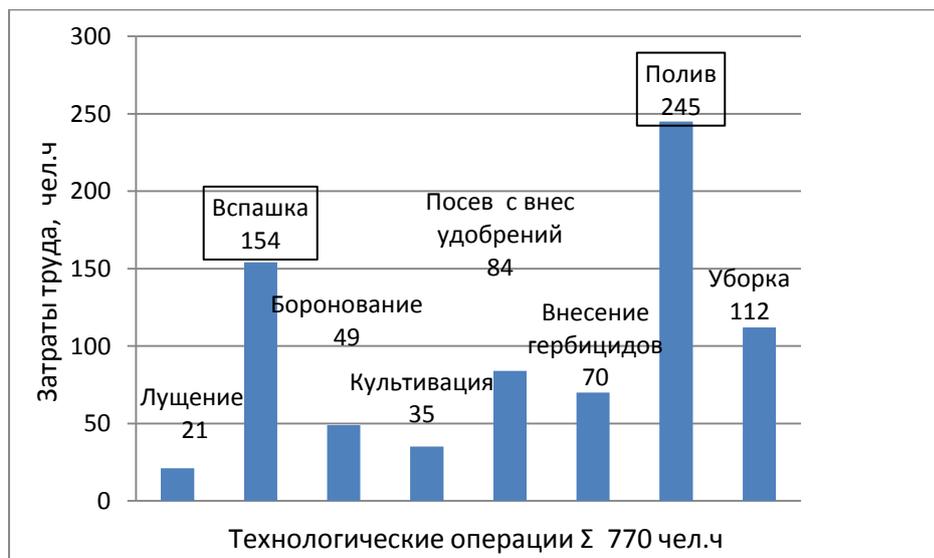


Рисунок 2.4 – Диаграмма затрат труда на операции при осенней основной обработке почвы плугом ПНЛ (вариант 1)

Из анализа диаграммы (Рисунок 2.4) следует, что наиболее трудоемкими операциями в технологии являются отвальная вспашка плугом ПНЛ-8-40 154 чел.ч и полив посевов сои 245 чел.ч.

Как указывалось в первой главе в настоящее время в России стали широко применять высокопроизводительные плуги общего назначения ПБС (рисунок 1.10) [15, 93, 106].

Технологический процесс основной отвальной обработки почвы плугом ПБС-8 выполняется по схеме [93], представленной на рисунке 2.5.

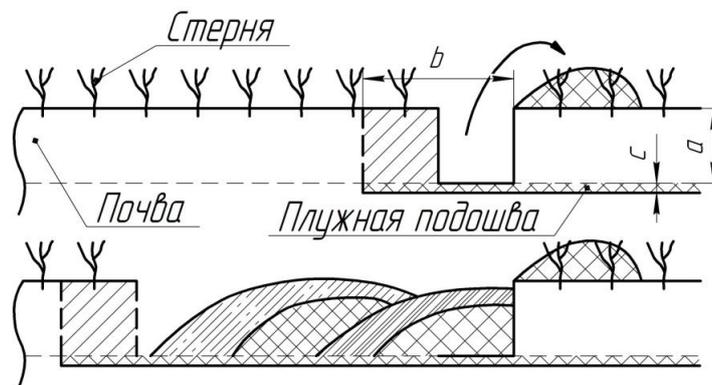


Рисунок 2.5 – Схема технологического процесса основной обработки почвы плугом ПБС-8М: а – глубина обработки почвы; в – ширина захвата корпуса плуга; с – толщина плужной подошвы

Этот технологический процесс основан на совмещении процесса отвальной и безотвальной обработки почвы, что в целом дает снижение энергоемкости основной обработки почвы в сравнении с плугом ПНЛ-8-40 на 32,8 – 35,4 % [91, 93].

2.1.2 Анализ затрат труда при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПБС-8М

Технологический процесс производства сои на орошении с использованием плуга ПБС представлен на рисунке 2.6 (вариант 2).

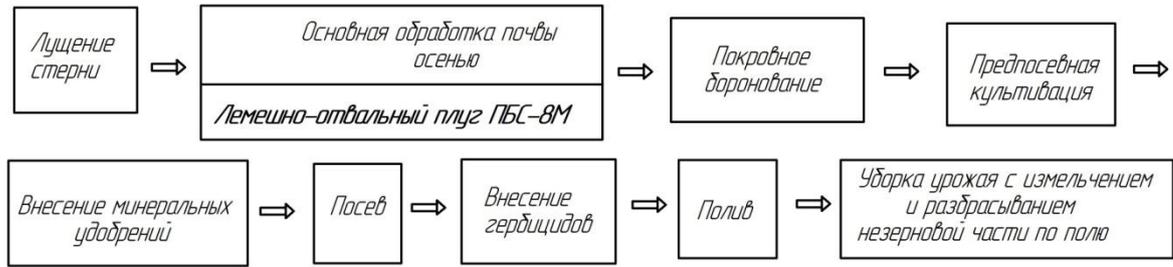


Рисунок 2.6 – Схема технологии производства сои при основной обработке почвы плугом ПБС (вариант 2)

Скорость движения пахотного агрегата, состоящего из трактора К-701 и плуга ПБС-8М определим по выражениям (2.9) (приложение А). При этом для плуга ПБС-8М в расчетах принимаем следующие величины: ширина захвата плуга $B_{пл} = 4,8\text{ м}$; глубина обрабатываемого слоя почвы $a = 0,25\text{ м}$; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f = 0,8$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k = 31,0\text{ кН/м}^2$; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon = 1,58\text{ кНс}^2/\text{м}^4$; сила тяжести плуга $G = 17,8\text{ кН}$ [6, 30].

Зависимость эксплуатационных показателей: производительности и затрат труда на основную обработку почвы лемешно-отвальным плугом ПБС-8М с трактором К-701 представлена на рисунке 2.7.

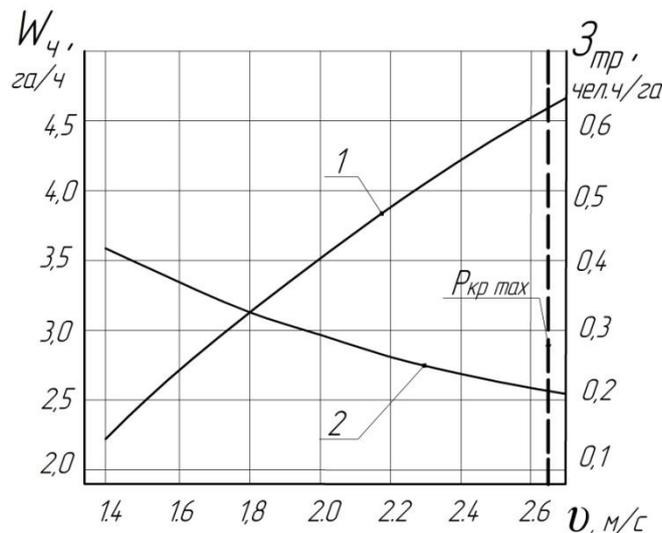


Рисунок 2.7 – Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПБС-8М

Анализ зависимостей (Рисунок 2.7) производительности и затрат труда пахотного агрегата К-701+ПБС-8М в функции скорости движения

показывает, что оба показателя изменяются по нелинейной закономерности. Часовая производительность агрегата при максимальной скорости 2,7 м/с составляет 4,5 га/ч, при этом затраты труда на вспашку 0,22 чел.ч/га.

В результате анализа зависимостей производительности и затрат труда (Рисунок 2.3 и 2.7) от скорости движения установлено, что при скорости 2,7 м/с производительность К-701+ПБС-8М выше производительности К-701+ПНЛ-8-40 на 33,3%.

В результате расчета технологической карты возделывания сои на орошении по технологии – вариант 2 (Рисунок 2.6) с помощью программы «Расчёт технологической карты» (МТР Calculation v2.1) затраты труда составили 735 чел.ч (приложение Б). Распределение затрат труда по операциям представлено на диаграмме (Рисунок 2.8).

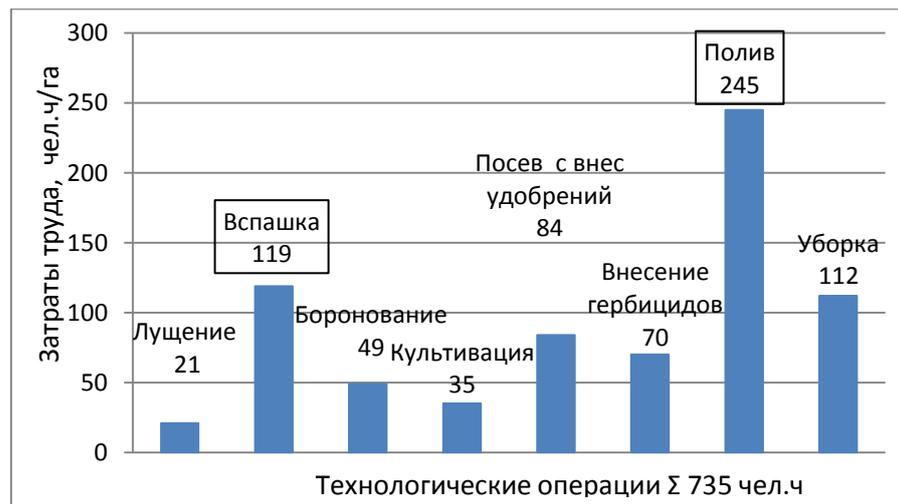


Рисунок 2.8 - Диаграмма затрат труда на операции при осенней основной обработке почвы плугом ПБС (вариант 2)

Из анализа диаграммы (Рисунок 2.8) следует, что наиболее трудоемкими операциями в технологии остаются отвальная вспашка 119 чел.ч на 300 га обрабатываемой площади и полив посевов сои 245 чел.ч. Однако в сравнении с технологической операцией вспашки плугом ПНЛ-8-40 затраты труда при использовании которого составили 154 чел.ч, снижение затрат на основной обработке почвы плугом ПБС-8М получено на 33,3%.

В целом по всей технологии производства сои по варианту 2 затраты труда составляют 735 чел.ч, что ниже варианта 1 (770 чел.ч) на 4,5%.

Следовательно одним из направлений повышения эффективности производства сои на орошаемом земледелии является применение на основной обработке почвы в место лемешно-отвального отвального плуга общего назначения ПНЛ плуга ПБС.

Анализ диаграмм (рисунок 2.4) и (рисунок 2.8) также показывает, что затраты труда на полив составляют 245 чел.ч. Очевидно, что дальнейшее направление повышения эффективности производства сои в орошаемом земледелии необходимо вести по пути снижения затрат труда на поливе растений.

2.2 Повышение поглощающей способности воды почвой щелеванием

Из первой главы (раздел 1.1) следует, что в Саратовском Заволжье наибольшее распространение получил способ полива сои дождеванием установками ДМУ «Фрегат». На рисунке 2.9 представлена схема полива сои дождевальной установкой «Фрегат».

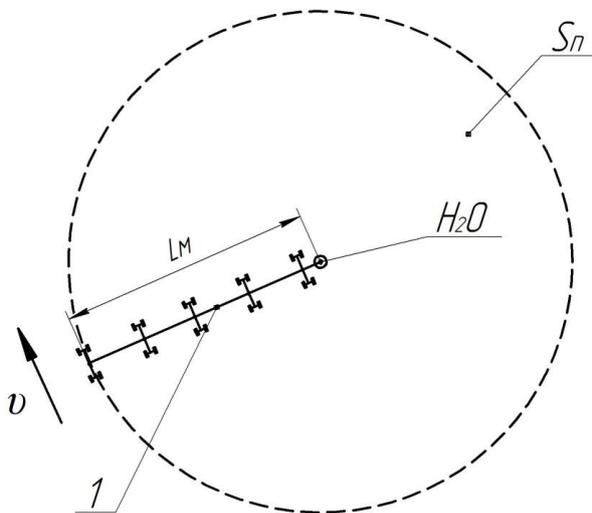


Рисунок 2.9 - Схема полива сои дождевальной установкой «Фрегат»:

1-дождевальная установка; S_n – площадь полива m^2 ; L_m - длина установки; v_y - скорость движения установки

Также в первой главе (раздел 1.5) установлено, что щелевание почвы повышает скорость или интенсивность впитывания влаги при заданной норме полива и является одним из направлений повышения эффективности производства сои в орошаемом земледелии. Схема полива сои площади поля

с щелеванием почвы дождевальной установкой «Фрегат» представлена на рисунке 2.10.

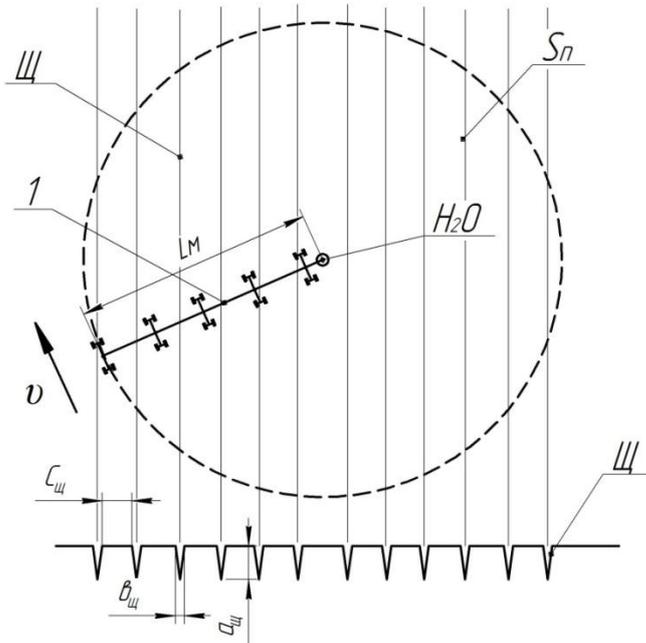


Рисунок 2.10 – Схема полива сои дождевальной установкой «Фрегат» с щелеванием: 1 – дождевальная установка; S_n – площадь полива m^2 ; L_M – длина установки; v_y – скорость движения установки; Щ – щель

Параметры профиля обработанного слоя почвы щелеванием представлены на рисунке 2.11.

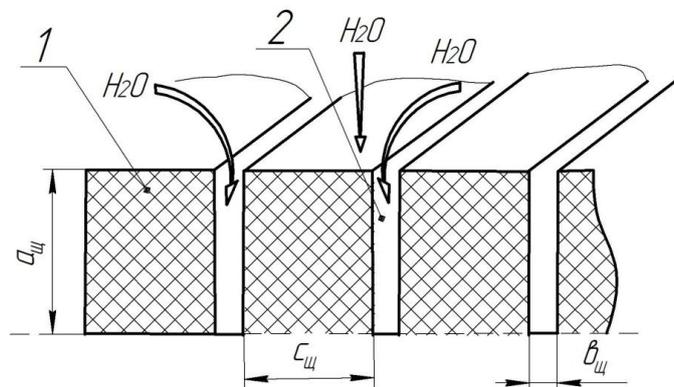


Рисунок 2.11 – Параметры профиля обработанного слоя почвы щелеванием: 1 – слой почвы между щелями; 2 – щель; $C_{щ}$ – межщелевой интервал; $b_{щ}$ – ширина щели; $a_{щ}$ – глубина щели.

Механизм поверхностного полива площади складывается из определенного сочетания движения (стекания) воды по поверхности орошаемой почвы и поглощения воды почвой – гравитационного и капиллярного (вертикального или бокового).

Скорость стекания воды по поверхности орошаемой площади v_c подчиняется общему закону [53]:

$$v_c = C \sqrt{hI}, \quad (2.11)$$

где, h – высота объема поступающей воды или слой воды на поверхности почвы, м;

I – уклон поверхности поля, %;

C - коэффициент скорости, зависящий от степени шероховатости поверхности, то есть от характера обработки почвы и рода культуры.

Скорость впитывания воды в почву подчиняется закону (эмпирическая формула):

$$v = k J^\alpha, \quad (2.12)$$

где, k – коэффициент пропорциональности, называемый при $\alpha = 1$ коэффициентом фильтрации данной почвы;

J – градиент напора фильтрации:

$$J = (h + \alpha) / a_n, \quad (2.13)$$

где, a_n - толщина слоя почвы, на которой происходит фильтрация воды, м; α – показатель степени, изменяющийся от $\alpha = 1$ – для мелкозернистых грунтов (закон Дарси [53]), до $\alpha = 0,5$ – для очень крупнозернистых грунтов.

В явлениях впитывания воды в почву большая роль принадлежит капиллярным силам данной почвы и заключенному в порах воздуху.

Скорость опускания воды в почве на глубине a_n от поверхности равна:

$$v_n = [k (h + a_n + H_o - L)] / a_n, \quad (2.14)$$

где, k - коэффициент фильтрации почвы;

H_o - высота капиллярного поднятия воды в данной почве, м;

L - избыточное давление воздуха (в почве сверх атмосферного), Па.

При боковом просачивании воды капиллярные силы увеличивают напор и вызывают капиллярное поднятие воды в почве между стенками борозды со скоростью:

$$v_6 = [k (H_o - a_1 - L)] / a_1, \quad (2.15)$$

где, a_1 - высота поднятия воды в данный момент, м.

Из вышеизложенного следует, что при поверхностном поливе, то есть без щелевания почвы, скорость впитывания воды будет определяться по выражению (2.14). При выполнении полива с применением щелевания почвы скорость впитывания воды $v_{щ}$ будет определяться по следующему выражению:

$$\begin{aligned} v_{щ} &= v_n + v_{\delta} = k (h/a_n + 1 + H_o/a_n - L/a_n) + k (H_o/a_1 - 1 - L/a_1) = \\ &= k [(h/a_n + H_o/a_n - L/a_n) + k (H_o/a_1 - L/a_1)]. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Очевидно, скорость впитывания воды в почву при поливе с щелеванием почвы будет выше скорости впитывания воды в почву при поверхностном поливе. Это будет влиять на величину производительности дождевальной установки.

Тогда увеличение производительности дождевальной установки будет определяться отношениями скоростей впитывания воды при поливе с щелеванием почвы и поверхностном поливах или коэффициентом, характеризующим скорость или интенсивность впитывания воды в почву k_u .

$$k_u = v_n + v_{\delta} / v_n = v_{щ} / v_n, \quad (2.17)$$

где, v_n - скорость впитывания воды при поверхностном поливе, м³/ч;

v_{δ} - скорость впитывания воды при боковом поглощении, м³/ч;

Подставив выражения (2.13) и (2.14) в (2.15) получим:

$$k_u = k[(h/a_n + H_o/a_n - L/a_n) + k(H_o/a_1 - L/a_1)] / k(h/a_n + 1 + H_o/a_n - L/a_n). \quad (2.18)$$

$$\text{Или} \quad k_w = 1 + [(H_o - a_1 - L) a_1 / (h + a_n + H_o - L) a_n]. \quad (2.19)$$

Анализ выражения (2.19) показывает, что оно не учитывает влияние параметров профиля обработанного слоя почвы щелеванием (Рисунок 2.11) на скорость впитывания воды в почву.

На рисунке 2.12 представлены схемы поверхностного полива (Рисунок 2.12, а) и поверхностного полива с щелеванием почвы (Рисунок 2.12,б).

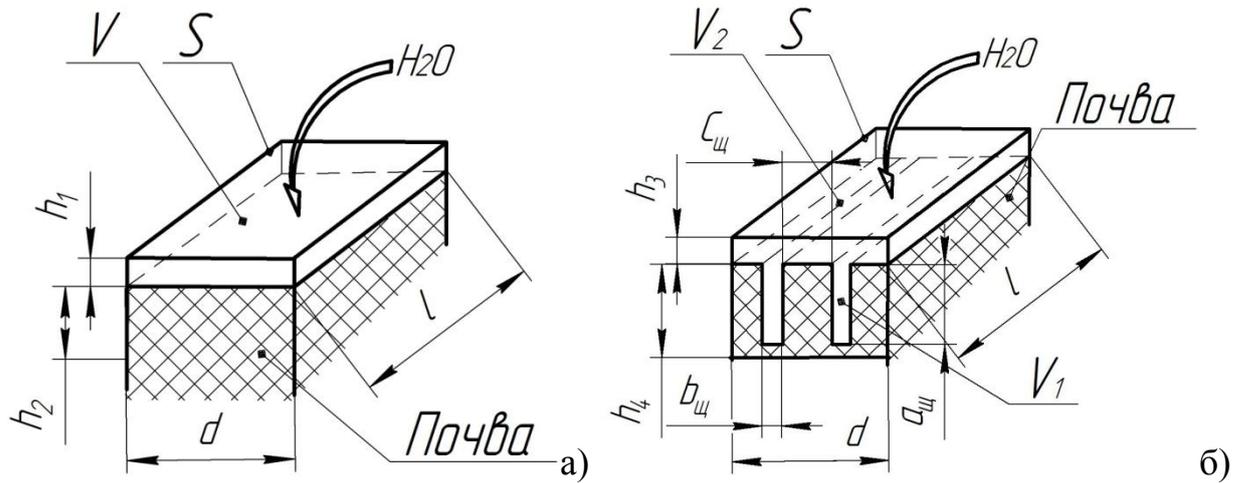


Рисунок 2.12 – Схема полива участка площадью S :
а) – поверхностный полив; б) – полив с щелеванием почвы

Принимаем, что на участок дневной поверхности поля площадью $S = d \cdot l$ (Рисунок 2.10, а) поступает объем воды V_1 :

$$V_1 = d \cdot l \cdot h_1, \quad (2.20)$$

где, d – ширина участка, м; l – длина участка, м; h_1 – высота объема поступающей воды, м.

Или

$$V_1 = M \cdot S, \quad (2.21)$$

где, M – норма полива, м³/га.

Объем воды поступающей в щель:

$$V_2 = a_{щ} \cdot b_{щ} \cdot l_{щ} \cdot n_{щ}, \quad (2.22)$$

где, $a_{щ}$ – глубина щели, м; $b_{щ}$ – ширина щели, м; $l_{щ}$ – длина щели, м;
 $n_{щ}$ – количество щелей, шт.

Количество щелей $n_{щ}$ на участке площадью S :

$$n_{щ} = (d / b_{щ} + C_{щ}), \quad (2.23)$$

где, $C_{щ}$ – межщелевой интервал, м.

Найдем высоту слоя воды на поверхности участка полива с учетом заполнения щелей:

$$h_4 = V_1 - V_{щ} / S_n, \quad (2.24)$$

где $V_{щ}$ – объем воды заполненной щели, м³;

S_n – площадь полива участка одной дождевальными машиной, м².

$$V_{щ} = a_{щ} \cdot b_{щ} \cdot l_{щ}, \quad (2.25)$$

где, $a_{щ}$ – глубина щели, м (принимается 0,2; 0,3; 0,4 м); $b_{щ}$ – ширина щели, м (принимается 0,01; 0,02; 0,03 м); $l_{щ}$ – длина щели, м.

Площадь полива S_n поверхности участка (Рисунок 2.13) одной дождевальнoй машиной с 14 тележками (Приложение В):

$$S_n = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 433,6^2 = 590348 \text{ м}^2 = 59 \text{ га},$$

где, R – радиус участка полива (принимается 433 м [67]), м.

Объем воды на дневной поверхности поля площадью S :

$$V_1 = M \cdot S_n = 300 \cdot 59 = 17\,700 \text{ м}^3 \quad (2.26)$$

где, M – норма полива (принимается для Саратовского Поволжья от 300 до 1000 м³/га [51])

Тогда высота слоя воды при поверхностном поливе участка составит:

$$h_1 = V_1 / S_n = 17\,700 / 590\,000 = 0,03 \text{ м}.$$

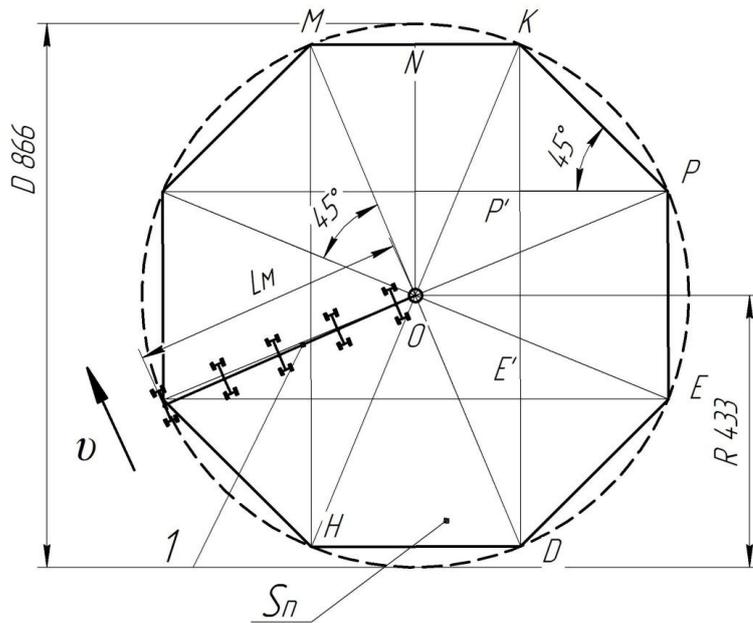


Рисунок 2.13 – Схема дневной поверхности поля площадью S орошаемой дождевальнoй установкой в течение дня

Длину щелей определим из схемы (рисунок 2.14) щелевания площади полива одной дождевальнoй машиной. Так как треугольники $KK'P'$ по сторонам участка (Рисунок 2.14) равны между собой, тогда получим общую площадь щелевания, которая будет складываться из одной площади $MKDH$ с

длинным гоном по стороне МН и двух площадях КК'Е'Е с коротким гоном по стороне КЕ.

