

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**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Саратов 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель: **Старцев Сергей Викторович,**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Борисенко Иван Борисович,**
доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»
Савельев Юрий Александрович
доктор технических наук, доцент. ФЫГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

Ведущая организация: ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,
г. Саратов

Защита диссертации состоится _____ 2017г. в ___ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.061.03 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте www.sgau.ru.

Отзывы направлять ученому секретарю диссертационного совета по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. E-mail: chekmarev.v@yandex.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Василий Васильевич Чекмарев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Важнейшей задачей сельского хозяйства является увеличение производства сельскохозяйственных культур при одновременном сохранении и увеличении почвенного плодородия. Для получения высокого урожая, особенно в районах подверженных ветровой и водной эрозии с малым количеством атмосферных осадков, применяется технология орошаемого земледелия, которая выполняется большим количеством различных машин и орудий: борон, культиваторов, сеялок, луцильников, дискаторов, плугов, дождевальных установок, сильно отличающихся между собой по эксплуатационным и технологическим показателям. Это вызывает сложность в объективной оценке всей технологии. Одним из критериев эффективности может являться сумма затрат труда при выполнении механизированных работ. Установлено, что в технологии производства с.х. культур в орошаемом земледелии наиболее ресурсозатратными являются операции основной обработки почвы и полива.

В настоящее время наибольший удельный вес в мировых национальных продовольственных программах занимает соя, производство которой в Саратовской области выросло с 2010 к 2015 году на 68% и выполняется на поливных площадях с использованием на основной обработке почвы лемешно-отвальных плугов общего назначения. При небольшой ширине захвата эти орудия имеют высокие затраты труда, формируют структуру пахотного слоя, аккумулирующего малый объём выпадающих осадков и способствующего росту испарения воды после полива.

Таким образом, повышение эффективности технологии основной обработки почвы на орошении использованием высокопроизводительных машин, которые бы не истощали землю, а напротив, обогащали почву органическими веществами, улучшали её структуру и повышали впитывающую способность воды, представляет собой актуальную научную задачу, имеющую важное хозяйственное значение.

Исследования выполнены в соответствии долгосрочной областной целевой программой «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Саратовской области» на 2014–2020 годы (постановление Правительства области от 7 сентября 2012 года № 544-П), а также «Концепцией развития агропромышленного комплекса Саратовской области до 2020 года» (п.п.3.4.3 Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК).

Степень разработанности. Исследованиям механизации технологических процессов основной обработки почвы посвящены

классические труды основоположника земледельческой механики академика Горячкина В.П. и многих других ученых, а использованию машин на орошении – работы Костякова А.Н., Лебедева Б.М., Тарасова Л.И. и других ученых. На их основе проведена оценка эффективности механизации процесса производства сои в орошаемом земледелии по критерию затрат человеческого труда.

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

Задачи исследования:

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 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.

Объект исследований. Технологические процессы основной обработки почвы в орошаемом земледелии при производстве сои.

Предмет исследований. Закономерности изменения затрат труда, интенсивности поглощения воды почвой и распределения незерновой части урожая по профилю обрабатываемого пахотного слоя при использовании почвообрабатывающих машин применяемых для основной обработки почвы.

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 работы. 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 – 735 чел.ч, а при использовании в технологии плуга-рыхлителя ПБФР-5 – 592 чел.ч. Установлен коэффициент интенсивности поглощения воды почвой k_u , 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 воды 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" СГАУ и ИП глава К(Ф)Х Кулибаба В.В. Энгельского 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 эксплуатационному 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, по разработанным частным методикам. Обработка результатов экспериментов выполнялась с использованием статистических методов с применением ПК.

Положения, выносимые на защиту:

- оценка эффективности производства сои в орошаемом земледелии по критерию затрат труда;
- обоснование интенсивности поглощения воды почвой;
- закономерности распределения незерновой части урожая (НЧУ) в обрабатываемом слое почвы при использовании различных почвообрабатывающих орудий.

Степень достоверности и апробация результатов. 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.). Содержание и основные результаты работы были обсуждены и получили положительную оценку.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, из них 7 статей в рецензируемых научных изданиях, общим объемом 2,4 печатных листа, из них лично соискателю принадлежит 1,1 п.л. Остальные работы опубликованы в сборниках научных трудов, сборниках материалов научных конференций. Один патент на полезную модель.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц, 114 рисунков, 8 приложений. Библиографический список включает 130 наименований, в том числе 4 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы и сформулированы основные научные положения, которые выносятся на защиту.