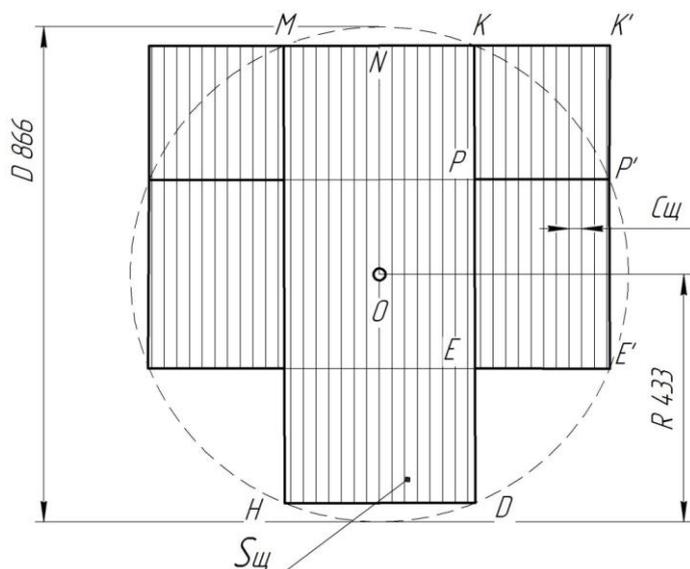


Рисунок 2.14 - Схема щелевания участка поля площадью S орошаемой дождевальной установкой

Найдем величины сторон этих площадей из схемы на рисунке 2.14.

Сторону МК найдем из треугольника MON (в котором OM=R, рисунок 2.13) по выражению:

$$MK = 2R \sin \alpha/2 = 2 \cdot 430 \cdot \sin 22,5^\circ = 860 \cdot 0,382 = 328,5 \text{ м.} \quad (2.27)$$

Сторону PP' найдем из треугольника P'PK по выражению:

$$PP' = (2R \sin \alpha/2) \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 430 \cdot \sin 22,5^\circ \cdot \sin 45^\circ = 328,5 \cdot 0,707 = 232,3 \text{ м.} \quad (2.28)$$

Сторона МН будет равна: $MN = KP' + P'E' + E'D = 232,3 + 328,5 + 232,3 = 793,1 \text{ м.}$

Сторона КЕ' будет равна: $KE' = KP' + P'E' = 232,3 + 328,5 = 561 \text{ м.}$

Длину всей щели определим:

$$L_{щ} = (l_{щ}^{\text{дл}} n_{щ}^{\text{дл}}) + (l_{щ}^{\text{кор}} n_{щ}^{\text{кор}}), \quad (2.29)$$

где $l_{щ}^{\text{дл}}$, $l_{щ}^{\text{кор}}$ - соответственно длина одной щели на коротком гоне КЕ и длинном гоне МН, м;

$n_{щ}^{\text{дл}}$, $n_{щ}^{\text{кор}}$ - соответственно количество щелей на коротком гоне КЕ и длинном гоне МН, м;

Зависимость слоя воды, впитывающегося каштановыми тяжелосуглинистыми почвами Саратовского Заволжья от времени впитывания по исследованиям Л.И. Тарасова [110] описывается эмпирической формулой:

$$h_4 = 0,003 t_e^{0,6}, \quad (2.31)$$

где h_4 - слой впитывающейся воды, м;

t_e - время впитывания воды в почву, мин.

Объем воды V поступающий на дневную поверхность поля поливаемого участка площадью S (Рисунок 2.12, а) согласно (2.18):

$$V = S \cdot M = d \cdot l \cdot M, \quad (2.32)$$

где, M – норма полива участка почвы, м³/га.

Производительность дождевальная установка:

$$W = V / t_e, \quad (2.33)$$

где t_e – время работы дождевальная установка, ч.

Объем воды, впитываемой почвой с площади S без учета потерь на испарение:

$$V_I = S \cdot h_4 = d \cdot l \cdot 0,003 t_e^{0,6}. \quad (2.34)$$

Интенсивность поглощения воды почвой с поверхности поля:

$$W_{ног} = V_I / t_e = d \cdot l \cdot 0,003 t_e / t_e^{0,4}. \quad (2.35)$$

Условие отсутствия стока воды с площади S будет соблюдаться при впитываемости объема воды подаваемого на эту площадь, то есть:

$$V = V_I \quad \text{при} \quad t_n = t_e \quad (2.36)$$

где t_n - время полива, мин.

При орошении заданными нормами полива время полива составляет [1]:

$$t_n = M / \rho, \quad (2.37)$$

где ρ – интенсивность дождя, мм/мин.

Подставим выражение (2.33) в выражение (2.35), получим:

$$V_I = 0,003 (M / \rho)^{0,6} \cdot d \cdot l \quad (2.38)$$

На основании вышеизложенного и условия (2.33) имеем:

$$d \cdot l \cdot M = 0,003 (M / \rho)^{0,6} \cdot d \cdot l \quad (2.39)$$

Или
$$M = \sqrt[0,4]{\frac{0,003}{\rho^{0,6}}}. \quad (2.40)$$

Анализ выражения (2.40) показывает, что при $M > \sqrt[0,4]{\frac{0,003}{\rho^{0,6}}}$:

$$V > V_I \quad (2.41)$$

То есть при больших нормах полива M_I (превышающих норму полива M) будет образовываться поверхностный сток воды или часть воды находящейся на площади S не будет впитываться в почву (Рисунок 2.12) [65].

Тогда объем воды не поглощенной почвой ΔV :

$$\Delta V = V - V_I = d \cdot l [M_I - 0,003 (M/\rho)^{0,6}]. \quad (2.42)$$

Для поглощения объема воды ΔV при больших нормах полива не увеличивая времени полива необходимо повысить поглощающую способность почвы. Это можно достичь путем увеличения площади её контакта с водой за счет дополнительной площади S_δ , необходимой для впитывания объема ΔV .

$$S_\delta = \Delta V / h_4 = d \cdot l [M_I - 0,003 (M/\rho)^{0,6}] / [0,003 t_e^{0,6}]. \quad (2.43)$$

Одним из способов получения дополнительной площади впитывания является щелевание поливаемого участка, выполняемого по схеме (Рисунок 2.12, б). Тогда дополнительная площадь на поливаемом участке с щелеванием почвы:

$$S_{\delta_{щ}} = d \cdot l (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ}). \quad (2.44)$$

Очевидно, величина дополнительной площади необходимой для впитывания воды должна соответствовать величине площади образующейся при щелевании, то есть $S_\delta = S_{\delta_{щ}}$:

$$d \cdot l (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ}) = d \cdot l [M_I - 0,003 (M/\rho)^{0,6}] / [0,003 t_e^{0,6}]. \quad (2.45)$$

Или:

$$(2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ}) = [M_I - 0,003 (M/\rho)^{0,6}] / [0,003 t_e^{0,6}]. \quad (2.46)$$

При заданных M и ρ на основании выражения (2.46) можно провести анализ параметров щелевания почвы при больших нормах полива M_I .

Полная площадь $S_{об}$ впитывания воды с применением щелевания:

$$S_{об} = d \cdot l + d \cdot l (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ}). \quad (2.47)$$

Объем воды впитываемой этой площадью $S_{об}$:

$$V = d \cdot l [1 + (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ})] \cdot 0,003 t_e^{0,6}. \quad (2.48)$$

Интенсивность поглощения воды почвой при щелевании:

$$W_{щел} = V / t_6 = d \cdot l [1 + (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ})] \cdot 0,003 t_6^{0,6} / t_6. \quad (2.49)$$

Или:

$$W_{щел} = d \cdot l [1 + (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ})] \cdot 0,003 / t_6^{0,4}. \quad (2.50)$$

Анализ выражений (2.35 и 2.50) показывает, что интенсивность поглощения воды почвой на заданной площади при щелевании будет выше, чем без щелевания, на величину коэффициента интенсивности поглощения воды почвой:

$$k_u = W_{щел} / W_{нов}. \quad (2.51)$$

На основании выражений (2.35 и 2.50):

$$k_u = [1 + (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ})]. \quad (2.52)$$

На рисунке 2.15 представлена зависимость коэффициента интенсивности поглощения воды почвой k_u при выполнении полива прощелеванного участка от параметров щели: межщелевого интервала, ширины и глубины щели (Приложение Г).

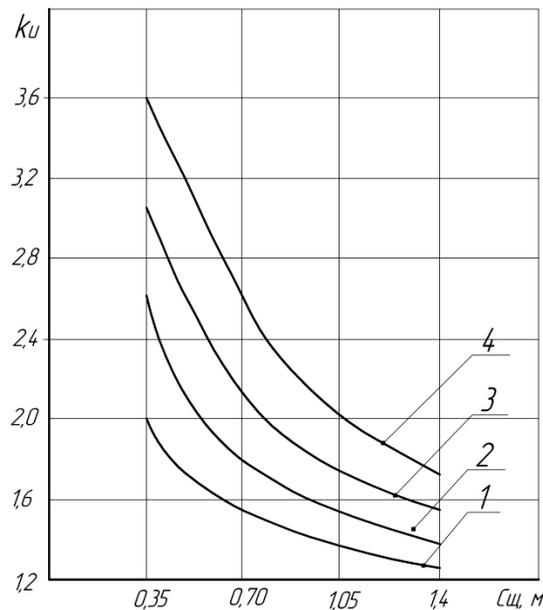


Рисунок 2.15 – Зависимость коэффициента интенсивности поглощения воды почвой k_u от межщелевого интервала $c_{щ}$, при различных соотношениях ширины $e_{щ}$ и глубины щели $a_{щ}$:

- 1- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,2м;
- 2- ширина щели 0,01 м, глубина щели 0,3м;
- 3- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,4м;
- 4- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,5м.

Анализ зависимостей (рисунок 2.15) показывает, что коэффициент интенсивности поглощения воды почвой k_u при выполнении полива с

применением технологического процесса основной обработки почвы с нарезанием щелей изменяется по нелинейной закономерности.

Величина интенсивности поглощения воды почвой зависит от межщелевого расстояния и размеров щели, то есть чем больше межщелевой интервал, тем меньше величина коэффициента. Так при ширине щели 0,01 м и глубине щели 0,2 м изменение межщелевого интервала в пределах от 1,4 м до 0,35 м приводит к росту коэффициента на 39,6%. При ширине щели 0,01 м и глубине щели 0,5 м изменение межщелевого интервала в пределах от 1,4 м до 0,35 м приводит к росту коэффициента на 51%. При межщелевом интервале $C_{щ} = 0,7 м$ $k_u = 1,55$, а при $C_{щ} = 0,35 м$ $k_u = 2,0$.

Применение щелевания на поливе с одной стороны, резко повышает равномерность и общую влажность активного слоя почвы, уменьшает потери воды на испарение, с другой стороны за счет щелевания можно увеличить нормы расхода воды и интенсивность дождя, что снизит время полива и количество поливов за сезон.

Коэффициент интенсивности поглощения воды почвой k_u показывает на сколько снизятся затраты труда при поливе с щелеванием в сравнении с поверхностным поливом за сезон на орошаемой площади.

2.3 Анализ затрат труда при основной обработке почвы пахотными агрегатами К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПЩК-3,8

Рассмотрим 3-й вариант (рисунок 2.16) технологии производства сои с введением дополнительной операции щелевания почвы после проведения осенней зяби лемешно-отвальным плугом (вариант 3).



Рисунок 2.16- Схема технологии производства сои при основной обработке почвы плугом ПНЛ с щелеванием (вариант 3)

Затраты труда в целом по технологии с использованием операции щелевания почвы, после проведения основной обработки почвы плугом ПЛН (вариант 3), складываются из суммы затрат:

$$Z_{тр} = Z_{уб} + Z_{л} + Z_{пах} + Z_{щел} + Z_{бор} + Z_{кул} + Z_{нос} + Z_{гер} + Z_{пол}, \quad (2.53)$$

где, $Z_{щел}$ - затраты труда на щелевание почвы, чел.ч.

В результате расчета затрат труда на щелевание почвы известным щелевателем ПЩК-3,8 (Рисунок 1.27) с расстановкой рабочих органов на межщелевой интервал 0,70м [106] составит 126 чел.ч. При этом снижение затрат труда при выполнении технологического процесса полива с учетом зависимости (Рисунок 2.15) составит:

$$Z_{пол}^I = Z_{пол} \cdot k_{и} = 245 / 1,55 = 158 \text{ чел.ч.} \quad (2.54)$$

В этом случае диаграмма по варианту 1 будет иметь следующий вид:

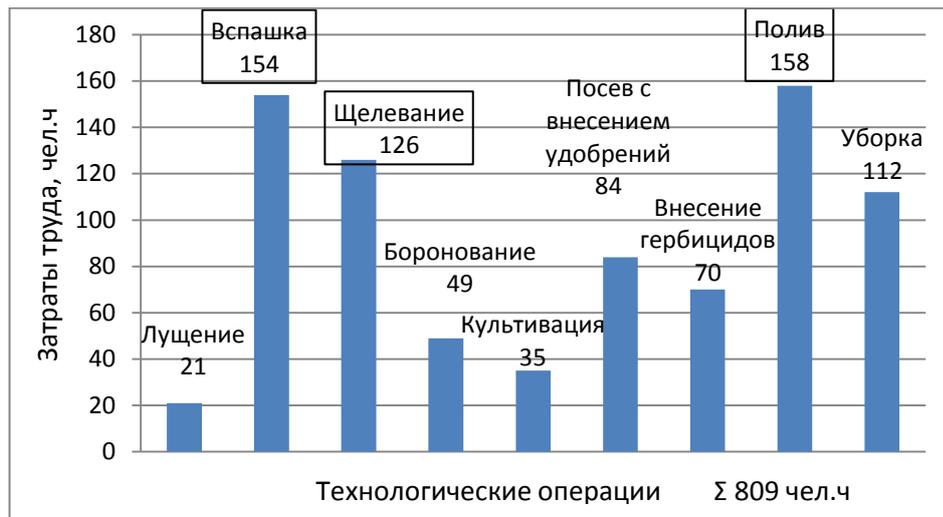


Рисунок 2.17 - Диаграмма затрат труда на операции при основной обработке почвы плугом ПНЛ-8-40 и щелерезом ПЩК-3,8 с учетом снижения затрат труда на поливе

Общие затраты труда на технологию производства сои по диаграмме (Рисунок 2.17) составит 809 чел.ч. То есть, на 4,8% больше чем технология (вариант 1) с плугом ПНЛ-8-40. Следовательно, применение на основной обработке почвы лемешно-отвального плуга ПНЛ-8-40 и щелереза ПЩК-3,8 нецелесообразно.

Как известно [2, 16, 48, 66, 107] главная цель основной обработки почвы заключается в крошении почвы, а при щелевании увеличение

производительности впитывания воды почвой. Очевидно, что совмещение этих двух технологических операций в одну, даст повышение эффективности основной обработки почвы в орошаемом земледелии.

2.4 Комбинированный технологический процесс основной обработки почвы в орошаемом земледелии

Для снижения плотности механизированных работ на поливном участке в следствии применения двух трудоемких операций (вспашки и щелевания почвы) необходимо применить одну операцию которая выполнялась с меньшими трудозатратами, а по качеству должна быть выше этих двух операций.

На базе известных агробиологических процессов происходящих в почве разработана технология основной обработки почвы (Рисунок 2.18) [13].

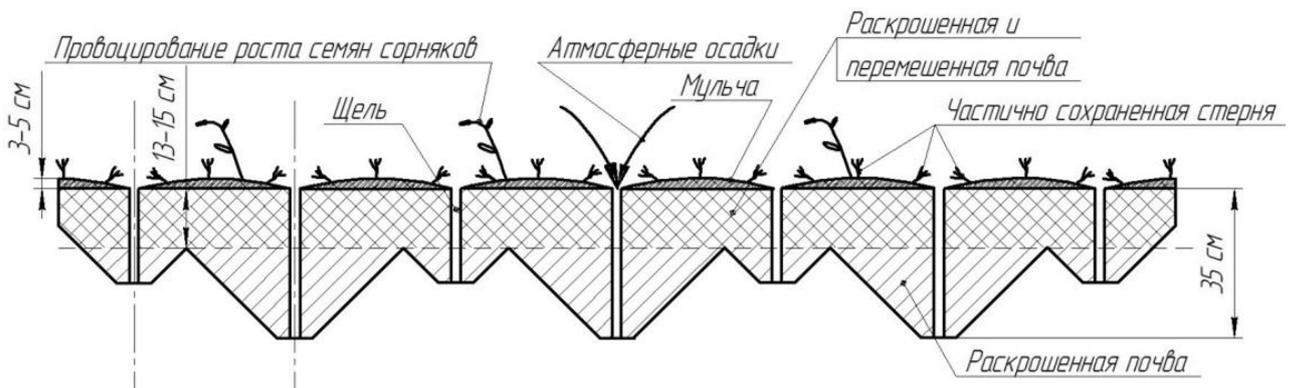


Рисунок 2.18 - Схема технологического процесса комбинированной основной обработки почвы на орошении

По этой технологии на поверхности поля почва рыхлится с образованием мульчирующего слоя, предотвращающего водную и ветровую эрозию и снижающий испарение воды. Ниже мульчирующего слоя в раскрошенной почве за счет работы анаэробных бактерий и микроорганизмов происходит разложение растительных остатков, корней, стерни превращающее их в гумус. По образованным углублениям и щелям интенсивно проникают атмосферные осадки, которые аккумулируются в

подпахотном горизонте. Вследствие этого снижается дефицит влаги в вегетационный период растений.

Эта технология выполняется фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР (разработчик ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ) (рисунок 2.19) [13].



Рисунок 2.19 – Фронтальный плуг-рыхлитель ПБФР-5 в агрегате с трактором К-701

Фронтальный плуг-рыхлитель ПБФР (Рисунок 2.19) обеспечивает глубину обработки почвенного пласта от 15 см до 40 см. Техническая характеристика плуга-рыхлителя ПБФР-5 представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5

Показатели	ПБФР-5
Ширина захвата, м:	5,0
Производительность, га/ч	3,5-5,3
Рабочая скорость, км/ч:	до 10
Количество рабочих органов: рыхлительных (глубина до 22-30 см) чизельных (глубина до 22-35 см), шт	7 8
Глубина обработки рабочих органов, см: - рыхлительных - чизельных	22-30 22-35
Масса машины, кг	2500
Удельная материалоемкость, кг/м	500

Из таблицы 2.1. видно, что ширина захвата плуга-рыхлителя составляет 5,0 м, что по сравнению с плугом ПНЛ-8-40 выше на 36% и с плугом ПБС-8М выше на 4%. А уменьшение межщелевого интервала у ПБФР-5 на 0,35 м на основании зависимостей (Рисунок 2.15) снизит затраты труда на 22,5%.

2.4.1 Анализ затрат труда при основной обработке почвы пахотным агрегатом К-701+ПБФР-5

Рассмотрим 4-й вариант (Рисунок 2.20) технологии производства сои с использованием операции комбинированной обработки почвы выполняемой фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР.



Рисунок 2.20 – Схема технологии производства сои при основной обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 (вариант 4)

Общие затраты труда по технологии производства сои с использованием операции комбинированной обработки почвы выполняемой фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР (вариант 4) составят:

$$Z_{тр} = Z_{уб} + Z_{л} + Z_{пах}^{ПБФР} + Z_{бор} + Z_{кул} + Z_{нос} + Z_{гер} + Z_{поль} \quad (2.55)$$

где, $Z_{пах}^{ПБФР}$ - затраты труда на комбинированную обработку почвы, чел.ч.

Производительность пахотного агрегата, состоящего из трактора тягового класса 5 и фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5 определим по выражению (2.7) с учетом сопротивления плуга-рыхлителя (Приложение А). Зависимость эксплуатационных показателей: производительности и затрат труда на основную обработку почвы фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 с трактором К-701 представлена на рисунке 2.21.

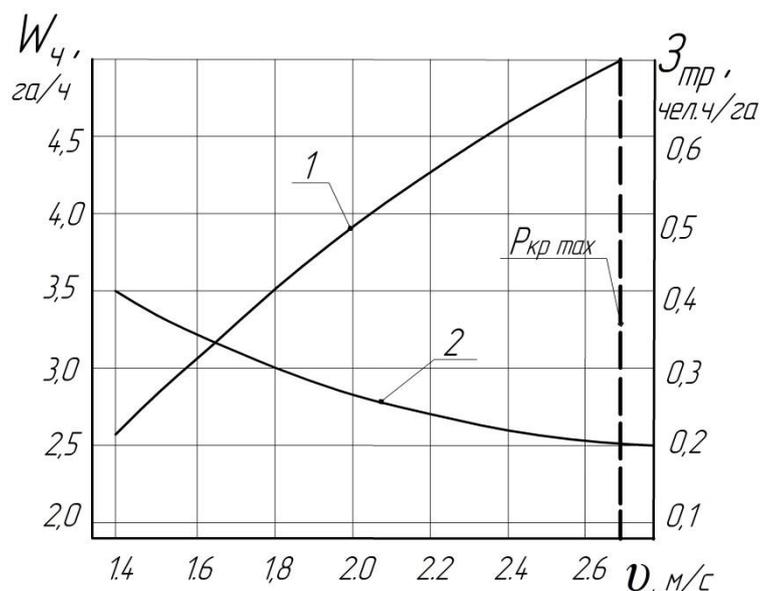


Рисунок 2.20 - Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПБФР-5.

В результате анализа зависимостей производительности и затрат труда пахотных агрегатов К-701+ПБФР-5 (Рисунок 2.20), К-701+ПНЛ-8-40 (Рисунок 2.3), К-701+ПБС-8М (Рисунок 2.7) от скорости движения установлено, что при скорости 2,7 м/с, ограниченной силой тяги трактора тягового класса 5 производительность К-701+ПБФР-5 (5,0 га/ч) выше производительности К-701+ПБС-8М (4,5 га/ч) на 10,0%, выше производительности К-701+ПНЛ-8-40 (3,0 га/ч) на 40,0%. Следовательно и затраты труда на основной обработке почвы агрегатом К-701+ПБФР-5 будут ниже агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40.

В результате расчета технологической карты возделывания сои на орошении по технологии – вариант 4 (Рисунок 2.20) с учетом снижения затрат труда на поливе (2,54) и комбинированной обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 затраты труда составили 592 чел.ч (Приложение Б). Распределение затрат труда по операциям представлено на диаграмме (Рисунок 2.22).

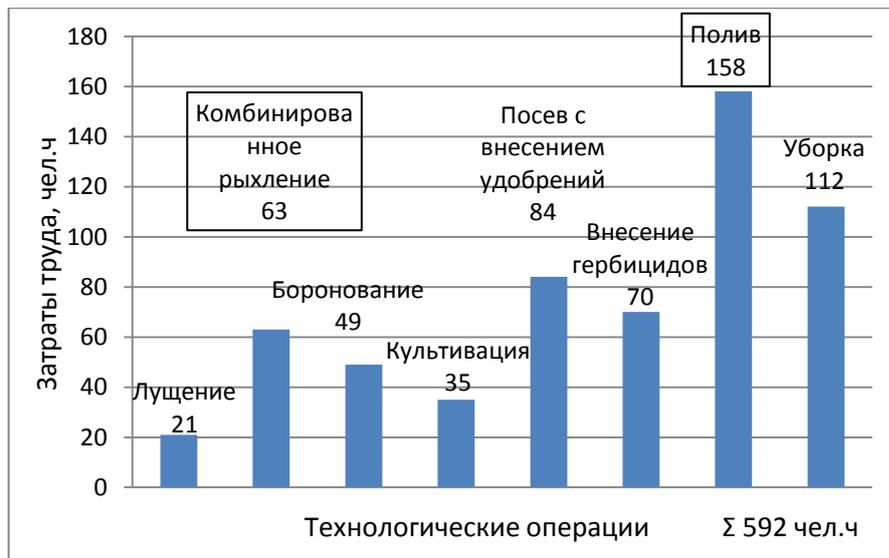


Рисунок 2.22 – Диаграмма затрат труда на операции при осенней основной обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР (вариант 4)

Анализируя значения затрат труда на операции производства сои по диаграмме (Рисунок 2.22) отмечаем, что трудоемкость на операции основной обработки почвы – комбинированное рыхление почвы снижена до 63 чел.ч.

Сравнивая с базовой технологией производства сои (вариант 1) замена отвальной вспашки на операцию рыхления ПБФР (вариант 4) дает снижение общих затрат труда на 23,1%. Относительно варианта 2 общие затраты труда снижаются на 19,4%.

2.5 Улучшение структуры почвы при основной обработке почвы

Учитывая изложенные материалы в разделе 1.5, проведем исследования заделки незерновой части урожая (НЧУ) в пахотный слой в процессе работы плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и ПБФР-5, технологические процессы работы которых, представлены в разделах 2.1.1, 2.1.2 и 2.3.

Согласно [30] почва при обработке лемешно-отвальным плугом может находиться в трех различных состояниях 1; 2 и 3:

1) отрезанный пласт, не теряя своей связности и призматического вида, переворачивается плугом верхом вниз (Рисунок 2.23, поз.1);

2) когда плуг отрывает совершенно неопределенные глыбы, которые обладают достаточной связностью и с трудом разбиваются при дальнейшей обработке (Рисунок 2.23, поз.2);

3) когда почва распадается на мелкие куски (Рисунок 2.23, поз.3).

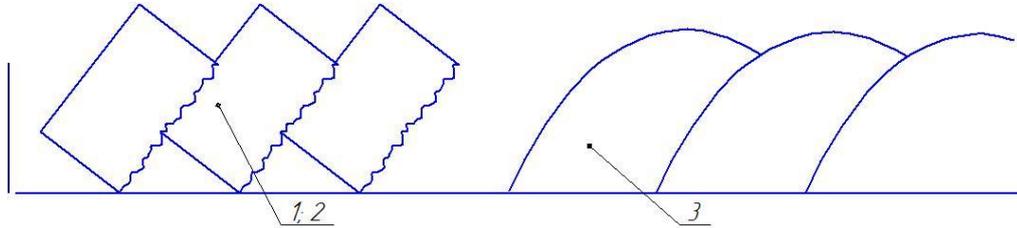


Рисунок 2.23 – Схема расположения пластов почвы при обороте лемешно-отвальным плугом находящихся в состоянии: 1; 2 и 3

По технологии отвальной вспашки плугами, согласно агротехническим требованиям [2] к такой технологии, при глубине вспашки на глубину до 30 см при обработке почвы, находящейся в 1-м и 2-м состояниях (Рисунок 2.23, поз.1 и 2) НЧУ будет располагаться по следующей схеме (Рисунок 2.24).