В **первой главе** «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований» рассмотрено значение производства сои, площади которой в России составляют 0,7-1% от общей площади сои в мире, в Саратовской области за последние пять лет посевные площади сои на орошении выросли на 68%. Проведен анализ базовой технологии и комплекса машин для производства сои в орошаемой земледелии, рекомендуемой Федеральным регистром использования технологий и технологических адаптеров производства сельскохозяйственных культур Р-ТБ-1.0.-Р-ТБ-6.0, включающая лущение стерни, основную обработку почвы, покровное боронование, предпосевную культивацию, внесение минеральных удобрений, посев, внесение гербицидов, полив, уборку урожая с измельчением и разбрасыванием незерновой части урожая по полю. Установлено, что наиболее энергозатратными операциями являются основная обработка почвы и полив.

Проанализированы технические характеристики известных лемешно-отвальных плугов общего назначения, дисковых борон и дискаторов, комбинированных почвообрабатывающих орудий, дождевальных машин и затраты труда при их использовании.

Рассмотрены работы академика Горячкина В.П., 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, посвященные исследованиям основной обработки почвы.

Проанализированы 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., Тарасова Л.И., Харченко С.И. и других ученых, в которых изучены вопросы использования машин в орошаемой земледелии.

В результате обзора, установлено, что энергоемкость технологического процесса зависит от производительности машинно-тракторного агрегата (МТА), однако сумма производительности всех МТА на операциях технологии возделывания культуры не может дать объективной оценки эффективности её производства в целом, поэтому за критерий эффективности всей технологии приняты затраты человеческого труда, обратно пропорциональные часовой производительности МТА.

Обработка почвы щелеванием позволяет повысить площадь контакта почвы с водой и увеличивает впитывающую способность почвы, предотвращает процессы стока и смыва почвы. Для рационального использования влаги и противоэрозионной устойчивости почв при поливе, необходимо улучшать структуру почвы путем обогащения верхнего пахотного слоя незерновой частью урожая (НЧУ) сельскохозяйственных культур, оставшейся на поле после уборки.

В конце главы обоснованы цели и задачи исследования.

Во **второй главе** «Теоретические исследования эффективности технологических процессов обработки почвы в системе орошаемого земледелия» представлены закономерности изменения производительности и затрат труда пахотных агрегатов, интенсивности поглощения воды почвой и распределения незерновой части урожая по профилю обрабатываемого пахотного слоя, влияющие на затраты труда механизированной технологии производства с.х. культуры в орошаемом земледелии.

Согласно ГОСТ 23730-88 проведен анализ эффективности технологии производства сои на орошении по сумме затрат труда ($Z_{тр}$) на операциях:

$$Z_{тр} = Z_{уб} + Z_{л} + Z_{пах} + Z_{бор} + Z_{кул} + Z_{нос} + Z_{гер} + Z_{пол}, \quad (1)$$

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 основную обработку почвы, 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.

Затраты труда за час работы агрегатов определяли по выражению:

$$Z_{тр} = m / W_{ч}, \quad (2)$$

где, $Z_{тр}$ – затраты труда, чел.ч/га; m – количество трактористов-машинистов обслуживающих один агрегат, чел.; $W_{ч}$ – часовая производительность агрегата, га/ч.

На рисунке 1 представлена схема базовой технологии производства сои на орошении с применением на основной обработке почвы пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40 (вариант 1).

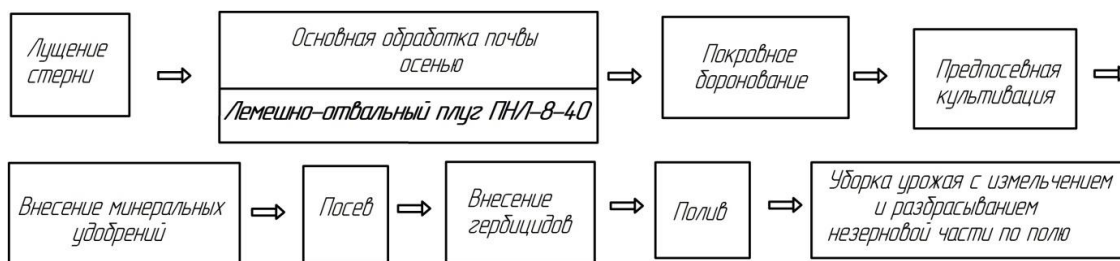


Рисунок 1 – Схема базовой технологии производства сои на орошении с применением на основной обработке почвы пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