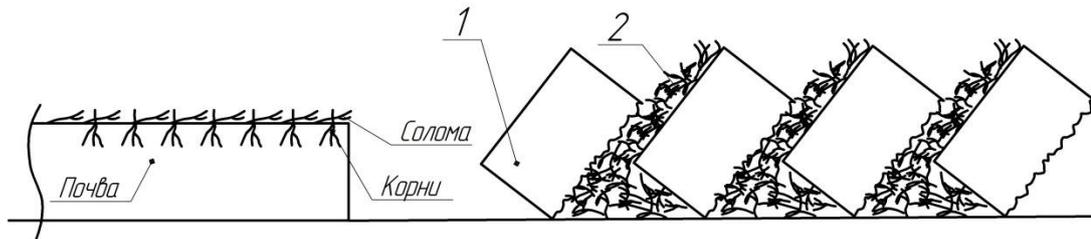


Рисунок 2.24 - Схема расположения НЧУ при обработке почвы, находящейся в состояниях 1 и 2: 1 – пласты почвы цельной формы с неразрушенной структурой; 2- сохранение пожнивных остатков в виде полос на стыках пластов

При нахождении почвы в 3-м состоянии согласно агротехническим требованиям [107] к такой технологии, при глубине вспашки на глубину до 30 см, при обработке почвы НЧУ будет располагаться ниже 15 см от поверхности поля. Схема расположения НЧУ при обработке почвы лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 по технологии (Рисунок 2.2) и находящейся в состоянии 3 представлено на рисунке 2.25.

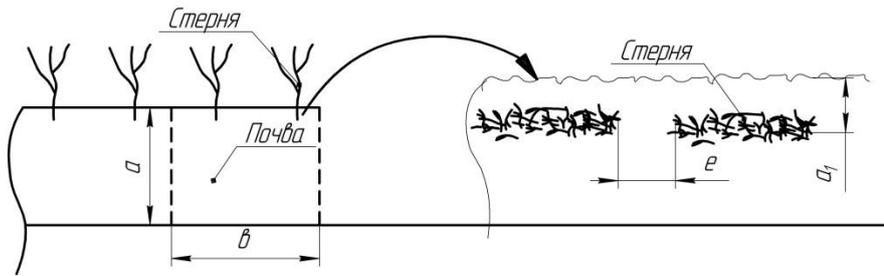


Рисунок 2.25 - Схема расположения НЧУ при обработке почвы, лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40, находящейся в состоянии 3

Схема расположения НЧУ при обработке почвы лемешно-отвальным плугом ПБС-8М по технологии (Рисунок 2.5) и находящейся в состоянии 3 представлено на рисунке 2.26.

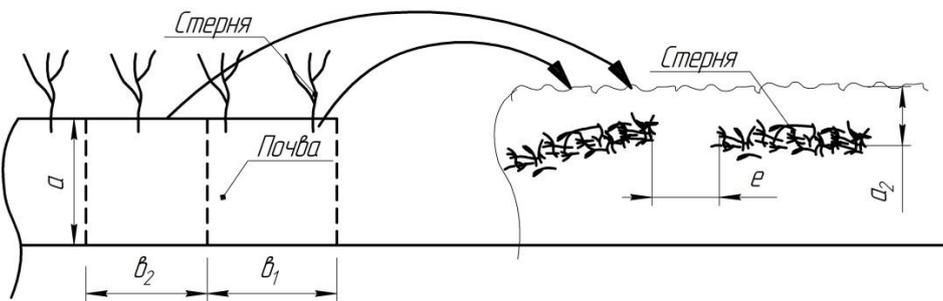


Рисунок 2.26 - Схема расположения НЧУ при обработке почвы, лемешно-отвальным плугом ПБС-8М, находящейся в состоянии 3

Из анализа технологических процессов обработки почвы с оборотом пласта (Рисунок 2.25 и 2.26) установлено, что основная величина незерновой части урожая (НЧУ) растений располагается по глубине в средней части пласта. По теории вероятности такое распределение НЧУ будет иметь следующий характер (Рисунок 2.27).

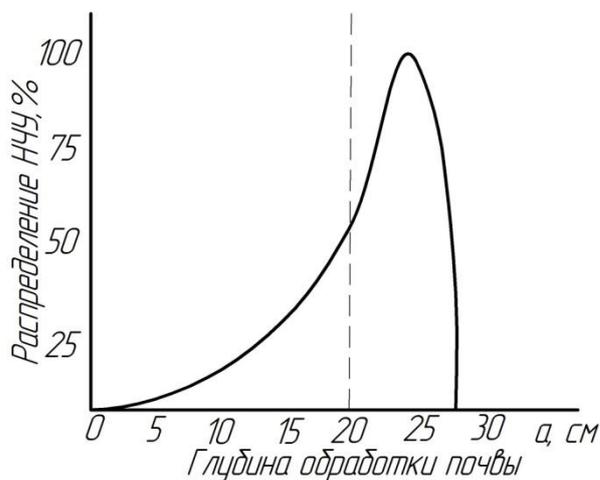


Рисунок 2.27 – Закономерность распределения НЧУ в пахотном слое при обработке почвы с оборотом пласта

Из рисунка 2.27 видно, что характер распределения НЧУ в пахотном слое по глубине, можно принять подчиняется закону распределения случайной величины - закону Вейбула [14, 62, 122].

Случайная величина X (частица НЧУ) подчиняется закону распределения Вейбула с параметрами λ и k , если её плотность распределения вероятностей $f_X(x)$ записывается в виде [62]:

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}, \quad (2.54)$$

где $\lambda > 0$ – коэффициент масштаба распределения НЧУ;

$k > 0$ – коэффициент формы распределения НЧУ.

Математическое ожидание и мода случайной величины, распределённые по закону Вейбула, имеют следующий вид [58]:

$$M(X) = a + b\Gamma\left(1 + \frac{1}{n}\right); \quad M_0 = a + \sqrt[n]{\frac{n-1}{n}}.$$

По технологии (Рисунок 2.18) комбинированной основной обработки почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 НЧУ распределяется равномерно в верхнем слое почвы на глубину до 10-15 см. Схема расположения НЧУ при обработке почвы находящейся в состоянии 3 представлена на рисунке 2.28.

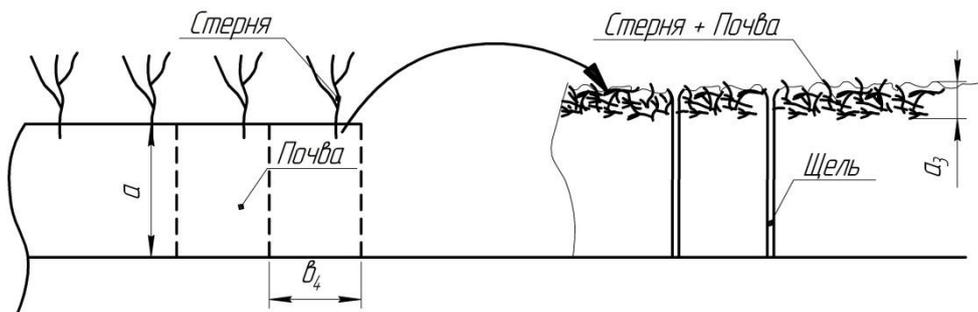


Рисунок 2.28 – Схема расположения НЧУ при обработке почвы, плугом-рыхлителем ПБФР-5, находящейся в состоянии 3

По теории вероятности [62] такое распределение НЧУ соответствует следующему характеру (Рисунок 2.29).

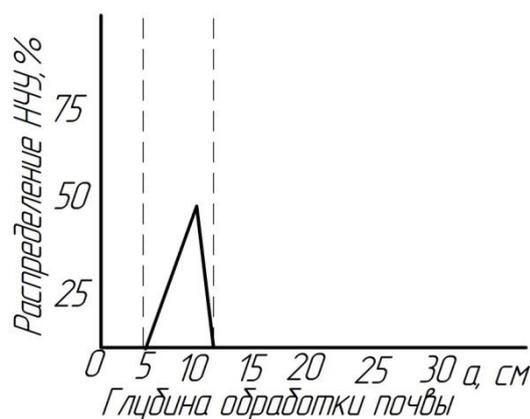


Рисунок 2.29 - Закономерность распределения соломы в пахотном слое при обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР

Из рисунка 2.29 видно, что характер распределения соломы в пахотном слое при обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР подчиняется закону равномерного распределения с постоянной плотностью распределения на отрезке $[a; b]$ [62] :

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [a; b], \\ \frac{1}{b-a}, & x \in [a; b]. \end{cases} \quad (2.55)$$

Все возможные значения равномерно распределённой случайной величины лежат в пределах некоторого интервала, в пределах которого все значения случайной величины одинаково вероятны (обладают одной и той же плотностью вероятности).

Выводы по разделу:

1. Общие затраты труда на технологию производства сои по базовой технологии с использованием плуга ПНЛ-8-40 составляют 770 чел.ч, а при использовании плуга ПБС-8М - 735 чел.ч., что ниже на 4,5%.

2. Повысить эффективность производства сои в орошаемом земледелии путем снижения затрат труда на поливе можно за счет увеличения впитывающей способности почвы щелеванием. Интенсивность поглощения воды почвой при щелевании будет выше, чем без щелевания, на величину коэффициента интенсивности поглощения воды почвой, который зависит от

параметров щели. При межщелевом интервале 0,7м, ширине щели 0,01 м и глубине щели 0,2м коэффициент интенсивности поглощения воды почвой составляет $k_u = 1,55$.

3. Применение на основной обработке почвы плуга ПНЛ-8-40 и щелереза ПЩК-3,8 увеличивает общие затраты труда базовой технологии на 4,8%. Для совмещения двух технологических операций в одну, необходимо использовать в орошаемом земледелии комбинированный технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5. Это снижает затраты труда в сравнении с плугом ПНЛ-8-40 на 23,1% и в сравнении с плугом ПБС-8М на 19,4%.

4. Анализ технологических процессов основной обработки почвы в орошаемом земледелии по критерию улучшения структуры почвы, путем заделки незерновой части урожая (НЧУ) в пахотный слой, предложено использовать законы распределения случайной величины из теории вероятностей. Установлено, что характер распределения НЧУ в пахотном слое при обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 подчиняется закону равномерного распределения.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для проверки и подтверждения результатов теоретических исследований составили программу и методику экспериментальных исследований.

Программа экспериментальных исследований включала:

1. В полевых условиях определить эксплуатационные и технологические показатели пахотных агрегатов, выполняющие технологический процесс основной обработки почвы на орошении лемешно-отвальными плугами ПНЛ-8-40 и ПБС-8М, плугом-рыхлителем ПБФР-5.

2. В полевых условиях определить производительность впитывания влаги почвой после обработки почвы лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 и плугом-рыхлителем ПБФР-5.

4. В полевых условиях определить распределение незерновой части урожая растений (стерни, соломы и растительных остатков) по глубине пахотного слоя, после работы плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и ПБФР-5.

4. В хозяйственных условиях проверить варианты технологии основной обработки почвы, применяемые при возделывании сои в системе орошаемого земледелия.

5. На основе результатов экспериментальных исследований определить экономическую эффективность применения технологии и плуга основной обработки почвы при производстве сои в системе орошаемого земледелия.

Экспериментальные исследования проводились в условиях АО «Агрофирма «Волга» Марковского района, УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ Энгельского района и ИП глава К(Ф)Х Кулибаба В.В. Энгельского района Саратовской области согласно методикам [75, 76],

изложенным в ОСТ 10.4.1 – 2001, и ОСТ 10.2.2- 2002 «Испытания сельскохозяйственной техники».

3.2. Объект исследования

Объектом исследования является технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый плугами общего назначения ПНЛ-8-40, ПБС-8М и фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 в агрегате с тракторами тягового класса 3: Т-150К и тракторами тягового класса 5: К-701, К-744. Схема технологического процесса основной обработки почвы плугом ПНЛ-8-40 представлена на рисунке 2.2, обработки почвы плугом ПБС-8М - на рисунке 2.5. Схема технологического процесса комбинированной основной обработки почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5, совмещающей рыхление пласта и щелевание почвы, представлена на рисунке 2.18.

3.3 Технические средства, используемые для экспериментальных исследований

Для определения эксплуатационно-технологических показателей работы пахотных агрегатов в составе трактора тягового класса 5 при основной отвальной обработке почвы по варианту 1 использовался лемешно-отвальный плуг общего назначения серии ПНЛ-8-40 (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Лемешно-отвальный плуг общего назначения ПНЛ-8-40 с трактором К-701

Техническая характеристика плуга приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Техническая характеристика плуга ПНЛ-8-40

Показатель	Значение показателя
Тип плуга	Навесной
Ширина захвата (конструктивная), м	3,2
Габаритные размеры, мм	
-длина	8380
-ширина	3880
-высота	3250
Дорожный просвет, мм	350
Масса плуга, кг	2150
Глубина пахоты, см	до 30
Количество рабочих органов, шт	8
Ширина захвата корпуса, мм	400
Расстояние между рабочими органами, мм	800
Производительность за 1 час основного времени, га/ч	2,8

Плуг ПНЛ-8-40 предназначен для пахоты под зерновые и технические культуры на глубину до 30 см почв, не засоренных камнями, плитняком и другими препятствиями, с удельным сопротивлением до 0,09 МПа и твердостью до 4 МПа. Плуг широко распространен на основной обработке почвы для возделывания сои в районах Российской Федерации с большим выпадением атмосферных осадков [31, 40, 41, 61, 64].

Для определения эксплуатационно-технологических показателей работы пахотных агрегатов в составе трактора тягового класса 3 и 5 при основной отвальной обработке почвы по варианту 2 использовался лемешно-отвальный плуг общего назначения серии ПБС-5М и ПБС-8М (рисунок 3.2 и 3.3).



Рисунок 3.2 – Лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-5М с трактором Т-150К



Рисунок 3.3 - Лемешно-отвальный плуг общего назначения ПБС-8М с трактором К-701:
1-рама; 2- опорные колеса с механизмами регулировки глубины; 3- рабочие органы

Плуг навесной восьмикорпусной марки ПБС предназначен для пахоты под зерновые и технические культуры, на глубину до 30 см почв, не засоренных камнями, плитняком и другими препятствиями, с удельным сопротивлением до 0,1 МПа, твердостью почвы до 4 МПа и влажностью до 28 %. В зависимости от состояния почвы для снижения тягового сопротивления плуга или улучшения заглубляемости плуга ширину захвата уменьшают за счет снятия корпусов с рамы плуга [93].

Техническая характеристика плугов общего назначения ПБС представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика плугов общего назначения ПБС

Показатель	ПБС-3М	ПБС-5М
Тип плуга	Навесной	Навесной
Ширина захвата (конструктивная), м	3,0	4,8
Габаритные размеры, мм		
-длина	3525	5640
-ширина	3250	4420
-высота	1870	1870
Масса плуга, кг	980	1780
Глубина пахоты, см	до 30	до 30
Количество рабочих органов, шт	5	8
Ширина захвата корпуса, мм	600	600
Расстояние между рабочими органами, мм	840	840
Ширина захвата правого лемеха, мм	40	40
Ширина захвата левого лемеха, мм.	20	20
Производительность за 1 час основного времени, га/ч	1,8-2,9	3,2-4,7

Конструкция плуга ПБС-8М содержит раму 1 (Рисунок 3.3), опорные колеса 2 с механизмами регулировки их положения относительно рамы (регулировка глубины пахоты) и рабочие органы 3 установленные на раме в ряд под острым углом к направлению движения.

Плуг общего назначения ПБС-8М работает следующим образом. При движении агрегата рабочие органы заглубляются на установленную глубину и производится вырезание почвенного пласта. Пласт почвы первым корпусом делится на две части, одна из которых – правая по ходу движения, поступает на правосторонний лемех, крошится, перемещается с оборотом и укладывается на необработанный пласт почвы. Вторая часть пласта почвы – левая по ходу движения, поступает на левосторонний лемех, где рыхлится и укладывается на дно борозды. Пласт почвы вторым и последующими корпусами также делится на две части, но уже правосторонним лемехом-отвалом левая разрыхленная первым корпусом часть пласта сталкивается в открытую борозду, а на неё укладывается раскрошенная с оборотом почва. Заделка в почву побочной продукции биологического урожая сельскохозяйственных культур (солома, солома, растительные и пожнивные остатки, ботва и т. п.) и частично корней возделываемых растений происходит за счет движения почвенного пласта по поверхности отвала. Далее технологический процесс обработки почвы повторяется.

Для определения эксплуатационно-технологических показателей работы пахотных агрегатов в составе трактора тягового класса 5 при основной комбинированной обработке почвы по варианту 5 использовался фронтальный плуг-рыхлитель ПБФР-5 (рисунок 3.4). Назначение, техническая характеристика и порядок работы плуга приведен в разделе 2.3 и на рисунках 2.18 - 2.19.

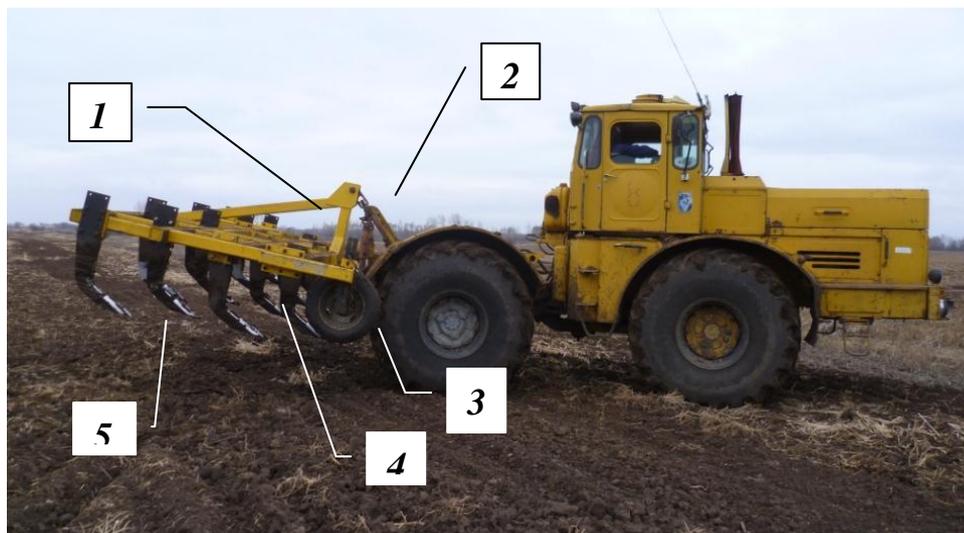


Рисунок 3.4 – Фронтальный плуг-рыхлитель ПБФР-5: 1 – рама; 2 – навеска плуга; 3 – опорное колесо; 4 – рыхлительный рабочий орган; 5 – чизельный рабочий орган

3.4 Методика экспериментальных исследований определения эксплуатационных показателей плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и плуга-рыхлителя ПБФР-5

Для определения затрат труда на выполнение технологической операции основной обработки почвы в полевых условиях устанавливался объем работы в единицу времени. На поле размечали участок (рисунок 3.5), по которому двигался исследуемый пахотный агрегат. На длине гона L_p обрабатываемого участка отмеряли и отмечали вешками длины (не менее 5) прохождения агрегата на устанавливаемой передаче трактора. Пахотный агрегат заезжал на поворотную полосу 1 и перед контрольной линией 2 опускал плуг в рабочее положение. Устанавливалась передача трактора для исследуемой скорости движения агрегата, затем начиналось движение. При прохождении первого рабочего органа плуга начальной границы 4 отмеченного участка вешками 3 включали секундомер и после прохождения последним рабочим органом плуга конечной границы 4 отмеченного участка, секундомер выключали, и фиксировали время t прохождения каждого участка 5. Скорость движения пахотного агрегата определяли по формуле:

$$v = L_{yч} / t, \quad (3.1)$$

где v – скорость движения агрегата, м/с;

$L_{yч}$ - длина участка загона, м;

t – время прохождения длины участка, с.

После прохождения последнего участка агрегат продолжал движение на расстояние длины выезда e агрегата за контрольную линию и совершал разворот $б$ в соответствии с выбранным способом движения - всвал.

Производительность пахотного агрегата, состоящего из трактора и плуга, определяли по выражению (3.2) [43]:

$$W_q = 0,36 B_{пл} \cdot v, \quad (3.2)$$

где $B_{пл}$ – ширина захвата плуга, м;

v – рабочая скорость пахотного агрегата, м/с.

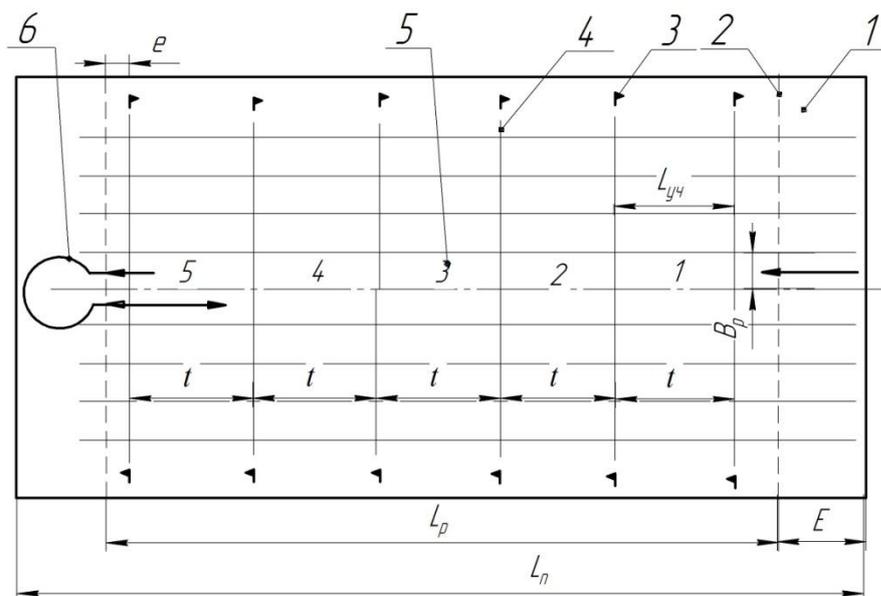


Рисунок 3.5 – Схема загона для определения производительности пахотного агрегата:
1 – ширина поворотной полосы; 2 – контрольная линия; 3 – вешки; 4 – граница участка;
5- номер участка; 6 – вид поворота агрегата

Затраты труда на основную обработку почвы пахотными агрегатами определяли по выражению:

$$Z_{mp} = 1 / W_q = 0,36 B_{пл} \cdot v. \quad (3.3)$$

3.5 Методика полевых исследований впитывания влаги почвой

Для оценки технологий основной обработки почвы при производстве сои на орошении по вариантам 1, 2 и 5 с использованием пахотных агрегатов К-701+ ПНЛ-8-40, К-701+ПБС-8М и К-701+ПБФР-5 определяли влажность почвы в обработанном пахотном слое.

Весной к началу проведения посева сои определяли накопление влаги в почве за осенне-зимний период. Сравнивали содержание влаги в почве обработанной лемешно-отвальным плугом общего назначения ПНЛ-8-40 и фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5. Влажность почвы определяли по длине обрабатываемого участка с пятикратной повторностью взятия проб. Бюксы с пробами почвы, взятыми на глубине 0-10; 10-20; 20-30см, высушивали в сушильном шкафу при температуре 105⁰ в течение 6 часов. Абсолютную влажность почвы A вычисляли по формуле [28]:

$$A = [(g - g') / g'] \cdot 100, \quad (3.4)$$

где g - масса образца влажной почвы, г;

g' - масса образца сухой почвы, г.

Взвешивание почвы производили с точностью до 0,01 г.

В дальнейшем определяли интенсивность впитывания влаги в почву непосредственно после полива дождевальными установками ДМУ «Фрегат». Определение влажности по вышеприведенной методике из-за большой трудоемкости и затрат времени не представляла возможности установить интенсивность впитывания влаги почвой в увеличенном диапазоне измеряемых слоев. Для этого разработали следующую методику контроля интенсивности впитывания влаги в почву. После прохождения полного оборота дождевальной установки проводили замеры влажности в пяти местах движения дождевальной установки ДМУ «Фрегат» (рисунок 3.6) площади поля, обработанного плугом ПНЛ-8-40 и поля, обработанного плугом-рыхлителем ПБФР-5.

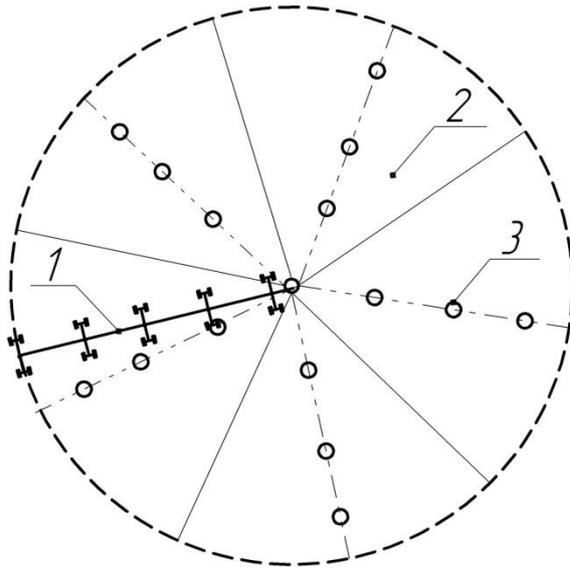


Рисунок 3.6 – Схема тестирования влажности почвы на поливном участке: 1- дождевальная установка; 2- площадь полива; 3- места замеров влажности

Тестирование осуществляли путем зондирования почвы на поверхности поля и на всей глубине a обработанной почвы в слоях $a_{cl} = 0-5$; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30 см (рисунок 3.7). Зондирование выполняли в трехкратной повторности: опыт №1; опыт №2 и опыт №3 (приложение Ж).

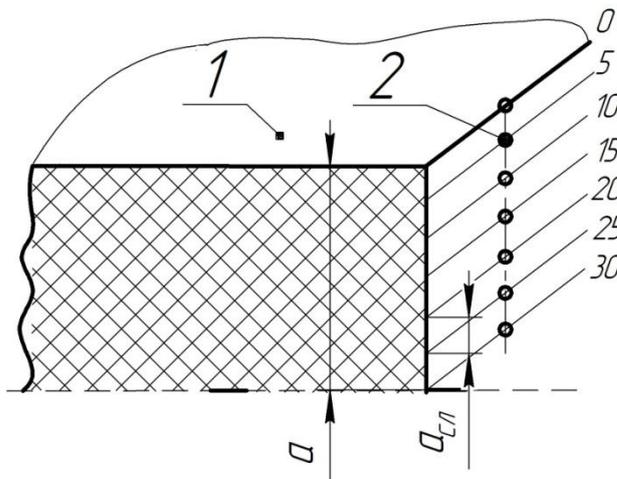


Рисунок 3.7 – Схема зондирования почвы по глубине обработанного слоя: 1- пахотный слой почвы; 2- точки зондирования почвы

Для определения содержания влаги в почве использовали экспресс-метод, основанный на измерении диэлектрической среды, зависящий от влажности почвы. Изменения содержания воды в почве вызывает изменения её диэлектрической постоянной, что позволяет определить соотношение между этими параметрами [5, 8, 18, 19, 24, 35, 78, 79, 80]. Приборы этого типа находят все более широкое использование для мониторинга влажности почвы в поле. Они просты в использовании и показываемые ими данные характеризуются высокой степенью точности. Влажность почвы определяется портативным измерителем – тестером ЭПА-103 (Рисунок 3.8).

Длина зонда 180мм из нержавеющей металла, (размеры 260x58x36мм) считывает диапазон влажности почвы по десятичной шкале: 0-10. При измерении зонд 1 вставляется в почву на глубину 5-10см, после 1-3 минут считывается уровень влажности в стрелочном циферблате 3. После удаления зонда из почвы, для последующего тестирования почвы, зонды протираются до полной чистоты.



Рисунок 3.8 – Тестер влажности почвы ЭПА-103: 1- зонд; 2- корпус; 3- стрелочный циферблат

Преимущества такого типа датчика, возможность быстро передавать измерения без проводов и дополнительного источника питания.

Измерение влажности проводили на участке, обработанном пахотным агрегатом К-701+ПБФР-5 с щелеванием почвы и на участке, обработанном пахотным агрегатом К-701+ПНЛ-8-40 без щелевания почвы. После тестирования влажности почвы в каждом слое (Рисунок 3.9), вычисляли среднее значение влажности, находящейся в объеме обработанной почвы:

$$\omega_{cp} = \Sigma \omega_n / n , \quad (3.5)$$

ω_{cp} – среднее значение содержания влаги в почве;

ω_n – значение n-ой величины содержания влаги в слое почвы;

n – количество замеров.

Определив среднее значение влажности, находящейся в объеме обработанной почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 с щелеванием и среднее значение влажности, находящейся в объеме обработанной почвы плугом ПНЛ-8-40 без щелевания, находили показатель k_w , характеризующий разницу влажности, вычисляемый по выражению:

$$k_w = W_{cp}^{пбфр} / W_{cp}^{пнл}, \quad (3.6)$$

где, k_w - показатель разницы влажности почвы, обработанной с щелеванием и без щелевания; W

$W_{cp}^{пбфр}$ - влажности почвы, обработанной ПБФР-5 с щелеванием;

$W_{cp}^{пнл}$ – влажность почвы обработанной ПНЛ-8-40 без щелевания.



Рисунок 3.9 – Измерение влажности почвы тестером ЭПА-103

Данным экспресс-методом измеряли также накопление влаги в почве за осенне-зимний период весной к началу проведения посева сои.

3.6 Методика экспериментальных исследований определения технологических показателей плугов ПНЛ-8-40, ПБС-8М и плуга-рыхлителя ПБФР-5

В 2015-2016 годах на полях АО «Агрофирма Волга» Марковского района (фон 1 и фон 4), УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ (фон 2), ИП глава К(Ф)Х Кулибаба В.В. (фон 3) Энгельсского района и Саратовской области были проведены полевые исследования технологии основной обработки почвы по критерию заделки пожнивных остатков. Агрофонами полей являлись: фон 1 – стерня озимой пшеницы; фон 2 – стерня проса; фон 3

– стерня яровой пшеницы; фон 4 – продискованное поле после уборки суданской травы.

Перед началом исследований определялись следующие показатели, характеризующие состояние почвы: тип почвы и название по механическому составу; рельеф; микрорельеф; влажность и твердость почвы по слоям, предшествующая обработка; средняя высота растительных и пожнивных остатков на поле (Рисунок 3.10).

Замеры проводились на учетных площадках пяти участков, расположенных по диагонали загона, путем наложения рамки размером 1×3м. В пределах каждой учетной площадки подсчитывали количество стерни и растительных остатков и производили по 10 измерений с погрешностью ± 0,5 см.



Рисунок 3.10 – Измерение высоты стерни озимой пшеницы

Влажность почвы определяли по методике отбора проб, описанной в разделе 3.5 и рассчитывали по формуле (3.4). Твердость почвы измеряли твердомером Ревякина. Полученные на миллиметровой бумаге динамограммы, обрабатывались с помощью планиметра. Расчет твердости почвы P производили по формуле:

$$P = p_n \cdot m_{np} / s, \quad (3.7)$$

где p_n - величина средней ординаты динамограммы плотности почвы, см;
 m_{np} - масштаб пружины, Н/см;

s - площадь поперечного сечения плунжера, см^2 .

В процессе полевых исследований определяли следующие показатели выполнения технологического процесса пахотным агрегатом: а) скорость движения, км/ч ; б) рабочую ширину захвата плуга, м ; в) глубину обработки, см ; г) профиль пласта почвы после прохода исследуемого плуга; д) гребнистость поверхности поля, см ; ж) полноту заделки растительных и пожнивных остатков, $\%$; з) профиль распределения растительных и пожнивных остатков по глубине; п) забивание и залипание рабочих органов. До начала движения пахотного агрегата в месте первого прохода на ширину захвата плуга устанавливали с помощью шнура контрольную линию (Рисунок 3.11). Шнур располагали горизонтально относительно дневной поверхности поля, который затем служил линией отсчета величин для построения профиля обработанного пласта почвы.



Рисунок 3.11 – Подготовка участка прохода агрегата

Глубину вспашки определяли методом поперечного профилирования. Для этого перед проходом машины на каждой учетной делянке вбивали две опорные стойки, на которые горизонтально натягивали шнур. Горизонтальность шнура проверяли по уровню (рисунок 3.11). Вертикальное расстояние от поверхности поля до шнура измеряли линейкой по всей

ширине захвата машины с интервалом 10 см (погрешность измерения $\pm 1,0$ см). Затем шнур снимали и производили агрегатом проход учетной площадки.

После прохода агрегата шнур натягивали в первоначальное положение с обязательной проверкой уровнем горизонтальности. Измерения повторяли в той же последовательности. Удалив взрыхленный слой почвы, проводили профилирование поверхности дна борозды. Повторность взятия профилей четырехкратная. Точность измерения $\pm 0,5$ см. Полученные данные обрабатывались методом математической статистики.

Исследования распределения пожнивных остатков по глубине проводили по отвесной стенке вырытой траншеи перпендикулярно направлению движения пахотного агрегата (Рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Вид траншеи на ширине захвата плуга

Глубина траншеи соответствовала глубине вспашки, а длина – не менее ширины захвата плуга. На стенке траншеи через каждые 10 см измеряли расстояние от дневной поверхности поля и от дна борозды, до заделанной в почву незерновой части урожая (НЧУ) (рисунок 3.13 и 3.14). Для этого использовали мерные линейки с точностью измерения $\pm 0,5$ см.



Рисунок 3.13 – Измерение профиля дна борозды



Рисунок 3.14 – Измерение распределения НЧУ в пахотном слое

Для оперативного определения распределения незерновой части урожая в пахотном слое по глубине использовали метод известный в геофизике как метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Крупные неоднородности или предметы, в том числе скопление органических участков незерновой части урожая, находящиеся в поверхностном слое почвы, можно обнаружить по изменению электрического сопротивления слоя почвы на глубине их залегания [82]. На рисунке 3.15 изображен прибор, разработанный по патенту на полезную модель РФ №147054 [81] (приложение Д), с помощью которого измеряли относительное изменение сопротивления почвы. Прибор состоит из

мегаомметра 1 магнитоэлектрической системы (рисунок 3.15) и основания 2 с двумя стержнями 3, погружаемые в почву. В верхней части основания 2 расположена рукоятка 4. Основание представляет изолированную трубу диаметром 15мм. К основанию 2 закреплены стержни 3 с пластинами-электродами 5. Пластины-электроды выполнены в виде треугольника, один из острых углов которого направлен в сторону внедрения в пахотный слой. Причем пластины-электроды обращены друг к другу и выполнены двухслойными, слой диэлектрика 6 - с наружной стороны, а слой токопроводящий 7 - с внутренней стороны.

Рисунок 3.15 – Прибор для измерения электросопротивления почвы: 1 – измеритель сопротивления; 2 – основание; 3 – стержень; 4 – рукоятка; 5 – электрод; 6 – слой диэлектрика; 7 – слой токопроводящий



Пластины- электроды изолированы друг от друга.

Прибором для измерения электросопротивления почвы пользовались следующим образом. Удерживая рукоятку 4 в вертикальном положении, нажимали на основание 2, внедряя стержни 3 с пластинами-электродами 5 в разрыхленную почву на необходимую глубину. По шкале измерителя сопротивления измеряли электросопротивление почвы. При последовательном изменении глубины пластин-электродов производили фиксацию электросопротивления. Измерение производили по всей ширине

захвата плуга при длине обработанного участка, равной ширине захвата плуга. Опыты проводили на пяти учетных площадках. Сравнивая полученные величины сопротивления, устанавливали на какой глубине заделаны пожнивные остатки. Перед каждым измерением нового участка прибор калибровали путем определения электросопротивления почвы без включений незерновой части урожая.

Рабочую ширину захвата определяли по разнице между замерами до прохода и после прохода агрегата в двух повторностях (рисунок 3.16).



Рисунок 3.16 – Измерение ширины захвата плуга

Устанавливали 50 колышков на необработанном участке через расстояние равное ширине захвата плуга с отступом 1 м от края борозды обработанной почвы. После каждого учетного прохода агрегата производили измерения рулеткой от каждого колышка до края обработанной почвы. Погрешность измерений составляла ± 1 см. Полученные данные обрабатывали методом математической статистики с получением среднего значения ширины захвата и стандартного отклонения.

Гребнистость поверхности поля определяли по результатам измерений высоты гребней. Высоту гребней определяли с помощью рейки и линейки. После прохода агрегата, по ширине захвата накладывали рейку на вершины гребней в местах, выбранных случайным образом (рисунок 3.17).

Измерения проводили от дна борозды между гребнями до нижней плоскости рейки. Погрешность измерений не более ± 5 мм. Всего измерений не менее 40.



Рисунок 3.17 – Измерение гребнистости поверхности пашни

В процессе рабочего хода в загоне на учетных площадках контролировали забивание рабочих органов почвой, растительными и пожнивными остатками. После каждого прохода на поворотной полосе плуг выглублялся, трактор останавливался и производился визуальный контроль состояния всех рабочих органов на наличие залипания почвой поверхностей рабочих органов.

Степень заделки пожнивных и растительных остатков, оставшихся на поверхности почвы, определяли по их массе. Учет незаделанных остатков проводили на 4-х учетных площадках длиной 5 м, шириной равной захвату машины. Незаделанные остатки собирали и взвешивали с погрешностью ± 10 -50 г. С каждой учетной делянки брали по одной пробе. Полученные данные подсчитывали по всем пробам. Массовую долю незаделанных в почву остатков ξ %, вычисляли по формуле [28]:

$$\xi = [(m_1 - m_2) / m_1] 100, \quad (3.8)$$

где m_1 – масса пожнивных и растительных остатков до прохода машины, переведенная на площадь учетной площадки ($5 \times S_0$), г;

m_2 – масса пожнивных и растительных остатков после прохода машины, г;
 S_o – площадь учетной площадки до прохода машины, м².

3.7. Методика обработки результатов исследований

При разработке методики обработки результатов исследований были учтены положения ГОСТов и рекомендации [25, 51, 55]. Определение оценок и доверительных границ проводили в соответствии с ГОСТ 11.0004-74 «Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения».

Доверительную вероятность сходимости полученных результатов теоретического исследования с результатами экспериментального исследования оценивали по критерию χ^2 (ГОСТ 11.0004-74). Задавались доверительной вероятностью:

$$\gamma = \text{Вер}(\chi^2 \leq (\chi^*)^2), \quad (3.9)$$

того, что величина χ^2 , полученная в следствие случайных отклонений частностей опытного распределения от соответствующих вероятностей теоретического распределения, будет меньше значения $(\chi^*)^2$, установленного для доверительной вероятности γ . По табличным данным (ГОСТ 11.0004-74) для доверительной вероятности находили величину $(\chi^*)^{2/k}$, вычисляли $(\chi^*)^2$ и сравнивали её с вычисленной по данным величину χ^2 . Если χ^2 оказывалась меньше $(\chi^*)^2$, то для принятой доверительной вероятности гипотеза о согласии опытного и теоретического распределения принималась, в противном случае – отвергалась.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

4.1 Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей плугов при обработке почвы в орошаемом земледелии

4.1.1 Условия проведения полевых исследований

Полевые исследования технологического процесса основной обработки почвы при производстве сои на орошении по вариантам 1; 2 и 4 (рисунок 2.1; 2.6 и 2.20) выполняемых лемешно-отвальными плугами общего назначения ПНЛ-8-40 (рисунок 1.8), ПБС-8М (рисунок 1.19) и фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 (рисунок 2.19) проводились на поливных полях хозяйства АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области (приложение 6).

Исследования эксплуатационных показателей плугов проводились на поле после уборки озимой пшеницы. Незерновая часть урожая включала разбросанную по поверхности поля измельченную солому, растительные и пожнивные остатки в виде вертикально стоящей стерни высотой 18 см, корни растений.

Рельеф полей был ровный, микрорельеф средневыраженный, а тип почв и механический состав – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, не засоренный плитняком и камнями. По результатам взятых проб на глубине работы корпуса плуга влажность почвы составляла: в слое 0-15 см 21,5% и слое 15-30 см 23,2%. Твердость почвы составляла 3,2 МПа в слое до 15 см и 3,5 МПа в слое 15-30 см.

4.1.2 Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

Полевые исследования пахотного агрегата состоящего из трактора тягового класса 5 К-701 и лемешно-отвального плуга ПНЛ-8-40 включали определение эксплуатационных показателей: часовой производительности и затрат труда на технологию основной обработки почвы поливных земель (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 - Лемешно-отвальный плуг ПНЛ-8-40 в агрегате с трактором К-701 при обработке почвы

Зависимости эксплуатационных показателей лемешно-отвального плуга ПНЛ-8-40 с трактором К-701 : производительность и затраты труда на основную обработку почвы представлены на рисунке 4.2.

Анализ зависимости (рисунок 4.2) производительности пахотного агрегата в функции скорости движения показывает, что часовая производительность изменяется по нелинейной закономерности. При этом величина часовой производительности (2), полученная при полевых исследованиях К-701+ПНЛ-8-40 меньше расчетной часовой производительности (1) и согласуется с вероятностью 0,05 во всем диапазоне скоростей от 1,53 м/с до 2,7 м/с. Затраты труда при работе пахотного агрегата на поле (4) получены выше теоретических (3) на 2 – 8,3%. Проверка эксплуатационных показателей пахотного агрегата ограничивалась тягово-сцепными свойствами ($P_{кр\ max}$) трактора К-701.

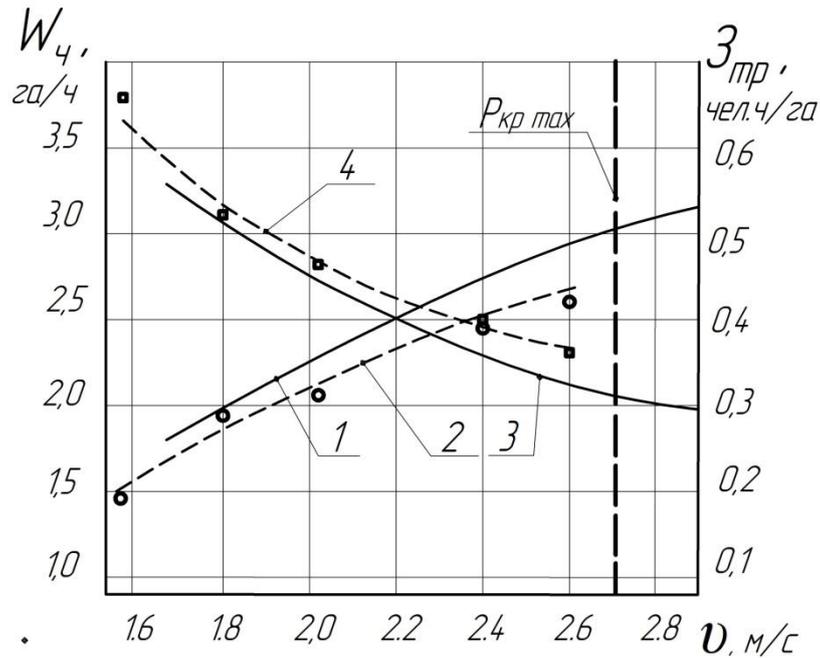


Рисунок 4.2 - Зависимость часовой производительности (1- теоретическая, 2- экспериментальная) и затрат труда (3- теоретическая; 4- экспериментальная) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

4.1.3 Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-8М

Исследования эксплуатационных показателей производительности и затрат труда на основную обработку почвы лемешно-отвального плуга ПБС-8М с трактором К-701 на поливных землях проводились в тех же условиях хозяйства ЗАО «Агрофирма Волга» Марковского района Саратовской области (рисунок 4.3), на тех же полях, где исследовали агрегат К-701+ПНЛ-8-40.

Результаты экспериментальных исследований пахотного агрегата представлены на рисунке 4.4.



Рисунок 4.3 - Лемешно-отвальный плуг ПБС-8М в агрегате с трактором К-701 при обработке почвы

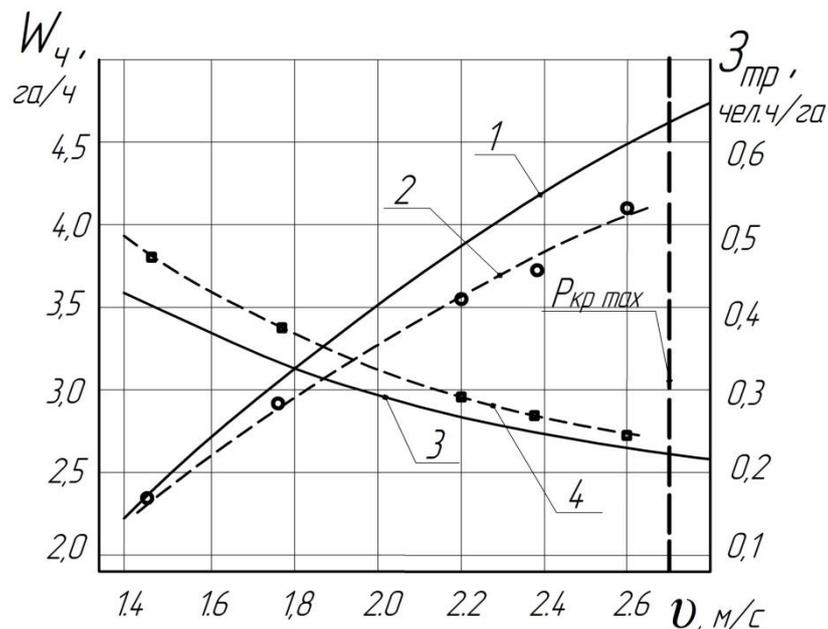


Рисунок 4.4 - Зависимость часовой производительности (1- теоретическая; 2- экспериментальная) и затрат труда (3- теоретическая, 4-экспериментальная) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПБС-8М

В результате анализа зависимостей (рисунок 4.4) производительности и затрат труда пахотного агрегата К-701+ПБС-8М в функции скорости движения показывает, что экспериментальные и теоретические зависимости изменяются по нелинейной закономерности. При основной обработке почвы К-701+ПБС-8М часовая производительность изменяется в диапазоне скоростей движения 1,44 – 2,7 м/с от 2,1 до 4,2 га/ч. В таком же диапазоне

скоростей производительность агрегата К-701+ПБС-8М получена выше производительности К-701+ПНЛ-8-40 (рисунок 4.2) на 28,5 – 35%. Экспериментальная зависимость часовой производительности (2) меньше расчетной зависимости (1) и согласуется с вероятностью 0,05 во всем диапазоне скоростей движения пахотного агрегата. Затраты труда (4) при работе пахотного агрегата К-701+ПБС-8М на поле получены выше теоретических (3) на 4 – 16,3%. Проверка эксплуатационных показателей пахотного агрегата ограничивалась тягово-сцепными свойствами ($P_{кр\ max}$) трактора К-701.

4.1.4. Результаты и анализ исследований эксплуатационных показателей пахотного агрегата К-701+ПБФР-5

Экспериментальная проверка эксплуатационных показателей фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5 с трактором К-701 проводилась по производительности и затратам труда на основную обработку почвы (Рисунок 4.5) также на поливных полях хозяйства АО «Агрофирма Волга» Марксовского района Саратовской области и результаты представлены на рисунке 4.6.



Рисунок 4.5 - Фронтальный плуг-рыхлитель ПБФР-5 в агрегате с трактором К-701 при обработке почвы

Анализ зависимостей (рисунок 4.6) производительности и затрат труда пахотного агрегата К-701+ПБФР-5 в функции скорости движения показывает, что обе зависимости изменяются по нелинейной закономерности. При этом закономерность изменения теоретической часовой производительности К-701+ПБФР-5 (поз.1, рисунок 4.6) с вероятностью 95% совпадает с экспериментальной закономерностью (поз.2, рисунок 4.6). Экспериментальная и расчетная зависимости (поз.4 и поз. 3, рисунок 4.6) затрат труда пахотного агрегата К-701+ПБФР-5 от скорости движения имеют также одинаковую закономерность, при этом закономерность изменения зависимостей на основании критерия χ^2 согласуется с доверительной вероятностью 0,05.

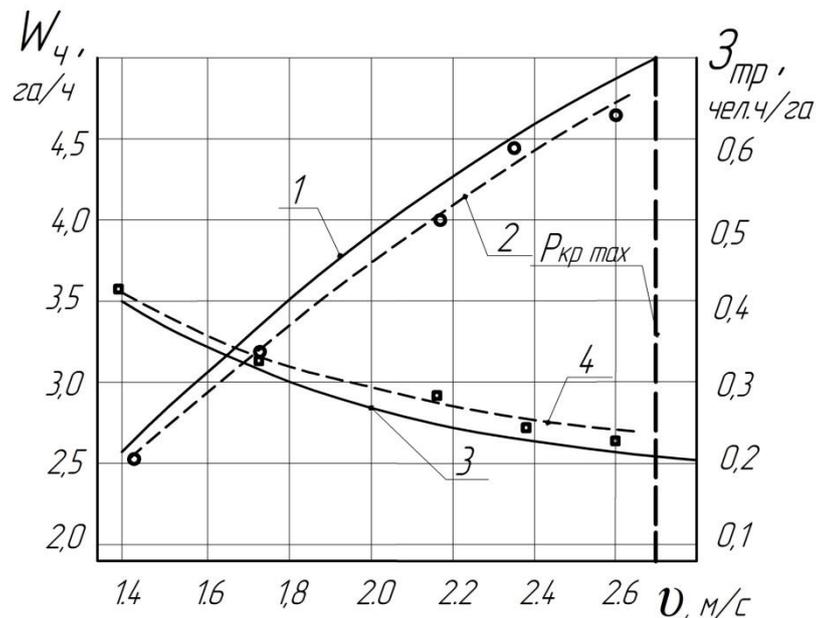


Рисунок 4.6 - Зависимость часовой производительности (1- теоретическая; 2 - экспериментальная) и затрат труда (3- теоретическая, 4-экспериментальная) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПБФР-5

В результате анализа зависимостей производительности и затрат труда пахотных агрегатов К-701+ПНЛ-8-40 (Рисунок 4.2), К-701+ПБС-8М (Рисунок 4.4) и К-701+ПБФР-5 (Рисунок 4.6) от скорости движения установлено, что при скорости 2,4 м/с производительность К-701+ПНЛ-8-40 составляет 2,5 га/ч, производительность К-701+ПБС-8М - 3,7 га/ч и производительность К-701+ПБФР-5 - 4,4 га/ч. Часовая производительность К-701+ПБФР-5 выше

агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 соответственно на 22,7 и 43,2%. Аналогично снижение затрат труда на основной обработке почвы агрегатом К-701+ПБФР-5 относительно агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 получено соответственно на 32,5 и 45%.

Из вышеизложенного следует, что закономерности изменения производительности и затрат труда пахотными агрегатами К-701+ПНЛ-8-40, К-701+ПБС-8М и К-701+ПБФР-5 на основной обработке почвы, полученные при экспериментальных исследованиях с доверительной вероятностью 0,05 совпадают с теоретическими зависимостями.

4.2 Результаты и анализ исследований впитывания воды почвой

Исследования способности впитывания влаги в почву для эффективного производства сои в орошаемом земледелии без проведения дополнительной операции щелевания почвы после основной обработки почвы: лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 и при совмещении операций рыхления и щелевания почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5, проводили в условиях АО «Агрофирма Волга» Марковского района Саратовской области.

Результаты экспериментальных исследований накопления влаги в почве за осенне-зимний период выпадения осадков к началу проведения посевов сои представлены в таблице 4.1. По методике, изложенной в разделе 3.5 провели измерение влажности почвы в семи точках по глубине обработанного слоя (приложение 7). Рассчитали среднее значение влажности почвы по выражению (3.5) и определили по выражению (3.6) показатель разницы влаги в почве.