Затраты труда на основную обработку почвы ($Z_{нах}$) определяли по следующему выражению:

$$Z_{нах} = m / [0,36 B_{пл} \cdot \sqrt{(P_{кр} - Gf - kaB_{пл}) / \varepsilon a B_{пл}}], \quad (3)$$

где, $B_{пл}$ – ширина захвата плуга, м; G – сила тяжести плуга, Н; f – коэффициент сопротивления передвижению плуга в борозде; k – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации, Н/м²; a – глубина обработки почвы, м; ε – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности отвала и свойств почвы, кНс²/м⁴; $P_{кр}$ – тяговое усилие трактора, Н.

Анализ зависимостей (рисунок 2) показывает, что часовая производительность агрегата и затраты труда на обработку почвы при скорости 2,7 м/с, ограниченные агротехническими требованиями к основной обработке почвы и тяговым усилием трактора, составляют соответственно 3,0 га/ч и 0,31 чел.ч/га. В результате расчета базовой (вариант 1) затраты труда технологии на 300 га посевной площади сои составили Σ 770 чел.ч.

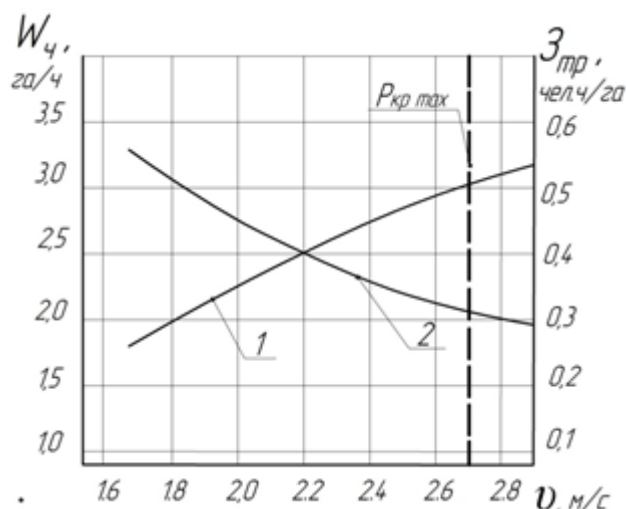


Рисунок 2 - Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения пахотного агрегата К-701+ПНЛ-8-40

В настоящее время в России стали широко применять высокопроизводительные плуги общего назначения ПБС. Технологический

процесс обработки почвы плугом ПБС-8М (рисунок 3,а) отличается от ПНЛ-8-40 (рисунок 3,б) совмещением процессов отвальной и безотвальной обработки почвы.

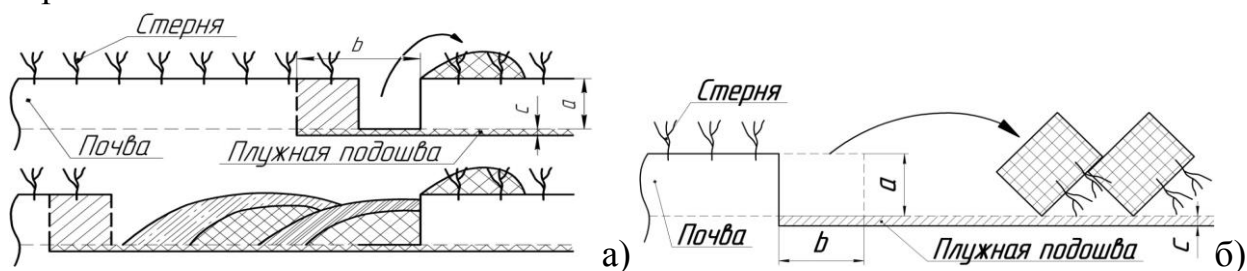


Рисунок 3 - Схема процесса обработки почвы плугом: а) ПБС-8М; б) ПНЛ-8-40

Зависимость эксплуатационных показателей: производительности и затрат труда на основную обработку почвы лемешно-отвальным плугом ПБС-8М с трактором К-701 представлена на рисунке 4.