Таблица 4.1 – Результаты исследований влажности почвы при влагонакоплении

№ Опыт а	Средняя влажность почвы при обработке плугом		Показатель разницы влаги в почве k_w
	ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	7,12	7,83	1,1
2	6,93	7,97	1,15
3	7,08	7,93	1,12

Анализ данных таблицы 4.1 показывает, что к периоду начала проведения сева на полях обработанных пахотными агрегатами К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПБФР-5 характер накопления влажности по всей глубине пахотного слоя 0-30 см практически одинаковый. Это подтверждается небольшой величиной показателя разницы влаги в почве $k_w = 1,1-1,15$. Средний показатель разницы влаги в почве k_w по результатам трех опытов составляет 1,12 (рисунок 4.7).

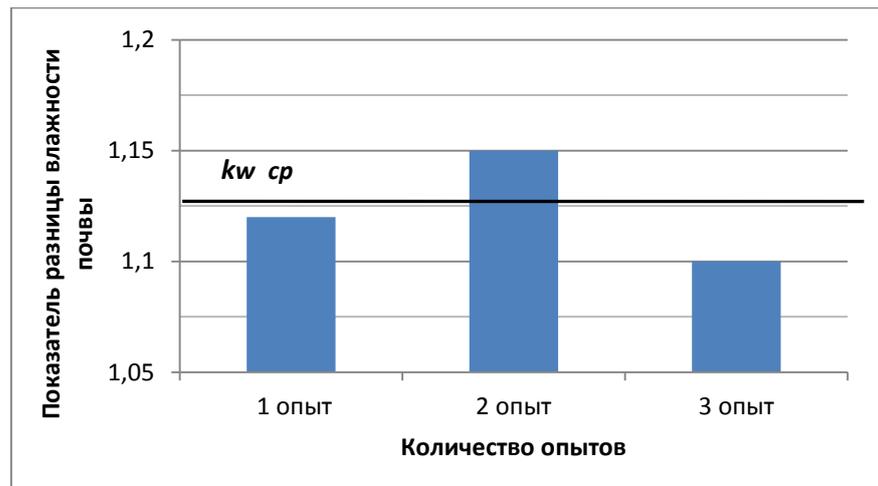


Рисунок 4.7- Диаграмма изменения показателя разницы влажности почвы

После проведения влагозарядкового полива посевов сои замеры влажности показали, что на поле обработанном пахотным агрегатом К-701+ПНЛ-8-40 интенсивность впитывания воды почвой отличается интенсивности впитывания воды почвой обработанной К-701+ПБФР-5 (приложение Ж). На глубине в слоях 0-5; 5-10 и 10-15 см показатель k_w практически не изменяется. Начиная с глубины 15см и ниже, показатель k_w

резко возрастает. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 4.2 и на диаграмме (Рисунок 4.8).

Таблица 4.2 - Результаты исследований влажности почвы после полива

№ Опыта	Средняя влажность почвы при обработке плугом		Показатель разницы влаги в почве k_w
	ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	7,15	9,82	1,38
2	6,41	8,97	1,4
3	6,12	8,51	1,39

Анализ данных таблицы 4.2 показывает, что средняя величина влаги в почве после основной обработки почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 выше средней влажности почвы после основной обработки почвы плугом ПНЛ-8-40. Показатель разницы влажности почвы k_w свидетельствует, что после полива интенсивность впитывания влаги в почву после обработки почвы ПБФР-5 выше интенсивности впитывания влаги в почву после обработки почвы ПНЛ-8-40. Средний показатель разницы влаги в почве k_w по результатам трех опытов составляет 1,39 (Рисунок 4.8).

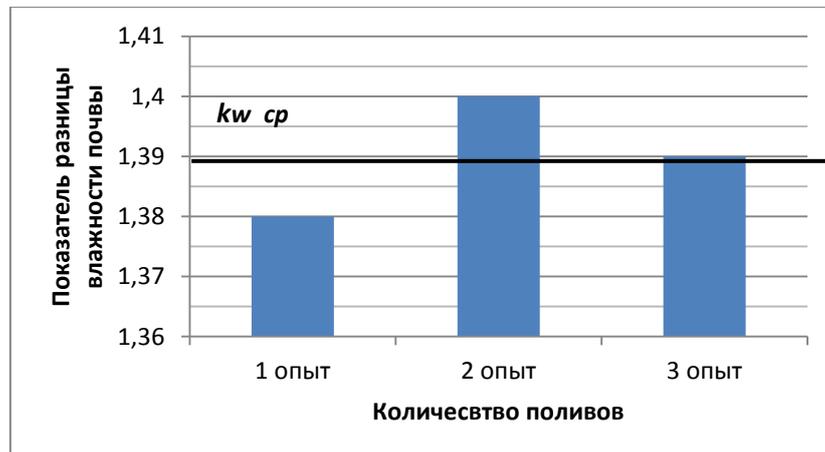


Рисунок 4.8 – Диаграмма изменения показателя разницы влажности почвы при поливе

Из вышеизложенного следует, что производительность впитывания воды почвой на поле, обработанном с щелеванием плугом-рыхлителем ПБФР-5 с параметрами межщелевого интервала 0,7м, шириной щели 0,01м и глубине щели 0,03м выше, чем обработанном ПНЛ-8-40 без щелевания.

Показатель разницы влаги в почве $k_w = 1,39$ подтверждает полученную (раздел 2.2) величину коэффициента интенсивности впитывания воды $k_u = 1,55$ и принятую для расчетов затрат труда на поливе при производстве сои на орошении (вариант 4).

4.3 Результаты и анализ исследований технологических показателей плугов при обработке почвы в орошаемом земледелии

4.3.1 Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

Исследования технологических показателей полноты заделки незерновой части урожая (НЧУ) культурных растений в пахотный слой, равномерности распределения НЧУ по глубине пахотного слоя, мульчирования поверхности пашни, глубину обработки, гребнистость поверхности пашни проводились по двум агротехническим фонам. В условиях АО «Агрофирма Волга» Марковского района Саратовской области по фону 1, приведенных в разделе 4.1.1 и в условиях УНПО «Поволжье» СГАУ с. Степное Энгельского района Саратовской области по фону 2.

Фон 2 представлял собой поле после уборки проса, измельченная солома которой была разбросана по поверхности поля. Рельеф полей был ровный, микрорельеф средневыраженный, а тип почв и механический состав – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, не засоренный плитняком и камнями. Влажность почвы в слоях 0-10, 10-20 и 20-30 см соответственно составляла: 18,8; 20,2 и 25,0%. Твердость почвы в этих слоях соответственно составляла 2,8; 3,0 и 3,3 МПа.

Исследования с применением лемешно-отвального плуга ПНЛ-8-40 по варианту 1 технологии производства сои проводились на обоих фонах с использованием трактора тягового класса 5 К-701 (рисунки 4.9 и 4.10).



Рисунок 4.9 - Пахотный агрегат К-701+ПНЛ-8-40 при обработке поля после озимой пшеницы



Рисунок 4.10 - Пахотный агрегат К-701+ПНЛ-8-40 при обработке поля после проса.

В результате проведения исследований при обработке полей по двум фонам плугом общего назначения ПНЛ-8-40 при ширине захвата 3,2 м, установочной глубине 25 см и скорости движения агрегата 8,0 км/ч были получены следующие профили обработанного слоя почвы (рисунок 4.11 и 4.12).



Рисунок 4.11 - Профиль пашни после прохода плуга ПНЛ-8-40 (фон 1)



Рисунок 4.12 - Профиль пашни после прохода плуга ПНЛ-8-40 (фон 2)

Пахотный агрегат К-701+ПНЛ-8-40 двигался по полю способом чередования движений всвал и вразвал. При первом проходе плуга наблюдалось образование свальной борозды (Рисунок 4.13).



Рисунок 4.13 - Вид свальной борозды после прохода плуга ПНЛ-8-40

Заделку в почву соломы и стерни, оставшихся на поле после уборки зерновых культур и исследование структурно-агрегатного состава почвы проводили после выполнения нескольких проходов агрегата по полю. Так как фон 1, из-за наличия большого количества куч соломы являлся не типичным для выполнения основной отвальной обработки почвы, показатели заделки НЧУ в дальнейшем не проводили.

Из анализа рисунка 4.14 следует, что профиль обработанного слоя почвы на рассматриваемом участке (фон 2) в среднем был равномерным. Дно обработанного слоя почвы имеют ровную уплотненную поверхность, с образованием плужной подошвы. Дневная поверхность обработанного поля имеет волнистую форму. Величина высоты гребней составляет не более 9,0 см. Вспушенность обрабатываемого пласта почвы (расстояние между дневной поверхностью необработанного поля и дневной поверхностью обработанного поля) в среднем составляла 8 см.



Рисунок 4.14 - Вид дневной поверхности пашни после работы плуга ПНЛ-8-40 (фон 2)

При исследовании профиля было установлено, что незерновая часть урожая - стерня и растительные остатки проса были заделаны в пахотный слой неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга (рисунок 4.15). Дневная поверхность пашни не перемешана с органикой, мульчирование отсутствует.

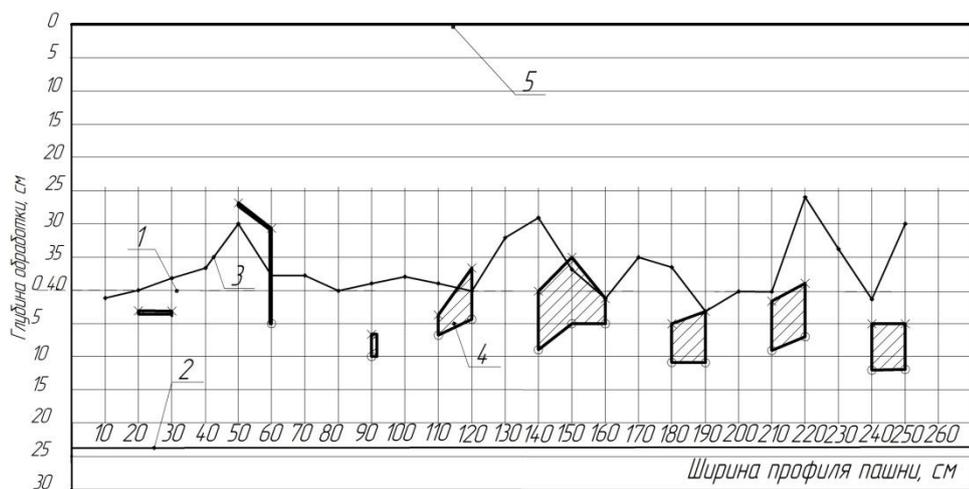


Рисунок 4.15 - Профиль обработанного слоя почвы после прохода плуга общего назначения ПНЛ-8-40: 1 – дневная поверхность необработанного поля; 2 – дно обработанного слоя почвы; 3 – дневная поверхность обработанного поля; 4 – незерновая часть урожая; 5- горизонтальная линия отсчета

Солома уложена рядами различной формы и разным количеством. Расстояние между рядами соломы на глубине заделки 5-12 см составляло от 20 до 30см. На дневной поверхности поля наблюдались частицы соломы в

рядах смыкания пластов почвы и находились на расстоянии 30-60 см. При этом стерня и солома на этой глубине находилась в наклоненном и в горизонтальном положении (Рисунок 4.16).



Рисунок 4.16 - Вид профиля пашни после работы плуга ПНЛ-8-40 (фон 2).

Ниже горизонта расположения стерни и растительных остатков пласт почвы находился в хорошо раскрошенном состоянии, в соответствии с предъявляемыми агротехническими требованиями [104]. Полученное сечение обработанного пласта в вертикально-поперечной плоскости почвы свидетельствует о том, что технологические показатели работы плуга ПНЛ-8-40 не в полной мере выполняют условия улучшения структуры почвы, водопроницаемости и влагосбережения.

4.3.2. Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПБС-8М

Полевые исследования технологического процесса основной обработки почвы по варианту 2 технологии производства сои (рисунок 2.6) выполняемого лемешно-отвальным плугом ПБС-5М (Рисунок 4.17) проводились на полях Крестьянско (фермерского) хозяйства Кулибаба В.В. и на полях хозяйства УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ с. Степное

Энгельсского района (рисунок 4.18) Саратовской области. Плуг ПБС-5М является аналогом плуга ПБС-8М и имеющие одинаковые рабочие органы.



Рисунок 4.17 - Лемешно-отвальный плуг ПБС-5М в агрегате с трактором Т-150К



Рисунок 4.18 - Лемешно-отвальный плуг ПБС-8М в агрегате с трактором К-744РЗ

Исследования эксплуатационно-технологических показателей плугов ПБС проводились аналогично плугу ПНЛ-8-40. Плуг ПБС-8М исследовался на одном фоне (фон 2), на поле после уборки проса (Рисунок 4.3). Влажность, твердость почвы и характеристики фона были такими же, как при исследовании плуга ПНЛ-8-40 на этом фоне (фон 2). Для исследований плуга ПБС-5М служило поле после уборки яровой пшеницы – фон 3 (Рисунок 4.19).



Рисунок 4.19- Фон поля после уборки яровой пшеницы (фон 3)

На поверхности поля находилась стерня яровой пшеницы высотой 19 см, измельченная солома и солома. К периоду полевых исследований появились всходы сорняков и отростки скошенных растительных остатков, высота которых превышала высоту стерни и составляла 22-25 см. Всего масса пожнивных остатков и растительности на одном квадратном метре равнялась в среднем 640,0 г. На поле также предварительно не выполнялись предшествующие обработки лущения и дискования. Рельеф поля и тип почвы, её механический состав в фермерском хозяйстве не отличались от свойств почвы с. Степное. Влажность почвы по слоям 0-10см, 10-20см и 20-30см составляла соответственно 24,6; 22,7 и 21,8%. Твердость почвы на поле после уборки озимой пшеницы по слоям 0-10см, 10-20см и 20-30см соответственно составляла 0,8; 1,4 и 1,8МПа.

Оценка применения лемешно-отвального плуга ПБС проводилась при полевых исследованиях с использованием трактора тягового класса 3 Т-150К (Рисунок 4.20) и тягового класса 5 К-744РЗ (рисунок 4.21).



Рисунок 4.20 - Пахотный агрегат Т-150К+ПБС-5М при обработке поля после уборки озимой пшеницы (фон 3)



Рисунок 4.21 - Пахотный агрегат К-744Р3+ПБС-8М при обработке поля после уборки проса (фон 2)

В результате проведения исследований при обработке полей по двум фонам плугами общего назначения ПБС при ширине захвата 3,0м у плуга ПБС-5М, и 4,8м у плуга ПБС-8М установочной глубине 25 см и скорости движения агрегата от 6,0 до 10,0 км/ч были получены следующие поверхности пашни (Рисунок 4.22 и 4.23).



Рисунок 4.22 - Поверхность пашни после прохода плуга ПБС-5М (фон 3)



Рисунок 4.23 - Поверхность пашни после прохода плуга ПБС-8М (фон 2)

Пахотные агрегаты Т-150К+ПБС-5М и К-744РЗ+ПБС-8М двигались по полю способом чередования движений всвал и вразвал. При первом проходе обоих плугов образование свальной борозды не наблюдалось. Заделку в почву соломы и стерни, оставшихся на поле после уборки зерновых культур и исследование структурно-агрегатного состава почвы проводили также после выполнения нескольких проходов агрегата по полю.

Из анализа рисунков 4.22 и 4.23 следует, что профиль обработанного слоя почвы на обоих участках (фон 2 и фон 3) в среднем был равномерным. Дно обработанного слоя почвы имеет ровную уплотненную поверхность, с

образованием плужной подошвы. Дневная поверхность обработанного поля более сглажена. Величина высоты гребней составляет не более 5,0 см. Вспушенность обрабатываемого пласта почвы в среднем составляла 8 см.

При исследовании профиля обработанного слоя почвы после работы плуга ПБС-8М было установлено, что незерновая часть урожая - стерня и растительные остатки проса были заделаны в пахотный слой также неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга (рисунок 4.24). Дневная поверхность пашни не перемешана с органикой, мульчирование отсутствует. Однако НЧУ более равномерно перемешана с почвой и находится на глубине 15-20см.

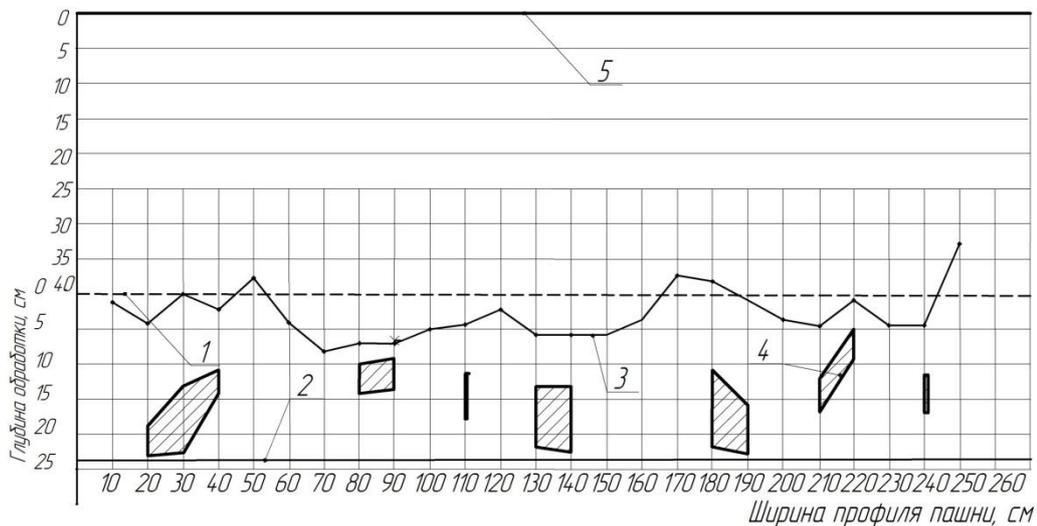


Рисунок 4.24 – Профиль обработанного слоя почвы после прохода плуга общего назначения ПБС-8М: 1 – дневная поверхность необработанного поля; 2 – дно обработанного слоя почвы; 3 – дневная поверхность обработанного поля; 4 – незерновая часть урожая; 5 – горизонтальная линия отсчета

После обработки почвы агрегатами Т-150К+ПБС-5М и К-744РЗ+ПБС-8М НЧУ уложена более горизонтально. Ширина слоя соломы на глубине заделки 10-15 см составляло от 5 до 15см. При этом стерня и солома на этой глубине находилась в основном в горизонтальном положении (Рисунок 4.25, 4.26).



Рисунок 4.25 - Вид профиля пашни после работы плуга ПБС-5М (фон 3)



Рисунок 4.26 - Вид профиля пашни после работы плуга ПБС-8М (фон 2)

Ниже горизонта расположения стерни и растительных остатков пласт почвы находился в хорошо раскрошенном мелко-комковатом состоянии и соответствовал предъявляемым агротехническим требованиям [107]. Полученное сечение обработанного пласта в вертикально-поперечной плоскости почвы свидетельствует о том, что технологические показатели работы плуга ПБС-8М недостаточно улучшают структуру почвы, водопроницаемость и влагосбережение.

4.3.3 Результаты и анализ исследований технологических показателей пахотного агрегата К-701+ПБФР-5

Полевые исследования технологического процесса основной обработки почвы по 4 варианту технологии производства сои (рисунок 2.20) выполняемого фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 (Рисунок 4.5) проводились на полях АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области.

Исследования технологических показателей плуга-рыхлителя ПБФР-5 проводились на поле после скашивания суданской травы (фон 4) (Рисунок 4.27). Перед основной обработкой почвы предварительно на поле выполнено дискование стерни почвообрабатывающим агрегатом К-701+БДМ-4х4.



Рисунок 4.27 - Фон поля после уборки суданской травы с предварительным дискованием (фон 4).

Измельченные стерня и растительные остатки суданской травы разбросанные по поверхности имели массу на одном квадратном метре в среднем 380,0 г. Рельеф поля был ровный, микрорельеф средневыраженный, а тип почв и механический состав – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, не засоренный плитняком и камнями. Влажность почвы по слоям 0-10см, 10-20см и 20-30см составляла соответственно 24,6; 26,5 и 28,2%. Твердость почвы на поле после уборки суданской травы и дискования по слоям 0-10см, 10-20см и 20-30см соответственно составляла

2,5; 2,8 и 3,1 МПа.

Оценка применения фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5 проводилась при полевых исследованиях с использованием трактора тягового класса 5 К-701 (рисунок 4.5). В результате проведения исследований при обработке поля по фону 4 плугом ПБФР-5 при ширине захвата 5,0м, при установочной глубине рыхлительных и чизельных рабочих органов 30 см и скорости движения агрегата от 6,0 до 10,0 км/ч была получена следующая поверхность пашни (рисунок 4.28).



Рисунок 4.28 - Поверхность пашни после прохода плуга ПБФР-5 (фон 4)

Пахотный агрегат К-701+ПБФР-5 двигался по полю челночным способом. При рабочем ходе агрегата стыки соседних проходов практически не отличались от междурядия рабочих органов плуга ПБФР-5. Заделку в почву НЧУ измельченной суданской травы, оставшихся на поле после скашивания и дискования, исследование структурно-агрегатного состава почвы проводили после выполнения нескольких проходов агрегата по полю.

Из анализа рисунка 4.29 следует, что профиль обработанного слоя почвы на участке (фон 4) в среднем был равномерным. Рыхлительными рабочими органами интенсивно перемешены пожнивные остатки с почвой в верхней части обрабатываемого пласта. Чизельными рабочими органами разрушена плужная подошва, значительно раскрошена почва и углублен пахотный горизонт. В результате на поверхности поля сформировался слитный мульчирующий слой с нарезанными на расстоянии 0,35 м щелями.

Обработанное поле имеет ровную поверхность, гребни отсутствуют. Вспушенность обрабатываемого пласта почвы в среднем составляла 5 см.

При исследовании профиля обработанного слоя почвы после работы фронтального плуга ПБФР-5 было установлено, что одна большая часть биологического урожая суданской травы - стерня и растительные остатки, была заделана в верхнем слое почвы, а другая меньшая часть распределена по поверхности пашни (рисунок 4.29). Дневная поверхность пашни состоит из перемешанной с почвой соломы, растительных остатков, выполнено мульчирование органикой. НЧУ равномерно перемешана с почвой и находится на глубине 3-12 см от дневной поверхности поля.

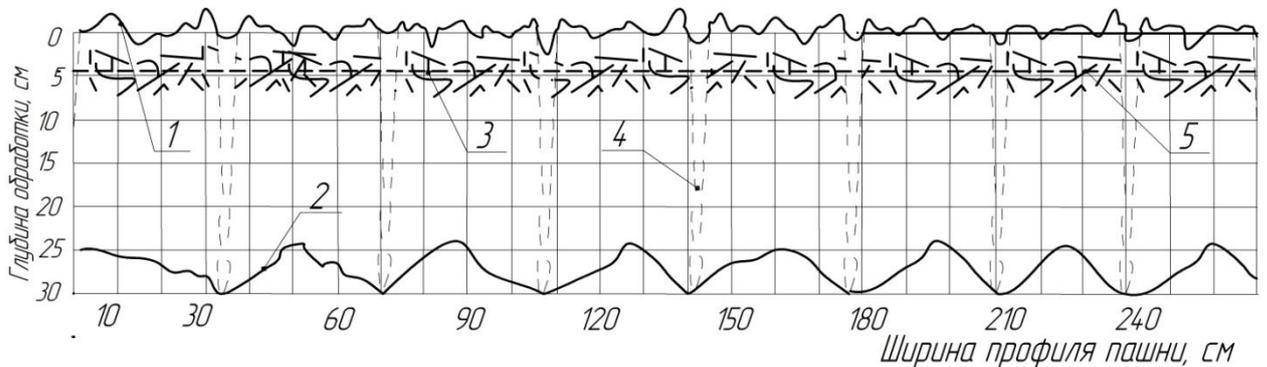


Рисунок 4.29 – Профиль обработанного слоя почвы после прохода плуга-рыхлителя ПБФР-5: 1 – дневная поверхность необработанного поля; 2 – дно обработанного слоя почвы; 3 – дневная поверхность обработанного поля; 4 – незерновая часть урожая; 5- горизонтальная линия отсчета; 6- щель

После обработки почвы агрегатом К-701+ПБФР-5 наблюдалась вспушенность почвы на 3-5 см выше необработанной дневной поверхности поля, стерня и солома на глубине до 12см находилась в горизонтальном и вертикальном положении (Рисунок 4.30).



Рисунок 4.30 - Вид профиля пашни после работы плуга ПБФР-5 (фон 4)

Ниже горизонта расположения стерни и растительных остатков пласт почвы находился в хорошо раскрошенном мелко-комковатом состоянии и соответствовал предъявляемым агротехническим требованиям [2]. На расстоянии 0,35 м явно выражено наблюдались щели на глубину до 0,28м. Полученное сечение обработанного пласта в вертикально-поперечной плоскости почвы свидетельствует о том, что технологические показатели работы фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5 позволяют улучшить структуру почвы, водопроницаемость и влагосбережение.

На рисунке 4.29 линия 5 показывает расположение средней величины НЧУ в обработанном слое почвы при обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР и подчиняется закону равномерного распределения. Случайная величина X (частица соломы) распределена равномерно на отрезке [0 - 260 см] ширины захвата плуга ПБФР-5, плотность распределения вероятностей постоянна на данном отрезке и согласуется с выражением (2.55). Все возможные значения равномерно распределённой случайной величины X лежат в пределах интервала ширины захвата плуга. В пределах этого интервала все значения случайной величины одинаково вероятны (обладают одной и той же плотностью вероятности).

Выводы по разделу:

1. Экспериментальные исследования эксплуатационных показателей плугов при обработке почвы в составе пахотных агрегатов К-701+ПНЛ-8-40, К-701+ПБС-8М и К-701+ПБФР-5 показали, что часовая производительность К-701+ПБФР-5 выше агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 соответственно на 22,7 и 43,2%. Затраты труда на основной обработке почвы агрегатом К-701+ПБФР-5 снижены относительно агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 соответственно на 32,5 и 45%. Закономерность изменения экспериментальной и теоретической производительности и затрат труда агрегатов от скорости движения согласуется с доверительной вероятностью 0,95 на основании критерия χ^2 .

2. Результаты экспериментальных исследований способности впитывания воды в почву показывают, что интенсивность поглощения воды почвой после основной обработки почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5, обеспечивающим рыхление почвы на глубину до 20см и нарезание щелей шириной 0,01м при межщелевом интервале 0,35 м на глубину до 35см выше интенсивности поглощения воды почвой после основной обработки почвы плугом ПНЛ-8-40 на глубине от 15см до 30см, соответственно на 32 – 44%.

3. Полученные результаты экспериментальных исследований технологических показателей плугов при обработке почвы в орошаемом земледелии показали, что основная масса незерновой части урожая заделывается в верхнем слое почвы на глубине до 12 см, а другая часть перемешивается с почвой, обеспечивая мульчирование, распределяется равномерно по дневной поверхности пашни после работы пахотного агрегата К-701+ПБФР-5. При этом происходит нарезание щелей шириной 0,01м с межщелевым интервалом 0,35м на глубину до 0,3м. Характер распределения НЧУ по профилю пахотного слоя при обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 подчиняется закону равномерного распределения случайной величины.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ОРОШЕНИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОИ

5.1 Экономическая эффективность технологии производства сои в орошаемом земледелии

Для оценки экономической эффективности производства сои на орошении при различных вариантах применения технологии основной обработки почвы: отвальная вспашка агрегатом К-701+ПНЛ-840 (вариант 1, рисунок 2.1), отвальная вспашка К-701+ПБС-8М (вариант 2, рисунок 2.6) и комбинированное рыхление почвы К-701+ПБФР-5 (вариант 4, рисунок 2.20) выполнили расчет технологической карты с использованием существующего машинно-тракторного парка в АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области (приложение Е).

Затраты труда в час работы пахотного агрегата на основной обработке почвы с учетом (2.7) определяли [43]:

$$Z_{mp} = m / W_{\text{ч}} , \quad (5.1)$$

где, Z_{mp} – затраты труда, чел.ч/га [10];

m – количество трактористов-машинистов обслуживающих один агрегат, чел.; $W_{\text{ч}}$ – часовая производительность агрегата, га/ч.

Производительность впитывания воды в почву при работе дождевальной установки на поливе без щелевания определили по выражению:

$$W_I = S / T_{\text{пол}} , \quad (5.2)$$

где, S – площадь полива, га;

$T_{\text{пол}}$ – время полива, ч.

Производительность впитывания воды в почву при работе дождевальной установки на поливе с щелеванием с учетом (2.48) определили по выражению:

$$W_2 = S / T_{пол} k_u, \quad (5.3)$$

где, k_u - коэффициент интенсивности впитывания воды почвой.

Производительность впитывания воды в почву при работе дождевальной установки ДМУ-Б463-90 «Фрегат» [90] с 15 тележками, радиусом полива $R = 433$ м (приложение 3), при норме полива 300 м^3 , согласно (5.2) 59 га за один оборот в течении 48ч, составляет 29,5 га в сутки, 8,6 га за нормативную смену, 1,23 га/час.

$$W_1 = 59 / 48 = 1,23 \text{ га/ч.}$$

При поливе с щелеванием площади поля 59 га согласно (5.3):

$$W_2 = 59 / 48 \cdot 1,55 = 1,93 \text{ га/ч.}$$

Эксплуатационные затраты по технологии складываются из суммы прямых, эксплуатационных затрат по каждой операции, включая затраты на транспортировку семян, удобрений и урожая [43]:

$$I_s = C_{zn} + C_a + C_p + C_z + C_{тр}, \quad (5.4)$$

где C_{zn} – фонд заработной платы, руб.;

C_a – амортизационные отчисления, руб.;

C_p – затраты на ремонт и ТО техники, руб.;

C_z – затраты на ТСМ, руб.;

$C_{тр}$ – затраты на транспортировку, руб.

Фонд заработной платы определяли:

$$C_{zn} = n \cdot C_m \cdot Ч \cdot K_3,$$

(5.5)

где n – количество нормо-смен;

C_m – тарифная ставка трактористов-машинистов, руб.;

$Ч$ – количество работников на один агрегат;

K_3 – коэффициент, учитывающий все виды доплат и отчислений.

На тех операциях, где используются вспомогательные рабочие, их фонд заработной платы складывается с фондом заработной платы трактористов-машинистов.

Амортизационные отчисления определяли как сумму по всем составляющим МТА (трактору, сцепке, сельскохозяйственной машине):

$$C_a = \frac{1,15 \cdot n \cdot 7}{100} \sum \frac{C_m \cdot a \cdot N}{T_{год}},$$

(5.6)

где C_m – цена машины, руб.;

a – норма амортизационных отчислений, %;

N – количество машин в агрегате, шт.;

$T_{год}$ – количество часов работы машины в течение года, час.

Затраты на капитальный, текущий ремонт и техническое обслуживание определяли как сумму по всем составляющим МТА (трактору, сцепке и сельскохозяйственной машине):

$$C_p = \frac{1,15 \cdot C_m \cdot (a_1 + a_2) \cdot N \cdot n \cdot 7}{100 \cdot T_{год}}, \quad (5.7)$$

где a_1 – норма отчислений на капитальный ремонт, %;

a_2 – норма отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, %;

По сельскохозяйственным машинам затраты на капитальный ремонт не определяются, поэтому затраты на ремонт и ТО рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{1,15 \cdot C_m \cdot a_2 \cdot N \cdot n \cdot 7}{100 \cdot T_{год}},$$

(5.8)

Для расчета затрат на топливо и смазочные материалы использовали комплексную цену 1 кг ТСМ, которая включает в себя стоимость дизельного топлива, смазочных материалов и пускового бензина.

$$C_z = Q_m \cdot C \cdot K_{см},$$

(5.9)

где C_z – стоимость ГСМ, руб.;

Q_m – количество дизельного топлива, кг.;

C – цена 1 кг топлива, руб.;

$K_{см}$ – коэффициент, учитывающий затраты на смазочные материалы.

Количество топлива, израсходованного на одной операции, определяли умножением погектарного расхода топлива на объём работ:

$$Q_m = \theta \cdot U,$$

(5.10)

где θ – расход топлива на единицу работы, кг.;

U – объём работ, га, т.

Затраты на транспортировку определяли как произведение объема перевозок на себестоимость одного тонно-километра.

$$C_{тр} = Q \cdot C_{ткм},$$

(5.11)

где Q – объём грузоперевозок, т-км;

$C_{ткм}$ – себестоимость 1 т-км, руб. ($C_{ткм} = 10,0$ руб./т-км).

Объём перевозок в т-км находили путем умножения количества перевозимого груза на расстояние перевозки. Количество перевозимого груза определяли произведением площади поля на урожайность сельскохозяйственной культуры или на норму расхода материала, если груз – удобрения или семена.

Общие затраты на производство сои определяли:

$$C_{общ} = I_з + C_{сем} + C_{уд} + C_{герб} + C_{пр}, \quad (5.12)$$

где $I_з$ – прямые эксплуатационные затраты, руб.;

$C_{сем}$ – затраты на семена, руб.;

$C_{уд}$ – затраты на удобрения, руб.;

$C_{герб}$ – затраты на гербициды, руб.;

$C_{пр}$ – накладные расходы, руб.

Для расчета потребности в семенах определяли по норме высева семян на 1 га площади посева для условий Саратовской области. Для расчета затрат на семена применяли закупочные цены 2016 года.

Расчет затрат на семена определим по следующей формуле:

$$C_{сем} = H_e \cdot U \cdot Ц,$$

(5.13)

где H_e – норма высева, кг/га, ($H_e = 240$ кг/га);

U – площадь посева, га, ($U = 300$ га);

$Ц$ – цена семян, руб./кг, ($Ц = 9,1$ руб./кг).

$$C_{сем} = 240 \cdot 300 \cdot 9,1 = 655200 \text{руб.}$$

Расчета затрат на удобрения и гербициды:

$$C_{уд(герб)} = H_e \cdot U \cdot Ц,$$

(5.14)

где H_e – норма внесения, кг/га;

U – площадь, га;

$Ц$ – цена удобрений (гербицидов), руб./кг.

$$C_{уд} = 100 \cdot 300 \cdot 10 = 300000 \text{руб.}$$

$$C_{гер} = 1 \cdot 300 \cdot 55 = 16500 \text{руб.}$$

Накладные расходы принимали в размере 25 % от суммы затрат на оплату труда, начисленной амортизации и затрат на техническое обслуживание и ремонт:

$$C_{нр} = 0,25 \cdot (C_{зн} + C_a + C_p)$$

(5.15)

По результатам расчета технологической карты с помощью программы (МТР Calculation v2.1) общие эксплуатационные затраты по технологии производства сои по варианту 1 с использованием агрегата К-701+ПНЛ-8-40 составили 7976183 рублей, по варианту 2 с использованием агрегата К-701+ПБС-8М 7753311 рублей и по варианту 4 с использованием агрегата К-701+ПБФР-5 6376194 рублей.

Себестоимость одного центнера сои, руб./ц:

$$C_{\sigma} = \frac{C_{общ}}{Q},$$

(5.16)

где $C_{общ}$ – общие затраты на производство продукции, руб.;

Q – валовой сбор сои, ц (4500ц при плановой урожайности 15 ц/га на площади 300га) (приложение 2).

По результатам расчета технологической карты себестоимость одного центнера сои по технологии вариант 1 составила 1648 рублей, по варианту 2 - 1602 рублей, а по варианту 4 - 1318 рублей (таблица 5.1).

Годовую экономию эксплуатационных затрат определяли по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = (I_{эс} - I_{эн}) \cdot Q,$$

(5.17)

где \mathcal{E}_2 – годовая экономия эксплуатационных затрат, руб.;

$I_{эс}$ – эксплуатационные затраты по базовой технологии, руб/ц;

$I_{эн}$ – эксплуатационные затраты по разработанной технологии, руб/ц.

Таблица 5.1 – Показатели экономической эффективности применения технологии основной обработки почвы на орошении при производстве сои

Наименование показателя	Технология производства сои		
	Вариант 1 (ПНЛ-8-40)	Вариант 2 (ПБС-8М)	Вариант 4 (ПБФР-5)
Производительность пахотного агрегата, га/ч	3,0	4,8	5,0
Затраты труда, чел.ч/га	0,33	0,21	0,2
Производительность впитывания воды почвой, га/ч	1,23	1,23	1,93
Затраты труда по технологии, чел.ч	770	735	592
Снижение затрат труда по технологии, %	-	-	23,1/19,47*
Эксплуатационные затраты по технологии, руб	5724939	5515591	4418866
Снижение эксплуатационных затрат по технологии, %	-	-	22,8/19,8*
Себестоимость продукции, руб/ц	1648	1602	1318
Годовая экономия эксплуатационных затрат по технологии, руб/га	-	-	4950/4260*

*- в числителе в сравнении с вариантом 1, в знаменателе с вариантом 2.

5.2 Результаты внедрения рациональной технологии производства сои в орошаемом земледелии

В 2015 году в АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области применены основная обработка почвы на поливных землях для возделывания сои, выполняемая по базовой технологии с использованием плуга ПНЛ-8-40 (вариант 1) и основная обработка почвы с использованием фронтального плуга-рыхлителя ПБФР-5 (вариант 4). Оросительная сеть хозяйства включала несколько насосных станций (НС): НС «Аннушка», НС «Саратовка», НС №58П, НС №47, НС «БКНС» подающих поливную воду к дождевальным установкам ДМУ-Б463-90 «Фрегат». Обработанные осенью 2014 года по двум технологиям поля были засеяны весной 2015 года соей сорта «Амфор» (приложение 8).

В процессе вегетационного периода развития растений сои в 2015г на сравниваемых полях проводились внесение минеральных удобрений в равных дозах и поливы одинакового количества, от трех до пяти (приложение 8). После уборки урожая сои были получены следующие результаты (рисунок 5.1).

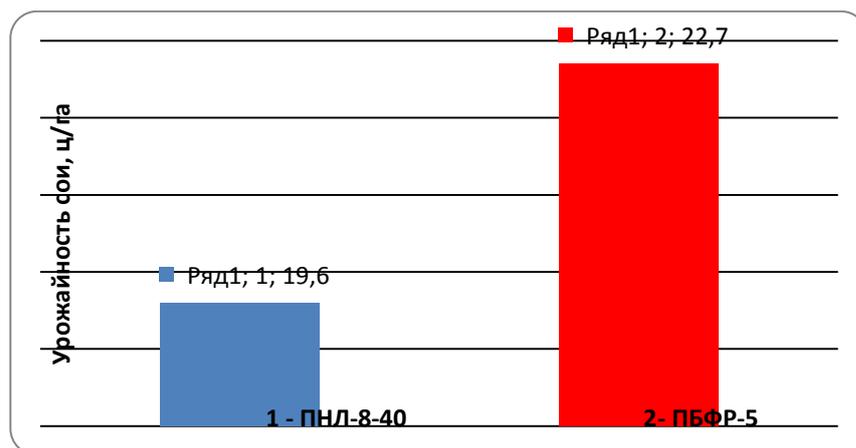


Рисунок 5.1 - Диаграмма урожайности сои при разных технологиях основной обработки почвы

Анализ данных диаграммы показывает, что после поливе полей обработанных ПНЛ-8-40 и ПБФР-5, на полях обработанных по технологии

фронтальными плугами-рыхлителями ПБФР-5 прибавка урожая сои составила более 3 ц/га (приложение 8).

При обработке почвы было установлено, что производительность пахотного агрегата, состоящего из плугов ПНЛ-8-40 составляла 2,5 га/ч, а при обработке почвы фронтальными плугами ПБФР-5 - 4,0 га/ч. При этом погектарный расход топлива при работе лемешно-отвальных плугов на глубину 25 см составил 19 кг/га, а при работе фронтальных плугов на глубину 30-35 см 16 кг/га.

Поверхность поля обработанного фронтальными плугами было ровным (Рисунок 5.2) и не превышало допустимых требований агротехники. Следует отметить, что фронтальные плуги могли работать челночным способом без образования свальных и развальных борозд, что значительно влияет на выполнение требования к посеву растений сои.

На поверхности поля почва была взрыхленной с образованием мульчирующего слоя толщиной 10-12 см, предотвращающего водную и ветровую эрозию и снижающего испарение воды. Ниже мульчирующего слоя в раскрошенной почве на глубине ниже 15 см к весне 2015г. произошло разложение растительных остатков, корней, стерни. По образованным углублениям от рабочих органов ПБФР-5 и щелям (рисунок 5.3) проникали атмосферные осадки и вода при вегетационных поливах, которые аккумулировались в подпахотном горизонте.



Рисунок 5.2 - Поверхность поля весной 2015г. обработанного плугом ПБФР-5 осенью 2014г.



Рисунок 5.3 - Профиль обработанного слоя почвы плугом ПБФР-5

На поверхности поля обработанного осенью 2014 года лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 весной 2015 года при таянии снега, образовывались ручьи стока талой воды (рисунок 5.4). Темная открытая поверхность пашни способствовала интенсивному испарению влаги. Свальные, развальные гребни и борозды от стока воды значительно влияли на выравнивание почвы под посев сои.



Рисунок 5.4- Поверхность поля весной 2015г обработанного плугом ПНЛ-8-40 осенью 2014г.: 1- вид стока талой воды с поверхности пашни.

Выводы по разделу:

1. При возделывании сои на орошении в хозяйстве АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области показало, что за счет применения на основной обработке почвы плуга-рыхлителя ПБФР-5 (вариант 5) получено снижение затрат труда на 23,1% и 19,47% в сравнении с применением плугов ПНЛ-8-40 (вариант 1) и ПБС-8М (вариант 2).

2. Снижение эксплуатационных затрат по технологии производства сои с использованием агрегата К-701+ПБФР-5 за счет повышения производительности работы себестоимость производства сои снижается на 330 руб/ц в сравнении с использованием агрегата К-701+ПНЛ-8-40 и на 284 руб/ц в сравнении с использованием агрегата К-701+ПБС-8М.

3. Проведенные исследования технологий производства сои на орошении с различными вариантами основной обработки почвы и различным количеством поливов в течении вегетационного периода роста растений показал, что в сравнении с серийным плугом ПНЛ-8-40, обработка почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 повышает урожайность сои на 3 ц/га.

4. Снижение эксплуатационных затрат по варианту 4 на производство сои на 22,8 % в сравнении с вариантом 1 и на 19,8% в сравнении с вариантом 2, способствовало получению соответственно годового экономического эффекта в сумме 4950 и 4260 руб/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная задача - повышение эффективности технологии основной обработки почвы в системе орошаемого земледелия, путем совершенствования технологического процесса основной обработки почвы, с применением фронтального плуга рыхлителя ПБФР-5.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили сформулировать основные выводы:

1. Анализ базовой технологии производства сои в орошаемом земледелии показал, что наиболее энергозатратными операциями являются основная обработка почвы и полив. Основными направлениями роста эффективности технологии, снижающими затраты труда являются повышение производительности пахотных агрегатов, щелевание - способствующее увеличению интенсивности поглощения воды почвой и равномерность распределения незерновой части урожая сельскохозяйственных культур в верхней части пахотного слоя, улучшающая структуру почвы. Для реализации предложено использовать комбинированный технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый фронтальным плугом рыхлителем ПБФР-5.

2. Теоретическими исследованиями получена формула затрат труда, позволяющая оценить эффективность технологии производства сои. В соответствии с этим установлено, что производительность агрегата К-701+ПБС-8М выше агрегата К-701+ПНЛ-8-40 на 33,3% и позволяет снизить затраты труда всей технологии только на 4,5%.

3. Исследованиями установлено, что применение на основной обработке почвы в орошаемом земледелии операции щелевания, позволяет увеличить площадь и интенсивность поглощения воды почвой, которая определяется временем поглощения, межщелевым интервалом, шириной и глубиной щели и характеризуется полученным коэффициентом интенсивности поглощения воды почвой k_u , который пропорционально влияет на затраты труда операции полива.

4. Для снижения затрат труда на операциях вспашки и щелевания необходимо использовать в орошаемом земледелии технологический процесс основной обработки почвы, выполняемый фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5, включающий крошение, щелевание и мульчирование почвы. Применение плуга ПБФР-5 в технологии производства сои вместо плуга ПНЛ-8-40 и плуга ПБС-8М дает снижение затрат труда соответственно на 23,1% и 19,4%.

5. Экспериментальными исследованиями эксплуатационно-технологических показателей работы плугов применяемых в орошаемом земледелии установлено, что показатели качества обработки почвы соответствуют агротехническим требованиям. Часовая производительность К-701+ПБФР-5 выше агрегатов К-701+ПБС-8М, К-701+ПНЛ-8-40 соответственно на 22,7 и 43,2%, при этом затраты труда на производство сои по всей технологии на площади 300га составляют соответственно 592, 770 и 714 чел.ч. Интенсивность поглощения воды почвой после обработки плугом ПБФР-5 выше интенсивности поглощения после обработки плугом ПНЛ-8-40 на 32-44%. При работе плугов ПНЛ-8-40 и ПБС-8М было установлено, что незерновая часть урожая распределена в пахотном слое неравномерно как по глубине, так и по ширине захвата плуга. При работе ПБФР-5 незерновая часть урожая перемешивается с раскрошенной почвой, образуя мульчирующий слой, а характер распределения её по профилю пахотного слоя подчиняется закону равномерного распределения. Закономерность изменения экспериментальных и теоретических зависимостей производительности и затрат труда агрегатов от скорости движения согласуется на основании критерия χ^2 с доверительной вероятностью 0,95.

6. Применение в технологии производства сои на орошении плуга-рыхлителя ПБФР-5 по сравнению с базовой технологией с применением плугов ПНЛ-8-40 и ПБС-8М обеспечило снижение эксплуатационных затрат соответственно на 22,8%, 19,8% и способствовало получению годовой экономии эксплуатационных затрат соответственно 4950 и 4260 руб/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдразаков, Ф.К. Задачи и перспективы развития мелиоративного комплекса в Саратовской области / Ф.К. Абдразаков, А.В. Волков. // Мелиорация и водное хозяйство. - 2005. - №3. - С. 23-25.
2. Агротехнические требования к основным технологическим операциям при адаптивных технологиях возделывания озимых колосовых и кукурузы и новые технические средства для их выполнения в Краснодарском крае: метод. указания. – Краснодар. – 2011. – 271 с.
3. Айдаров, И.П. Оросительные мелиорации / И.П. Айдаров, А.И. Голованов, Г.М. Мамаев. - М.: Колос, 1982. - 176 с.
4. Азизов, З.М. Приемы и системы основной обработки почвы в засушливой степи Поволжья / З.М. Азизов // Земледелие. – 2004. - №2. - С. 22-23.
5. Ананьев, И.П. Мобильный информационно-измерительный комплекс агрофизических параметров пахотного слоя почвы / И.П. Ананьев, В.С. Зубец, А.В. Белов, Ю.В. Завитков // Сборник научных докладов ВИМ. - 2012. - № 2. - С. 348-255.
6. Афонин, Е. Д. Метод определения коэффициентов рациональной формулы Горячкина В.П. / Е. Д. Афонин, С. Л. Береславский и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982 - №4. – С.42 – 44.
7. Бабич, А.А. Соя - культура XXI века / А.А. Бабич // Вестник науки: сельское хозяйство. – 2010. – №7. – С. 27-37.
8. Байбеков, Р.Ф. Оценка деградации почв с использованием метода вертикального электрического зондирования / Р.Ф. Байбеков, В.А. Седых, В.И. Савич, А.А. Устюжанин, А.К. Саидов // Плодородие. - 2012. - № 5. - С. 24-26.
9. Баранов, В.Ф. Режим орошения и водопотребление сои в Краснодарском крае / В. Ф. Баранов, А.И. Лебедевский // Гидротехника и мелиорация. - 1981. - №1. - С. 68-70.
10. Баранов, В.Ф. Возделывание сои на склоновых землях Краснодарского

- края / В.Ф. Баранов, С.Л. Козинец // Земледелие. - 2003. - №1. - С. 27-28.
11. Башняк, И. М. Выбор параметров и режима работы комбинированного орудия для предполивного щелевания почвы: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Башняк Ирина Михайловна. - п. Персиановский, 2002. – 20 с.
12. Бойков, В.М. Влияние технологий основной обработки почвы на накопление и содержание влаги. / В.М. Бойков, С.В. Старцев, Е.В. Бойкова, А.В. Павлов // Вавиловские чтения – 2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф.- Саратов: ООО Изд-во «КУБиК». - 2009.- С. 221-222.
13. Бойков, В.М. Результаты исследований новой технологии основной обработки почвы при возделывании сои / В.М. Бойков, С.В. Старцев, В.С. Абасов, О.Н. Чурляева // Аграрный научный журнал. - 2016. - № 1. - С. 46-48.
14. Бойков, В.М. Анализ процессов заделки незерновой части урожая в пахотный слой почвообрабатывающими орудиями / В.М. Бойков, С.В. Старцев, О.Н. Чурляева // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 6. - С. 57-59.
15. Бойков, В.М. Расчет технологического процесса улучшения структуры почвы с условием неразрывности потока операций / В.М. Бойков, С.В. Старцев, А.В. Павлов, О.Н. Чурляева // Международный научно-исследовательский журнал № 5-6 (47). - 2016. - С. 11-13.
16. Буряков, А. Т. Прогрессивные машины и технологии – основа высокоэффективного сельскохозяйственного производства / А. Т. Буряков, В. Г. Просвирин // Земледелие. – 2001. – № 1 – С. 2-4.
17. Вадовский, Е.Ю. Проблемы орошаемого земледелия Поволжья. / Е.Ю. Вадовский, Б.И. Костин. // Сб. Саратов: СГУ. Саратов. - 1990. - 56с.
18. Вадюнина, А.Ф. К оценке электропроводности как метода определения влажности почв / А.Ф. Вадюнина // Почвоведение. - 1973. - № 3. - С. 391-404.
19. Вадюнина, А.Ф. О методике измерения удельного электрического сопротивления почв в поле и лаборатории / Вадюнина А.Ф., Раисов О.Ж. // Проблемы сельскохозяйственной науки в МГУ. - 1975. - С. 103-112.
20. Валеева, А.А. Один из подходов к агроэкологической оценке земель /

Валеева А.А., Александрова А.Б., Копосов Г.Ф., Матвеева Н.М. // Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования: Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. - Петрозаводск. - 2012. - Кн. 3. - С. 128-131.

21. Вишняков, В.А. Влияние технологий щелчевания черноземов выщелаченных на динамику влаги в условиях неустойчивого увлажнения на Алтае / Вишняков В.А., Дробышев А.П. // Вестник Алтайского ГАУ. - 2015. - №3(125) - 34-39.

22. Влияние на микронаселение почвы ее обработки и мелиорации [Электронный ресурс] / Агропортал - все для специалистов агропромышленного комплекса - Режим доступа: <http://agroinf.com/mikrobiologiya/vliyanie-na-mikronaselenie-pochvy-ee-obrabotki-i-melioratsii/vliyanie-obrabotki-i-melioracii.html>.

23. Горшенин, Д.Ю. Повышение эффективности процесса щелчевания путем использования многоярусного рабочего органа: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Горшенин Дмитрий Юрьевич.- Волгоград, 2009.- 165 с.

24. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартинформ, 2011. – 8 с.

25. ГОСТ 24057–88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки машин на этапе испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 8 с.

26. ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов: Сб. ГОСТов. М.: Издательство стандартов, 1988. – 14 с.

27. ГОСТ 26677 – 85. Плуги общего назначения. Общие технические требования. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 12 с.

28. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 41 с.