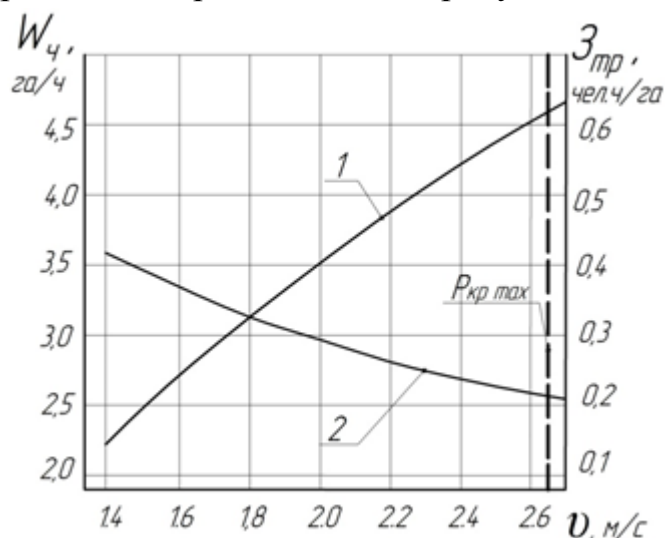


Рисунок 4 - Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения пахотного агрегата К-701+ПБС-8М

В результате анализа зависимостей (рисунок 2 и 4) установлено, что производительность К-701+ПБС-8М выше производительности К-701+ПНЛ-8-40 на 33,3%, а затраты труда технологии (вариант 2) составили Σ 735 чел.ч, что ниже варианта 1 на 4,5%.

Установлено, что щелевание почвы повышает интенсивность впитывания влаги при заданной норме полива, влияет на величину производительности дождевальной установки и является одним из направлений повышения эффективности производства сои в орошаемом земледелии.

Схемы поверхностного полива и поверхностного полива с щелеванием почвы представлены на рисунке 5.

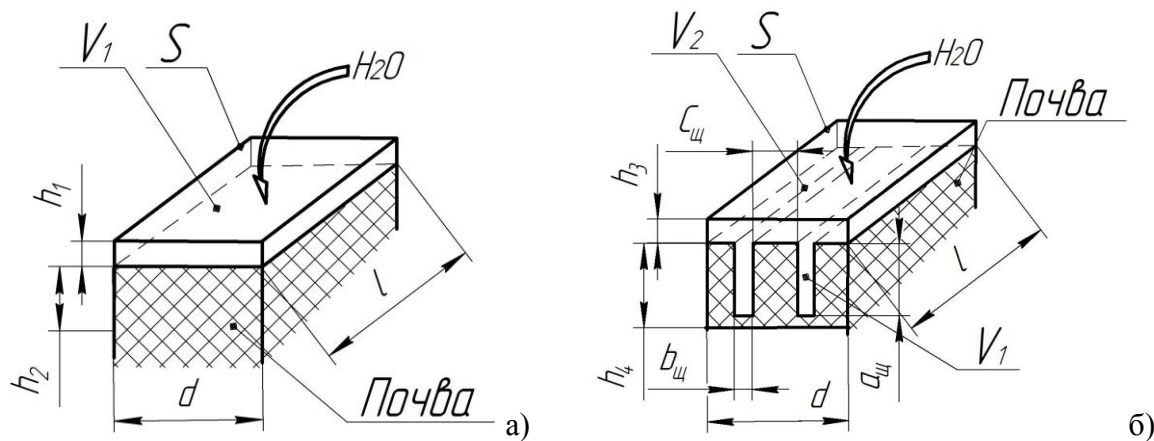


Рисунок 5- Схемы полива участка: а) поверхностный; б) полив с щелеванием почвы

На участок поверхности поля площадью $S = d \cdot l$ (рисунок 5, а) поступает объем воды V_1 :

$$V_1 = d \cdot l \cdot h_1 = M \cdot S, \quad (4)$$

где, d – ширина участка, м; l – длина участка, м; h_1 - высота объема поступающей воды, м; M - норма полива, м³/га.

Объем воды поступающей в щели V_2 на участке (рисунок 5,б):

$$V_2 = a_{щ} \cdot b_{щ} \cdot l_{щ} \cdot n_{щ}, \quad (5)$$

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

Зависимость слоя воды h_4 , поглощающегося каштановыми тяжелосуглинистыми почвами Саратовского Заволжья от времени поглощения t_g по исследованиям Л.И. Тарасова, описывается эмпирической формулой:

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

Объем воды, поглощаемой почвой с площади S (рисунок 4, а) без учета потерь на испарение:

$$V_1 = S \cdot h_4 = d \cdot l \cdot 0,003 t_g^{0,6}. \quad (7)$$

Тогда интенсивность поглощения воды почвой с поверхности поля без щелевания:

$$W_{нов} = V_1 / t_g = d \cdot l \cdot 0,003 t_g / t_g^{0,4}. \quad (8)$$

Дополнительная площадь на поливаемом участке с щелеванием почвы (рисунок 5,б):

$$S_{дщ} = d \cdot l (2a_{щ} + e_{щ}) / (C_{щ} + e_{щ}), \quad (9)$$

где, $c_{щ}$ - межщелевой интервал, м.