29. Горбунов, С.И. Натуральные нормативы затрат труда и материально-

- технических средств. Типовые технологические карты по возделыванию сельскохозяйственных культур и содержанию скота / С.И. Горбунов, А.Г. Смирнов, В.Н. Решетникова, Б.З. Дворкин и др. – Саратов, 1999. – 156 с.
30. Горячкин, В. П. Собрание сочинений Т 2. / В.П. Горячкин – М.: Наука, 1970. – 544 с.
31. Григоров, М.С. Режим орошения сои при различных уровнях минерального питания на лугово-черноземных почвах Волгоградской области / М.С. Григоров, С.М. Григоров, А.Г. Жихарев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2007. – № 4. – С. 58-60.
32. Григоров, М.С. Почвозащитная обработка орошаемых почв / М.С. Григоров, А.Ю. Москвичев, А.М. Чудин // Земледелие. – 2002. – №5. – С. 20-21.
33. Губанов, П.Е. Влияние режима орошения и погодных условий на продуктивность сортов сои в Саратовском Заволжье / П.Е. Губанов // Бюллетень НТИ по масличным культурам. вып. I. - ВНИИМК. - 1980. - С. 33-34.
34. Джамбуршин, А.Ш. Прогрессивные методы уборки соломы и половы (Расчет и проектирование) / А.Ш. Джамбуршин, М.Р. Алшинбаев. – Алма-Ата: Кайнар, 1984. – 108 с.
35. Долгов, С.И. Исследование зависимости удельных электрических сопротивлений почв и грунтов от влажности и температуры / С.И. Долгов, А.И. Якобс, Л.П. Терентьева // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1964. – № 2. – С. 129-133.
36. Жалнин, Э.В. Перспективные технологии и комплексы машин для уборки урожая зерновых культур / Э.В. Жалнин, В.Л. Шполянский, Е.Л. Ревякин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 56 с.
37. Жалнин, Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России. – М.: Полиграфсервис, 2012. – 368 с.
38. Жаринов, Е.М. Щелевание поля – важнейший резерв экономии оросительной воды / Е.М. Жаринов // ж. Известия Нижневолжского

агроуниверситетского комплекса. – 2007г. – №4(8). – С.42-47.

39. Зинченко, Е.В. Ресурсосберегающие способы основной обработки почвы под сою при орошении на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья: дис. ... канд. сель-хоз. наук: 06.01.01 / Зинченко Екатерина Владимировна. – Волгоград, 2009. – 177 с.

40. Золотницкий, В.А. Соя в Хабаровском крае / В.А. Золотницкий. – Хабаровск: Дальневосточное Государственное изд-во, 2009. – 63 с.

41. Иванов, П.К. Основная обработка почвы на Юго-Востоке. – Саратов, 1967. – 220 с.

42. Елютин, С.Б. Щелеватели в орошаемом земледелии Поволжья: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Елютин Сергей Борисович. – Саратов, 1988. – 169 с.

43. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1974. – 480 с.

44. Кабаков, Н.С. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты и машины / Н.С. Кабаков, А.И. Мордухович. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 80 с., ил.

45. Калиберда, К.П. Соя при орошении / К.Т. Калиберда, П.Е. Губанов, В.И. Руденко. - М.: Россельхозиздат, 1980. - 69 с.

46. Канивец, И.И. Влияние соломы на свойства и продуктивность темно-каштановой почвы и урожай яровой пшеницы. Использование соломы как органического удобрения / И.И. Канивец, В.А. Фомин. М.: Наука, 1980. – 270 с.

47. Качинский, Н.А. Структура почвы / Н. А. Качинский. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 100 с.

48. Кузыченко, Ю.А. Оптимизация выбора орудий для основной обработки черноземных почв / Ю.А. Кузыченко // Земледелие. – 2010. – №2. – С.28-30.

49. Константинов, А.Р. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей / А.Р. Константинов, Н.И. Астахова, А.А. Левенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 126 с.

50. Кравчук, А.В. Ресурсосберегающий режим орошения при выращивании сахарного сорго в Саратовском Заволжье. / А.В. Кравчук, Е.Ю. Скопцова // Вопросы мелиорации и водного хозяйства Саратовской области. СГАУ. - Саратов, 2002. - С. 17-18.
51. Кравчук, А.В. Оперативный расчет поливной нормы / А.В. Кравчук, И.С. Завадский. // Материалы конференции посвященной 119-й годовщине со дня рожд. Н.И. Вавилова. СГАУ. - Саратов, 2006. - С. 42-45.
52. Кононов, В.М. Опыт разработки и перспективы использования результатов агроэкологической оценки земельных ресурсов Оренбуржья / В.М. Кононов // Материалы докладов VI съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования». – Петрозаводск, 2012. – Кн. 3. – С. 137-138.
53. Костяков, А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 615 с.
54. Котьяк, П.А. Солома в качестве удобрения при разных обработках дерново-подзолистой почвы / П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина. // Земледелие. – 2008. – №8. – С. 17-19.
55. Краснова, Л.Н. Методические рекомендации по оценке эффективности инновационных проектов. / Л.Н. Краснова, Г.М. Мельников // Официальное издание – М., 2005. – 178 с.
56. Кружилин, И.П. Режим орошения сои / И.П. Кружилин, В.А. Малич // Зерновое хозяйство. – 1976. – №10. – С.43.
57. Кутилкин, В.Г. Солома и сидераты как удобрения и совершенствование обработки почвы при их использовании в зернопаровых звеньях севооборота лесостепи Заволжья: дис. ... канд. сель-хоз. наук: 06.01.01 / Кутилкин Василий Григорьевич. – Кинель, 1996. – 199 с.
58. Лаврухин, В.А. Основная и предпосевная обработка почвы / В.А. Лаврухин, И.С. Терещенко, Ю.В. Черкашин. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 70 с., ил.
59. Лебедев, А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. / А.В. Лебедев. – М.: Недра, 1976. – 222 с.

60. Лебедев, П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки: учебник для студ. техн. вузов, изд.2-е, перераб. / П.Д. Лебедев. – М.: Энергия, 1972. – 320 с.
61. Лебедевский, А.И. Поливной режим сои в зависимости от глубины увлажнения. / А.И. Лебедевский. – Краснодар, 1978. – 29 с.
62. Лисьев, В.П. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие. Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. / В.П. Лисьев. – М., 2006. – 199 с.
63. Лысогоров, С.Д. Орошаемое земледелие. / С.Д. Лысогоров, В.А. Ушкаренко. – М.: Колос, 1981. – 375 с.
64. Лытов, М.Н. Технология возделывания сои на зерно при орошении: дис. ... канд. сель-хоз. наук: 06.01.02 / Лытов Михаил Николаевич. – Москва, 2002. – 248 с.
65. Льгов, Г.К. Орошаемое земледелие. / Г.К. Льгов. – Москва.: Колос, 1979. – 190 с.
66. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия / Т.С. Мальцев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 128 с.
67. Машины и оборудование для орошения сельскохозяйственных культур: учебное пособие для студентов специальности – 190207 «Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды» / Сост. В.В. Слюсаренко, Д.А. Соловьев, А.В. Хизов и др. – Саратов: Изд-во СГАУ, 2011. – 161 с.
68. Медведев, А.А. Оптимизация эксплуатационных показателей пахотных агрегатов на базе современных энергонасыщенных тракторов (на примере пахотного агрегата К-744Р1+ПБС-7/9 в условиях Самарской области): дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Медведев Александр Алексеевич. – Саратов, 2005. – 221 с.
69. Милюткин, В.А. Эффективные технологические приемы в земледелии, обеспечивающие оптимальное влагонакопление в почве и влагопотребление / В.А. Милюткин, В.В. Орлов, Г.В. Кнурова, В.С. Стеновский. // ж. Известия

Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №6 (56). – С. 69-72.

70. Минеев, В.Г. Агрехимия: учебник, 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004г. – 720 с.

71. Нестеров, Е.С. Разработка технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Нестеров Евгений Сергеевич. – Саратов, 2011. – 149 с.

72. Нестяк, В.С. Перспективные вопросы обработки почвы / В.С. Нестяк, К.Т. Мамбеталин // *Materialy VIII mezinarodni vedecko-praktika conference «Vedecko prumysl evropeskeho kontinentu-2012»*. – Praha, 2012. – S. 34-36.

73. Нормативы и методика применения побочной продукции сельскохозяйственных культур для обеспечения бездефицитного баланса органического вещества в почвах на землях сельскохозяйственного назначения. ГНУ Донской НИИСХ Россельхозакадемии / разработ. А.В. Лабынцев, В.Ю. Сивашов, О.А. Целуйко и др. – п. Рассвет, 2010. – 50 с.

74. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин; под ред. В.И. Ольгаренко. – М.: Коломна, 2006. - 391 с.

75. ОСТ 10 4.1-2001. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей: Стандарт отрасли. – Минсельхоз России, 2001.

76. ОСТ 10.2.18-2001. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки: Стандарт отрасли. – Минсельхоз России, 2001.

77. Панченко, Ю.И. Влияние мелиоративных и агротехнических приемов возделывания на продуктивность скороспелых сортов сои на орошаемых землях Саратовского Заволжья: дис. ... канд. сель-хоз. наук: 06.01.02 / Панченко Юрий Иванович. – Саратов, 2003. – 160 с.

78. Пат. на изобретение № 2331070 РФ, МПК G01N 33/24. Способ определения удельной электропроводности почвы / Афанасьев Р.А., Аканов Э.Н., Сычев В.Г., Мерзлая Г.Е., Смирнов М.О.; заявитель и

патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. (RU). – № 2006146560/13; заявл. 27.12.2006; опубл. 10.08.2008, Бюл. № 22. – 8 с.

79. Пат. на изобретение № 2362153 РФ, МПК G01N 27/04. Ячейка для измерения электропроводности влажных дисперсных материалов / Лотов В.А., Лотова Л.Г.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский политехнический университет. (RU). – № 2008111393/28; заявл. 24.03.2008; опубл. 20.07.2009, Бюл. № 20. – 6 с.

80. Пат. на изобретение № 2044308 РФ, МПК 6G01N27/22A. Устройство для измерения электропроводности грунтов / Спешков Б.А., Яшин В.М.; заявители и патентообладатели Спешков Борис Аркадьевич, Яшин Валерий Михайлович. – № ; заявл. 27.11.1992; опубл. 20.09.1995.

81. Пат. на полезную модель №147054 Российская Федерация, МПК E21C 39/00. Устройство для измерения электросопротивления почвы / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». (RU). – № 2014129378/28; заявл. 16.07.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 2 с.

82. Прибор для измерения сопротивления почвы: пер. с англ. / The Radio-Constructor, 1966, №5 // Радио. – 1967. – №1. – С.59.

83. Проспект с.х. техники фирмы Horsch / Надежный культиватор для интенсивной обработки почвы Tiger // HORSCH Maschinen GmbH Sitzenhof 1. – 2012г. – 19с.

84. Проспект с.х. техники фирмы Kverneland / Культиватор для мелкой пожнивной обработки и глубокого рыхления почвы Kverneland CLC // Kvernelandgroup. Spare parts. – 2011г. – 41с.

85. Проспект с.х. техники фирмы Gregoire-Beesson / Дискалоповая борона. Переработка растительных остатков и качественная обработка почвы // «Грегуар-Бессон Восток», Россия, г.Белгород, ул.Корочанская, 132а. – 2012г.- 11с.

86. Подобедов, А.В. Мировое производство сои / А.В. Подобедов, В.И. Тарушкин // Аграрная наука. – 2000. – №8. - С. 19-20.
87. Поротькин, Е.И. Некоторые вопросы технологии возделывания сои на зерно в условиях орошения Куйбышевской области / Е.И. Поротькин, В.П. Прокопец // Возделывание люцерны и сои в Нижнем Поволжье. – Волгоград, 1983. – С. 110-115.
88. Похоруков, Ю.А. Формирование запасов продуктивной влаги в зависимости от основной обработки почвы под подсолнечник. / Ю.А. Похоруков // ж. Земледелие, химизация и агроэкология. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://borona.net/highttechnologies/chemicals/Formation_productive_moisture_reserves_depending_on_the_soil_under_the_main_sunflower.html.
89. Применение соломы зерновых культур на удобрение в Томской области. Рекомендации ГНУ СибНИИТ СО РАСХН / Департамент социально-экономического развития села Томской области. – Томск, 2004. – 10 с.
90. Применение дождевальнoй машины "Волжанка" на практике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://webferma.com/rasteniievodstvo/sistemi-orosheniya/volzhanka.html>.
91. Протокол № 19–127–90 (2060210) периодических испытаний плуга восьмикорпусного навесного ПНЛ-8-40. / Поволжская МИС. – Кинель, 1990.
92. Протокол № 08–113–2006 (4020762) приемочных испытаний дискатора БДМ-6х4П / Поволжская МИС. – Кинель, 2006. – 47 с.
93. Протокол № 08-127-2012 (5010082) периодических испытаний плуга навесного восьмикорпусного ПБС-8М / Поволжская МИС. – Кинель, 2012. – 23 с.
94. Румянцев, В.И. Система обработки почвы в засушливых районах Юго-Востока / В.И. Румянцев. – М.: Колос, 1964. – 196 с.
95. Сельское хозяйство Саратовской области. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-saratovskoy-oblasti>.

96. Сапунков, А.П. Агротехнические приемы по предотвращению ирригационной эрозии / А.П. Сапунков, О.А. Аверьянов // Мелиорация и урожай. – 1987. – №4. – С. 26-28.
97. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (мтс). – М.: Изд-во ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с.
98. Сельскохозяйственная техника: каталог. / Под. ред. В.И. Черноиванова. – М., 1991. – Т.1. – 364 С.
99. Смагин, А.В. Теория и методы оценки физического состояния почв / А.В. Смагин // Почвоведение. 2003. № 3. С. 328-341.
100. Совершенствование технологии поверхностного полива мобильными поливными машинами по выполнению строго заданного режима увлажнения почвы: Отчет о НИР (заключ.) / ВолжНИИГиМ. – Энгельс, 1977. – 98 с.
101. Соляник, Н.М. Соя при орошении / Н.М. Соляник, П.В. Ключин, И.Н. Соляник // Земледелие. – 2001. – №1. – С. 20-21.
102. Сорокин, И.Б. Влияние соломы и зеленых удобрений на агрохимические свойства, биологическую активность и гумусное состояние серых оподзоленных почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сорокин Игорь Борисович. – Барнаул, 2003. – 19 с.
103. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: учебное пособие Ч.1 / Минсельхоз России, ФГНУ «Росинформагротех». - М.: ФГНУ «Росинфорагротех». 2003. - 340 с.
104. Сеницына, Н.Е. Теоретическое обоснование агромелиоративных приемов воспроизводства плодородия орошаемых почв засушливого Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Сеницына Надежда Егоровна. – Саратов, 1999. – 48 с.
105. Спиринов, А.П. Влагосберегающая обработка почвы / Спиринов А.П. // Земледелие. – 2005. -№2. – С. 18-20.
106. Старцев, С.В. Альбом-справочник по производственной эксплуатации машинно-тракторного парка / сост. Старцев С.В., Старцев А.С., Горбань Д.Г.

// ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». - Саратов, 2011. – 322 с.

107. Старцев, С.В. Требования к агротехнике выполнения процесса основной обработки почвы / С.В. Старцев, О.Н. Чурляева // Новые технологии и технические средства в АПК: Материалы Междунар. конф., посв. 105-летию со дня рожд. проф. Красникова В.В. – Саратов: Изд-во «КУБиК», 2013.–С.189-191.

108. СТО АИСТ 4.1-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. – М.: [б. и.], 2011. – 36 с.

109. Толоконников, В.В. Адаптивная селекция сои в условиях Нижнего Поволжья / В.В. Толоконников // Аграрная наука.-1997.-№3.-С.35-37.

110. Тарасов, Л.И. О применении поверхностного полива в Поволжье / Л.И. Тарасов // Гидротехника и мелиорация. – 1979. - № 5. - С.41-43.

111. Тильба, В.А. Технология возделывания сои в Амурской области / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская, Н.Д. Фоменко и др. - Благовещенск, 2009. - 72 с.

112. Труды Саратовского с.х. института: том 10. – Саратов: Коммунист, 1957. - С.44-45. (щелчевание).

113. Трубилин, Е.И. Исследование новых энергосберегающих технологий заделки измельченной соломы зерновых культур в почву / Депонировано в НИИТЭИагропроме, 1996,-№ 123,- 24 с. .

114. Трубилин, Е.И. Об использовании незерновой части урожая / Е.И. Трубилин // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 1. - С.22-23.

115. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. – М.:ГНУ Информагротех, 2000. – 517с

116. Федоров, В. А. Солома как удобрение на черноземной почве / В. А. Федоров // Использование соломы как органического удобрения. – М.: Наука, 1980. – С. 192-198.

117. Филимонов, М.С. Эффективность и научные основы орошаемого земледелия в Поволжье. / М.С. Филимонов. // Проблемы орошаемого

земледелия Поволжья. – 1990. – С. 19-21.

118. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М.: Колосс, 2003. – 623 с.

119. Харченко, С.И. Гидрология орошаемых земель / С.И. Харченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 273 с.

120. Черкасов, Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы / Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г. // Земледелие. – 2006. - №6. – С. 20-22

121. Чернышов, В.А. Обработка почвы в Нечерноземной полосе / В.А. Чернышов. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 62 с.

122. Чурляева, О.Н. Теоретическое исследование способов заделки соломы в почву с применением функций распределения случайных величин / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Современные концепции научных исследований: XV Международная научно-практическая конференция. Сборник научных работ.– М., 2015. – №6. – Ч 2. – С. 164-165.

123. Чумакова, Л.Н. Экспериментальные коэффициенты влагопроводности в расчетах инфильтрационных потерь. / Л.Н. Чумакова, А.В. Кравчук, А.С. Булатов. // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И.Вавилова. - 2005. - №5. - С.27-29.

124. Шевченко, Д.А. Способы и средства утилизации незерновой части урожая риса с заделкой в почву / Д.А. Шевченко и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2004. – №100(06). – С.1-11.

125. Шишлянников, И.Д. Современные и инновационные технологии обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Д. Шишлянников. – Волгоград: Авторское перо, 2004. – 576с.

126. Щучкин, Н. В. Лемешные плуги и луцильники / Н.В. Щучкин. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1952. – 290 с.

127. Bean, B. Soybean growth staging / B. Bean, T. Miller // Texas Agricultural Extension Service SCS-1998-23. Website: <http://soilcrop.tamu.edu/>

publications/pabs/scs 1998-23.

128. Gay, S. Physiological aspects of yield improvement in soybeans / S. Gay, D.B. Egly, D.A. Reicosky // Agron. J. 72.-1980.- P. 387-391.

129. Vasilas B. L., Nelson R. L., N₂ fixation and dry matter and N accumulation in Soybean lines with different seed fill periods. Canad. J., Plant Sc., 1992, Vol. 72, N4,-p. 1067-1074.

130. Gottfried Eikel. Kann mehr als der Thorit konnte? / Gottfried Eikel // Profi. dep 24–27. – 10/2008.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Результаты расчетов эксплуатационных показателей агрегатов

Расчет зависимости скорости движения $v_{плн}$ от удельного тягового сопротивления $R_{пл}$ лемешно-отвального плуга ПЛН-8-40:

$$v_{плн} = \sqrt{\frac{P_{кр} - Gf - kab}{\varepsilon ab}}$$

Исходные данные: ширина захвата плуга $B_{пл}=3,2$ м; глубина обрабатываемого слоя почвы $a=0,25$ м; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f=0,5$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k=36,5$ кН/м²; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon=3,43$ кНс²/м⁴; сила тяжести плуга $G=21,5$ кН; $P_{кр}$ – сила тяги трактора, кН.

Показатель	Сила тяги трактора, кН				
	48	50	55	60	65
$Gf, кН$	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75
$kab, кН$	39,95	39,95	39,95	39,95	39,95
$\varepsilon ab, кН$	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74
$v, м/с$	1,7	1,9	2,3	2,7	3,0

Расчет зависимости часовой производительности пахотного агрегата с лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 от скорости движения $v_{плн}$:

$$W_{ч} = 0.36 B_{плн} v$$

Исходные данные: ширина захвата $B_{плн}=3,2\text{ м}$; глубина обрабатываемого слоя почвы $a=0,25\text{ м}$; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f=0,5$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k=36,5\text{ кН/м}^2$; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon=3,43\text{ кНс}^2/\text{м}^4$; сила тяжести корпуса плуга $G=21,5\text{ кН}$; $P_{кр}$ – сила тяги трактора, кН.

Показатель	Сила тяги трактора, кН				
	48	50	55	60	65
$Gf, \text{кН}$	10,75	10,75	10,75	10,75	10,75
$kab, \text{кН}$	39,95	39,95	39,95	39,95	39,95
$\varepsilon ab, \text{кН}$	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74
$v, \text{м/с}$	1,7	1,9	2,3	2,7	3,0
$B_{плн}, \text{м}$	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
$W_{ч}, \text{га/ч}$	1,96	2,18	2,64	3,11	3,45
$Z_{т}, \text{чел.ч/га}$	0,51	0,46	0,38	0,32	0,29

Расчет зависимости скорости движения $v_{нбс}$ от удельного тягового сопротивления $R_{нл}$ лемешно-отвального плуга ПБС-8М:

$$v = \sqrt{\frac{P_{кр} - Gf + kab}{\varepsilon ab}}$$

Исходные данные: ширина захвата плуга $B_{нл}=4,8\text{ м}$; глубина обрабатываемого слоя почвы $a=0,25\text{ м}$; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f=0,8$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k=31,0\text{ кН/м}^2$; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon=1,58\text{ кНс}^2/\text{м}^4$; сила тяжести плуга $G=17,8\text{ кН}$; $P_{кр}$ – сила тяги трактора, кН.

Показатель	Сила тяги трактора, кН				
	48	50	55	60	65
$Gf, \text{ кН}$	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
$kab, \text{ кН}$	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2
$\varepsilon ab, \text{ кН}$	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
$v, \text{ м/с}$	0,8	0,86	1,4	2,1	2,7

Расчет зависимости часовой производительности и затрат труда пахотного агрегата с *лемешно-отвальным плугом ПБС-8М* от скорости движения $v_{нбс}$:

$$W_{ч} = 0.36 B_{нбс} v$$

Исходные данные: ширина захвата плуга $B_{нбс}=4,8м$; глубина обрабатываемого слоя почвы $a=0,25 м$; коэффициент трения корпусов плуга о почву $f =0,8$; коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации $k =31,0 кН/м^2$; коэффициент, зависящий от формы отвала и свойств почвы $\varepsilon = 1,58 кНс^2/м^4$; сила тяжести плуга $G =17,8 кН$; $P_{кр}$ – сила тяги трактора, $кН$.

Показатель	Сила тяги трактора, кН				
	48	50	55	60	65
$Gf, кН$	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
$kab, кН$	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2
$\varepsilon ab, кН$	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
$v, м/с$	0,8	0,86	1,4	2,1	2,7
$B_{нбс}, м$	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
$W_{ч}, га/ч$	1,38	1,5	2,4	3,6	4,5
$Z_{тр}, чел.ч/га$	0,72	0,66	0,41	0,27	0,22

Расчет зависимости часовой производительности пахотного агрегата с плугом-рыхлителем ПБФР-5 от скорости движения $v_{нбфр}$ [67]:

$$Wч = 0.36 B_{нбфр} v = 0,36 (7bp + 8bc + 2\Delta b + bd) \cdot v,$$

где bp - ширина захвата рыхлительного рабочего органа, (0,35) м; bc - ширина захвата чизельного рабочего органа, (0,35) м; bd - ширина захвата долота чизельного рабочего органа, (0,065) м; Δb – расстояние перекрытия, (0,35) м.

Показатель	Сила тяги трактора, кН				
	48	50	55	60	65
$v, м/с$	0,8	0,86	1,4	2,1	2,7
$B_{нбфр}, м$	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
$Wч, га/ч$	1.44	1.55	2.52	3.78	4.86
$Z_{тр}, чел.ч/га$	0.69	0.65	0.4	0.26	0.21

Высоконапорные модификации дождевальных машин ДМУ «Фрегат»

Модификация машины	Количество тележек	Длина машины, м	Общий расход воды, л/с	Требуемое давление воды на входе в машину, МПа (кгс/см ²)	Максимальная площадь полива, га	Масса машины без воды, т
ДМУ-Б409-80	14	408,8	80	0,58 (5,8)	59,1	12,8
			72	0,56 (5,6)		
			65	0,54 (5,4)		
ДМУ-Б434-90	15	433,6	90	0,62 (6,2)	13,6	13,6
			80	0,59 (5,9)		
			70	0,56 (5,6)		
			80	0,62 (6,2)		
			72	0,59 (5,9)		

Электронный ресурс: http://studopedia.ru/13_51359_samohodnaya-dozhdevalnaya-mashina-dmu-fregat.html

Для операции полив на площади $U=300$ га затраты труда составили:

$$Z_{\text{тр}} = 35 \cdot (1) \cdot 7 = 245 \text{ чел}\cdot\text{ч.}$$

При расчете затрат труда на полив использовали производительность дождевальной установки ДМУ-Б463-90 «Фрегат» [] с 15 тележками, радиусом полива $R = 433$ м, нормой полива 300 м^3 , производительностью 59 га за один оборот в течении 48ч, что составляет 29,5 га в сутки, 8,6 га за нормативную смену, 1,23 га/час. Площадь поля $S_{\text{п}}$ в 300га принята по условию размещения четырех дождевальных установок, наибольшая площадь поливного поля в Саратовской области:

$$S_{\text{п}} = (4R)^2 = (4 \cdot 433)^2 = 300 \text{ га}$$

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,01$ м и глубине щели $a_{щ} = 0,2$ м)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	887,8	627,8	793	561	704025	352217	1056272	6337,6	17700	11362,4	590000	0.03	0,019	46.4	21,67	2,14
0.7	456,3	322,6	793	561	361806	181000	542806	3256,8	17700	14443,2	590000	0.03	0,024	46.4	32	1,45
1.05	307,0	217,1	793	561	243458	121795	365253	2191,5	17700	15508,5	590000	0.03	0,026	46.4	36,56	1,26
1.4	231,3	163,6	793	561	183451	91775	275226	1651,4	17700	16048,6	590000	0.03	0,027	46.4	38,94	1,19

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,01\text{м}$ и глубине щели $a_{щ} = 0,2\text{м}$)**

Межщелевой интервал $C_{щ}, \text{м}$	Количество щелей (дл) $\Pi_{щ}^{дл}$	Количество щелей (кор) $\Pi_{щ}^{кор}$	Длина щели (дл) $l_{щ}^{дл}, \text{м}$	Длина щели (кор) $l_{щ}^{кор}, \text{м}$	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м^3	Объем воды на поверхности, м^3	Объем воды на поверхности с учетом щели, м^3	Площадь полива, м^2	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поверх. поливе, мин	Время впитывания воды при поверх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	912.5	645.3	793	561	723307	361307	1085191	2112,5	17700	15587,5	590000	0.03	0,026	46.4	36,56	1,26
0.7	462.7	327.2	793	561	366921	183559	550480	1085,6	17700	16614,4	590000	0.03	0,028	46.4	41,37	1,12
1.05	310	219	793	561	245830	122859	368689	730,5	17700	16969,5	590000	0.03	0,0287	46.4	43,11	1,07
1.4	233	164.7	793	561	184769	92397	277166	550,5	17700	17149,5	590000	0.03	0,029	46.4	43,86	1,05

Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,02$ м и глубине щели $a_{щ} = 0,2$ м)

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	887,8	627,8	793	561	704025	352217	1056272	4225,1	17700	13475	590000	0.03	0,0228	46.4	29,37	1,57
0.7	456,3	322,6	793	561	361806	181000	542806	2171,2	17700	15528	590000	0.03	0,0263	46.4	37,27	1,24
1.05	307,0	217,1	793	561	243458	121795	365253	1461,0	17700	16239	590000	0.03	0,0275	46.4	40,15	1,15
1.4	231,3	163,6	793	561	183451	91775	275226	1101	17700	16599	590000	0.03	0,0281	46.4	41,62	1,11

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,01$ м и глубине щели $a_{щ} = 0,3$ м)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	912.5	645.3	793	561	723307	361307	1085191	3255.6	17700	14444	590000	0.03	0.024	46.4	32	1.45
0.7	462.7	327.2	793	561	366921	183559	550480	1651.4	17700	16049	590000	0.03	0.027	46.4	38.94	1.19
1.05	310	219	793	561	245830	122859	368689	1106.1	17700	16594	590000	0.03	0.028	46.4	41.37	1.12
1.4	233	164.7	793	561	184769	92397	277166	831.5	17700	16866	590000	0.03	0.0285	46.4	42.61	1.09

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,02\text{м}$ и глубине щели $a_{щ} = 0,3\text{м}$)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	887,8	627,8	793	561	704025	352217	1056272	6337,6	17700	11362,4	590000	0.03	0,019	46.4	21,67	2,14
0.7	456,3	322,6	793	561	361806	181000	542806	3256,8	17700	14443,2	590000	0.03	0,024	46.4	32	1,45
1.05	307,0	217,1	793	561	243458	121795	365253	2191,5	17700	15508,5	590000	0.03	0,026	46.4	36,56	1,26
1.4	231,3	163,6	793	561	183451	91775	275226	1651,4	17700	16048,6	590000	0.03	0,027	46.4	38,94	1,19

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,01\text{м}$ и глубине щели $a_{щ} = 0,4\text{м}$)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поверх. поливе, мин	Время впитывания воды при поверх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	887,8	627,8	793	561	704025	352217	1056272	4225,1	17700	13475	590000	0.03	0,0228	46.4	29,37	1,57
0.7	456,3	322,6	793	561	361806	181000	542806	2171,2	17700	15528	590000	0.03	0,0263	46.4	37,27	1,24
1.05	307,0	217,1	793	561	243458	121795	365253	1461,0	17700	16239	590000	0.03	0,0275	46.4	40,15	1,15
1.4	231,3	163,6	793	561	183451	91775	275226	1101	17700	16599	590000	0.03	0,0281	46.4	41,62	1,11

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,02\text{м}$ и глубине щели $a_{щ} = 0,4\text{м}$)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	887,8	627,8	793	561	704025	352217	1056272	8450,2	17700	9249,8	590000	0.03	0,0156	46.4	15,60	2,97
0.7	456,3	322,6	793	561	361806	181000	542806	4342,4	17700	13357,5	590000	0.03	0,022	46.4	27,68	1,67
1.05	307,0	217,1	793	561	243458	121795	365253	2922,0	17700	14778	590000	0.03	0,025	46.4	34,25	1,35
1.4	231,3	163,6	793	561	183451	91775	275226	2202,0	17700	15498,2	590000	0.03	0,0262	46.4	37,03	1,25

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,03\text{м}$ и глубине щели $a_{щ} = 0,3\text{м}$)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0.35	864,5	611,3	793	561	685548	342939	1028487	9256,4	17700	8443,6	590000	0,03	0,014	46,4	13,03	3,56
0.7	450	318,2	793	561	356850	178521	535371	4818,4	17700	12882	590000	0,03	0,022	46,4	27,68	1,67
1,05	304,2	215,1	793	561	241204	120667	361871	3256,8	17700	14443,2	590000	0,03	0,0244	46,4	32,89	1,41
1,4	229,7	162,4	793	561	182168	91133	273301	2459,7	17700	15240,3	590000	0,03	0,0258	46,4	36,1	1,51

**Расчет зависимости коэффициента, характеризующего скорость впитывания воды почвой k_w
от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,04$ м и глубине щели $a_{щ} = 0,3$ м)**

Межщелевой интервал $C_{щ}$, м	Количество щелей (дл)	Количество щелей (кор)	Длина щели (дл), м	Длина щели (кор), м	Σ длин щели (дл), м	Σ длин щели (кор), м	Общая длина щели, м	Объем воды в щели, м ³	Объем воды на поверхности, м ³	Объем воды на поверхности с учетом щели, м ³	Площадь полива, м ²	Высота слоя воды, м	Высота слоя воды с учетом щели, м	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Время впитывания воды при поперх. поливе, мин	Коэффициент k_w
0,35	842,3	595,6	793	561	667944	334132	1002075	12025	17700	5675,1	590000	0,03	0,0096	46,4	6,95	6,67
0,7	443,9	313,9	793	561	352028	176108	528136	6338	17700	11362,4	590000	0,03	0,019	46,4	21,68	2,14
1,05	301,4	213,1	793	561	238991	119560	358551	4303	17700	13397,4	590000	0,03	0,0227	46,4	29,16	1,59
1,4	228,1	161,3	793	561	180903	90500	271403	3257	17700	14443	590000	0,03	0,0244	46,4	32,89	1,41

**Расчет зависимости коэффициента интенсивности впитывания воды в
почву от межщелевого интервала $C_{щ}$
(при ширине щели $b_{щ} = 0,01$ м и глубине щели $a_{щ} = 0,2$ м)**

Размеры: ширина / глубина щелей, м	Коэффициент k_n при межщелевом интервале $C_{щ}, м$			
	0,35	0,7	1,04	1,4
0,01 / 0,2	2,138	1,577	1,386	1,29
0,01 / 0,3	2,694	1,859	1,575	1,432
0,01 / 0,4	3,222	2,126	1,754	1,567
0,01 / 0,5	3,777	2,408	1,943	1,709
0,02 / 0,2	2,135	1,583	1,392	1,295
0,02 / 0,3	2,675	1,579	1,579	1,436
0,02 / 0,4	3,216	2,138	1,773	1,577
0,02 / 0,5	3,702	2,388	1,943	1,704
0,03 / 0,2	2,631	1,861	1,584	1,43
0,03 / 0,3	2,657	1,863	1,588	1,44
0,03 / 0,4	2,641	0,864	1,592	1,444
0,03 / 0,5	2,625	1,866	0,596	1,448

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **147 054** (13) **U1**(51) МПК
E21C 39/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014129378/28, 16.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.07.2014

(45) Опубликовано: 27.10.2014 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, ФГБОУ
ВПО "Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова", патентный
отдел

(72) Автор(ы):

Бойков Василий Михайлович (RU),
Старцев Сергей Викторович (RU),
Чурляева Оксана Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

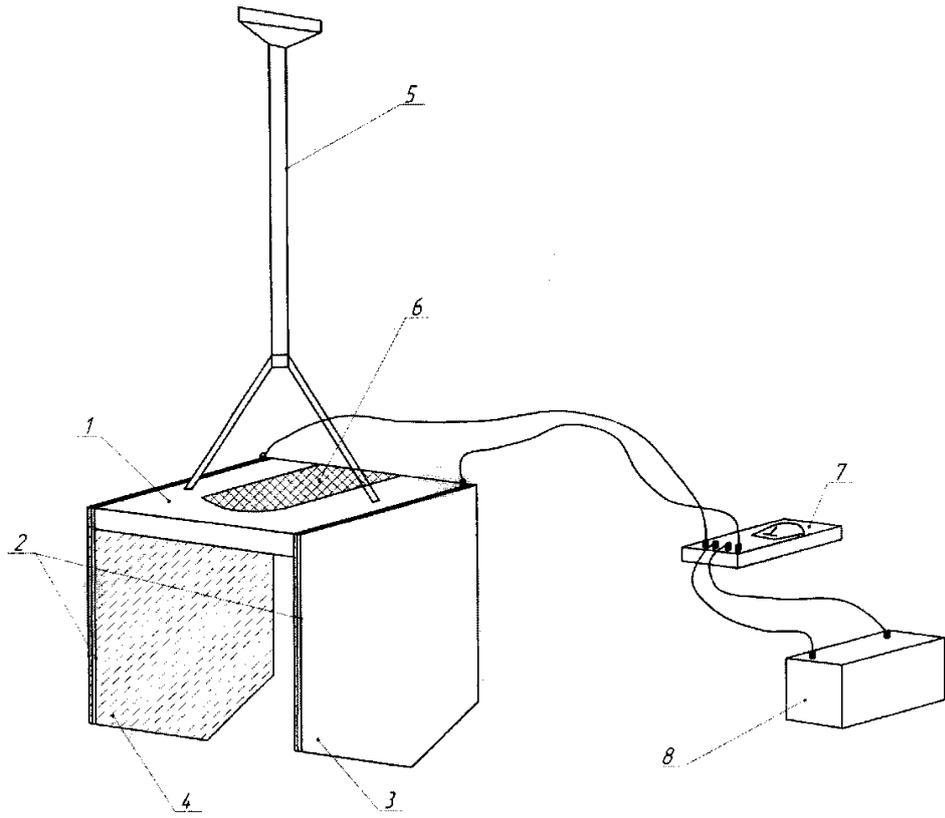
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова" (RU)**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ**

(57) Формула полезной модели

Устройство для измерения электросопротивления почвы, содержащее основание, измерительный прибор и источник питания, отличающееся тем, что к основанию закреплены пластины-электроды, подключенные через измерительный прибор к источнику питания, причем пластины-электроды обращены друг к другу и выполнены двухслойными, слой диэлектрика с наружной стороны, а слой токопроводящий с внутренней стороны, кроме того, на верхней поверхности основания расположены рукоятка и подножка.

RU 147054 U1

RU 147054 U1



RU 147054 U1

RU 147054 U1

В диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций при ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова»

СПРАВКА

С сентября 2014 года по август 2015 года в АО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области проводились исследования технологии производства сои в орошаемом земледелии, разработанной в Саратовском ГАУ им.Н.И.Вавилова (д.т.н., профессором Бойковым В.М., д.т.н., профессором Старцевым С.В. и инженером Чурляевой О.Н.) с применением основной обработки почвы, выполняемой лемешно-отвальным плугом ПНЛ-8-40 и фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5. Оросительная сеть хозяйства в зоне посевных площадей сои включала несколько насосных станций: НС «Аннушка», НС №58П, НС №47, НС «БКНС», подающих поливную воду к дождевальным установкам ДМУ-Б463-90 «Фрегат». Обработанные осенью 2014 года по двум технологиям поля были засеяны весной 2015 года соей сорта «Амфор». В процессе вегетационного периода развития растений сои в 2015г на сравниваемых полях проводились внесение минеральных удобрений в равных дозах и поливы одинакового количества, от трех до пяти.

Исследования основной обработки почвы проводились на поле: почва чернозем среднесуглинистый, влажность почвы в слое 0-30 см находилась в пределах 21-23%, при этом твердость почвы составляла 3,2-3,5 МПа, незерновая часть урожая включала разбросанную по поверхности поля измельченную солому, растительные и пожнивные остатки.

В результате исследований было установлено:

- поверхность поля обработанного плугом-рыхлителем ПБФР-5 была ровной, высота гребней находилась в пределах 1,6-2,8см, что значительно ниже требований к посеву растений сои;
- на 2 передаче 2 режима трактора К-701 часовая производительность агрегата К-701+ПНЛ-8-40 при ширине захвата плуга 3,2м в среднем составляла 2,5 га/ч, а производительность К-701+ПБФР-5 при ширине захвата 5м – 3,6 га/ч;
- при работе ПБФР-5 незерновая часть урожая перемешивалась с раскрошенной почвой, образуя взрыхленный мульчирующий слой толщиной до 12 см; при работе плуга ПНЛ-8-40 пожнивные остатки были заделаны в пахотном слое 0-27см неравномерно как по глубине, так и по ширине захвата плуга;
- по образованным щелям от рабочих органов ПБФР-5 проникали вода, при вегетационных поливах без образования поверхностного стока, которая аккумулировалась в подпахотном горизонте.

Проведенные исследования технологий производства сои на орошении с различными вариантами основной обработки почвы и равном количестве поливов с заданными нормами в период роста растений показали, что обработка почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 ~~повышает~~ урожайность сои на 3 ц/га, в сравнении с серийным плугом ПНЛ-8-40.

Директор АО «Агрофирма «Волга»  Вертушкин И.Н.



В диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций при ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова»

СПРАВКА

С июля по сентябрь 2015 года на поле с агрофоном стерня озимой пшеницы в ИП глава Крестьянско Фермерского Хозяйства Кулибаба В.В. Энгельского района Саратовской области проводились исследования технологического процесса основной отвальной обработки почвы, выполняемого лемешно-отвальным плугом новой конструкции ПБС-5М. Авторами-разработчиками технологии и плуга являются сотрудники кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК» профессор Бойков В.М., профессор Старцев С.В. и аспирант Чурляева О.Н.

Целью исследований являлось оценка заделки стерни, соломы и растительных остатков с поверхности поля в пахотный слой, агрегатом состоящим из трактора Т-150К и плуга ПБС-5М, при комплектации плуга двумя видами рабочих органов № 1 и № 2, отличающихся отвалами.

№1- отвал со сплошной рабочей поверхностью и вырезом между лемехом и нижним обрезом отвала треугольной формы;

№2 отвал со сплошной рабочей поверхностью и двумя вырезами, вырезом между лемехом и нижним обрезом отвала треугольной формы и вырезом трапециевидной формы в верхней части отвала.

Исследования проводились на поле: почва – чернозем среднесуглинистый, влажность почвы в слое 0-30 см находилась в пределах 18-22%, при этом твердость почвы составляла 2,6-3,7 МПа, высота стерни до 25 см.

В результате исследований было установлено:

- при глубине обработки почвы на глубину 24-27 см, скорость движения агрегата составляла 7,1-8,3 км/ч.

У агрегата с плугом ПБС-5М скомплектованного с рабочими органами № 1 заделка соломы и растительных остатков в пахотный слой находилась в пределах 65-70%.

У агрегата с плугом ПБС-5М скомплектованного с рабочими органами № 2 заделка соломы и растительных остатков в пахотный слой находилась в пределах 73-87%. Гребнистость поверхности пашни и крошение почвы в обоих случаях соответствовали агротехническим требованиям. Залипания рабочих органов почвой и забивание их растительными остатками не наблюдались.



Кулибаба В.В.

Кулибаба В.В.

Профессор

Профессор

Аспирант

Бойков В.М.
Старцев С.В.
Чурляева О.Н.

Бойков В.М.

Старцев С.В.

Чурляева О.Н.

В диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций при ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова»

СПРАВКА

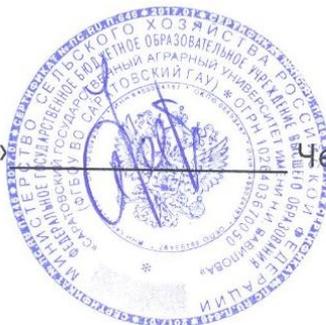
В сентябре 2016 года в Учебно-научно-производственном объединении «Поволжье» Саратовского ГАУ на полях п. Степное Энгельсского района Саратовской области проводились исследования сотрудниками кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК» профессором Бойковым В.М., профессором Старцевым С.В. и аспирантом Чурляевой О.Н. технологических процессов основной отвальной обработки почвы, выполняемых лемешно-отвальными плугами ПНЛ-8-40 и ПБС-8М.

Агротехнический фон представлял собой стерню проса и разбросанную комбайном по поверхности поля измельченную солому.

В результате исследований было установлено, что после обработки почвы агрегатом К-701+ ПНЛ-8-40 поверхность пашни имеет гребнистость не более 9,0 см, мульчирование отсутствует, стерня и растительные остатки проса заделаны в пахотный слой рядами от 20 до 30 см на глубине 5-12 см. На поверхности поля наблюдались частицы соломы в рядах смыкания пластов почвы и находились на расстоянии 30-60 см.

После обработки почвы агрегатом К-744РЗ+ПБС-8М высота гребней на поверхности пашни не превышает 5,0 см, пожнивные остатки заделаны в пахотный слой также неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга. Ширина слоя соломы на глубине заделки 10-15 см составляло от 5 до 15 см, при этом стерня и солома на этой глубине находилась в основном в горизонтальном положении. Такой характер распределения незерновой части урожая способствует улучшению структуры почвы, водопроницаемости и влагосбережению.

Начальник УНПО «Поволжье»



Четвериков Ф.П.

**Результаты полевых исследований влажности почвы, обработанной с
щелчеванием ПБФР-5 и без щелчевания ПНЛ-8-40
(влагозарядковый полив 2.06.2015 г)**

Опыт №1

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10 -ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	9,0	9,0	1,0
2	5	9,0	9,2	1,0
3	10	7,5	8,0	1,1
4	15	6,5	8,0	1,2
5	20	5	8,0	1,6
6	25	4	7,0	1,7
7	30	3,5	6,0	1,8

Опыт №2

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10 -ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	10	10	1,0
2	5	8,5	9,5	1,1
3	10	8,3	9,5	1,15
4	15	7,1	8,5	1,2
5	20	5,0	8,0	1,65
6	25	4,2	7,5	1,8
7	30	3,7	7,0	1,9

Опыт №3

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10 -ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	9,5	10	1,0
2	5	8,7	9,5	1,1
3	10	8,0	9,0	1,15
4	15	6,8	8,8	1,3
5	20	5,0	7,5	1,6
6	25	4,3	7,5	1,8
7	30	3,7	7,0	1,9

**Результаты полевых исследований влажности почвы, обработанной с
щелеванием ПБФР-5 и без щелевания ПНЛ-8-40
(влагонакопление 15.03.2016г.)**

Опыт №1

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10 -ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	5,3	6,3	1,2
2	5	6,0	7,0	1,18
3	10	6,2	7,0	1,13
4	15	7,2	8,0	1,12
5	20	7,2	8,0	1,12
6	25	8,6	9,5	1,1
7	30	9,0	9,0	1,2

Опыт №2

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10-ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	5,3	5,8	1,1
2	5	5,7	6,5	1,15
3	10	6,3	7,5	1,2
4	15	5,8	7,5	1,3
5	20	6,7	8,2	1,22
6	25	7,7	8,5	1,1
7	30	9,2	9,5	1,0

Опыт №3

№ пп	Глубина, см	Величина влажности почвы по 10 -ной шкале		Коэффициент соотношения k_w
		ПНЛ-8-40	ПБФР-5	
1	0	5,5	6,0	1,1
2	5	5,9	6,5	1,1
3	10	6,0	7,5	1,25
4	15	6,7	8,0	1,2
5	20	7,5	9,0	1,2
6	25	9,0	9,0	1,0
7	30	10	10	1,0

**Результаты урожайности сои в зависимости от технологии обработки почвы
в АО «Агрофирма «Волга» по состоянию на 06.10.2015г.**

НС	№ гидранта	Вид основной обработки		Сроки сева	Способ сева	Название сорта	Внесение удобрений		Влагозарядка	Кол-во поливов	Хим. обработка		Урожайность
		Зябрь	Весновспашка				Название	Кол-во, кг/га			Сроки	Название гербицидов	
НС «Аннушка»	АВЗВ-А/Г31-50(46)	плуг		16.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		1	18.06 - 03.07	арама, базагран	7
	АВЗВ-А/Г30-50(46)	плуг		17.май	СЗУ-3,6	Амфор	сульфоаммофос	60,0		3	28.06 - 03.07	базагран, арама	15,1
	АВЗВ-А/Г17-52(46)	-	прямой сев	20.май	СС-6000	Амфор	аммиачная селитра	80,0		0	20.06 - 27.06	базагран, арама	7,3
	АВЗВ-А/Г8-46(45)	-	прямой сев	21.май	СС-6000	Амфор	аммиачная селитра	80,0		2,5	20.июн	базагран + пульсар	12,9
	АВЗВ-А/Г10-47(45)	плуг		17.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		4	19.06 - 26.06	базагран, арама	18,4
	АВЗВ-А/Г5-51(46)	плуг		17.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		2,5	19.06 - 26.06	арама, базагран	12,5
	АВЗВ-А/Г1-50(46)	ПБФР		19.май	СЗУ 3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		3	20.06 - 26.06	базагран, арама	15,4
	АВЗВ-А/Г2-55(46)	ПБФР		19.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		4	19.06 - 26.06	арама, базагран	19,5
	АВЗВ-А/Г15-49(46)	плуг		19.май	СС-6000	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		2	20.06 - 03.07	базагран, арама	11,8
	АВЗВ-А/Г25-46(46)	ПБФР		17.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		3	18.06 - 27.06	арама, базагран	14
	АВЗВ-А/Г16-76(46)	плуг		19.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра	80,0		1,5	20.06 - 27.06	базагран, арама	9,7
	АВЗВ-А/Г7-54(45)	плуг		17.май	СЗУ-3,6	Амфор	сульфоаммофос	60,0		3	20.06 - 03.07	арама, базагран	13,1
АВЗВ-А/Г6-73(52)	плуг		18.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоаммофос	80-60		1	19.06 - 04.07	арама, базагран	8,5	

	АВЗВ-А/Г26-47(46)	плуг		16. май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	80-60		2	18.06 - 26.06	базагран, арама	12,6
	АВЗВ-А/Г22-52(46)	ПБФР		16.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	80-60		4	18.06 - 27.06	арама, базагран	14,8
	АВЗВ-А/Г23-53(46)	-	прямой сев	19. май	СС-6000	Амфор	аммиачная селитра	80,0		3	18.06 - 27.06	базагран, арама, базагран	12,8
ИТОГО по НС «Аннушка»													12,8
НС «БКНС»	АВЗВ-БКНС/Г5-65(46)	ПБФР		23 май	СС-6000	Амфор	сульфоаммофос	60.0		5	16. июн	пульсар	29
	АВЗВ-БКНС/Г4-65(46)	ПБФР		25.май	СС-6000	Амфор	сульфоаммофос	60,0		5	16.06-23.06	базагран, арама	24,4
	АВЗВ-БКНС/Г7-80(63)	плуг		08.июн	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра	80,0		5	23.июн	пульсар	18,4
	АВЗВ-БКНС/Г8-70(55)	-	дискатор	09.июн	СЗУ-3,6	Амфор/ Бара	аммиачная селитра	80,0		5	27.06.04 .07	пульсар, базагран	17,8
	АВЗВ-БКНС/Г11-72(55)	плуг		20.май	СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	16.июн	пульсар, базагран	23,1
	АВЗВ-БКНС/Г3-61(46)	плуг		29.май	Сибирячка	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	16. июн	пульсар	16
	АВЗВ-БКНС/Г12-68(46)	-	культивация	31.май	Сибирячка/СЗУ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	16. июн	пульсар	15,4
ИТОГО по НС «БКНС»													20,6
«47 НС»	АВЗВ-47-П/Г2-82(71)	ПБФР		21.май	СЗУ-3.6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	17.06 - 03.07	базагран, арама	23,8
	АВЗВ-47-П/Г3-62(63)	плуг	дискатор	03.июн	Сибирячка	Амфор/Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		4	26.июн	пульсар	15,7
	АВЗВ-47-П/Г4-66(55)		прямой сев	22.май	СС-6000	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		4	17.июн	пульсар* базагран	11,3
	АВЗВ-47-П/Г5-99(63)	ПБФР		23.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоэм мофос	60-80		5	17.июн	пульсар* базагран	20,5
	АВЗВ-47-П/Г6-145(63)	плуг		21 май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	15.июн	пульсар	19,9
	АВЗВ-47-П/Г8-92(48)	плуг		24.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		3	25.06 - 01.07	базагран, арама	10,4
	АВЗВ-47-П/Г1-	плуг/		23.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная	60-80		5	17.июн	пульсар	21,2

	95(71)	ПБФР					селитра/сульфоам мофос						
ИТОГО по «47 НС»													18,1
НС «Саратовка»	АВЗВ-С/Г36-60(47)	плуг		20. май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		1,5	24.06 - 01.07	базагран, арама	8,8
	АВЗВ-С/Г34-86(63)	плуг		20.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		2	23.06 - 30.06	базагран, арама	10,5
	АВЗВ-С/Г35-80(63)	плуг		20.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		1,5	24.06- 03.07	базагран, арама	7,5
	АВЗВ-С/Г37-51(41)	плуг		21.май	СЗУ-3,6	Бара	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		1,5	25.06- 01.07	базагран, арама	7,4
ИТОГО по НС «Саратовка»													8,6
«58 П»	АВЧК-58П-10	плуг		17.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80	-	5	22.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	16,9
	АВЧК-58П-4	ПБФР		19.май	Бурго	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60 80	-	5	22.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	23,9
	АВЧК-58П-12	-	культиватор Бурго	24.май	Бурго	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80	+	5	22.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	22,1
	АВЧК-58П-6	ПБФР		18.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80	-	5	22.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	19,2
	АВЧК-58П-11	ПБФР		27.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос с	60 80	-	5	23.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	21,1
	АВЧК-58П-1	-	культиватор Бурго	26.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80	+	5	23.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	20,2
	АВЧК-58П-7	-	культиватор Бурго	27.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80	+	5	23.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	17,5
	АВЧК-58П-13	ПБФР		22.май	СЗ-3,6	Амфор	аммиачная селитра/сульфоам мофос	60-80		5	23.июн	фабиан, миура, адыо, агромастер, бороплюс	21,8
ИТОГО по с. Чкаловка													20,3
ИТОГО:													16