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

$$S_{об} = S + S_{дщ} = d \cdot l + d \cdot l (2a_{щ} + b_{щ}) / (C_{щ} + b_{щ}). \quad (10)$$

Объем воды поглощаемой почвой на этой площади $S_{об}$:

$$V = d \cdot l [1 + (2a_{щ} + b_{щ}) / (C_{щ} + b_{щ})] \cdot 0,003 t_e^{0,6}. \quad (11)$$

Интенсивность поглощения воды почвой при щелевании:

$$W_{щел} = V / t_e = d \cdot l [1 + (2a_{щ} + b_{щ}) / (C_{щ} + b_{щ})] \cdot 0,003 / t_e^{0,4}. \quad [га/ч] \quad (12)$$

Анализ выражений (8 и 12) 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 :

$$k_u = W_{щел} / W_{нов} = [1 + (2a_{щ} + b_{щ}) / (C_{щ} + b_{щ})]. \quad (13)$$

На рисунке 6 представлена зависимость коэффициента интенсивности поглощения воды почвой k_u при выполнении полива прощелеванного участка от параметров щели: межщелевого интервала, ширины и глубины щели.

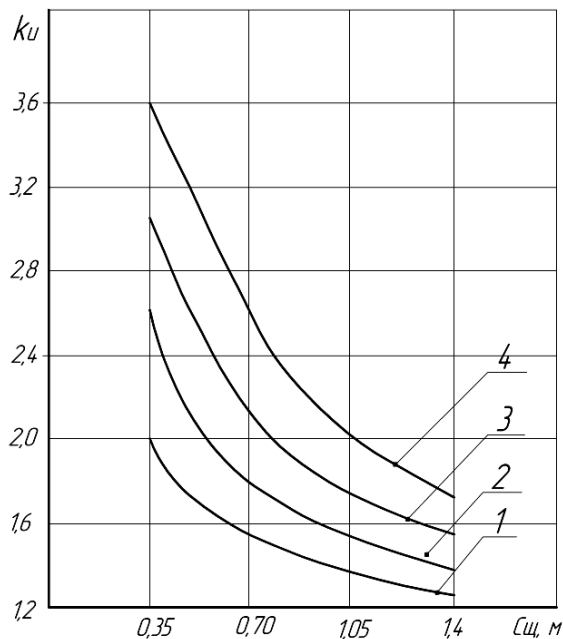


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента интенсивности поглощения воды почвой k_u от межщелевого интервала $c_{щ}$, при различных соотношениях ширины $b_{щ}$ и глубины щели $a_{щ}$:
 1- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,2м;
 2- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,3м;
 3- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,4м;
 4- ширина щели 0,01м, глубина щели 0,5м.

Из рисунка видно, что коэффициент интенсивности поглощения воды почвой k_u изменяется по нелинейной зависимости, с увеличением межщелевого интервала уменьшается величина коэффициента.

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. Это явно отражает коэффициент интенсивности поглощения воды почвой k_w , а также показывает на сколько снизятся затраты труда при поливе с щелеванием в сравнении с поверхностным поливом за сезон на орошаемой площади.

Анализ затрат труда на технологию производства сои при основной обработке почвы с щелеванием пахотными агрегатами К-701+ПНЛ-8-40 и К-701+ПЦК-3,8 (вариант 3) составят $\Sigma 809$ чел.ч., на 4,8% больше, чем базовая технология (вариант 1) с плугом ПНЛ-8-40. Следовательно, применение на основной обработке почвы плуга ПНЛ-8-40 и щелереза ПЦК-3,8 нецелесообразно и вариант 3 в дальнейшем не исследовался.

Принимая во внимание, что главная цель основной обработки почвы заключается в крошении почвы, а щелевание почвы увеличивает интенсивность поглощения воды, тогда совмещение этих двух технологических операций, позволит повысить эффективность основной обработки почвы в орошаемом земледелии в технологии производства сои.

В ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ разработана технология основной комбинированной обработки почвы (рисунок 7), по которой на поверхности поля почва рыхлится с образованием мульчирующего слоя, предотвращающего водную и ветровую эрозию и снижающего испарение воды. По образованным углублениям и щелям интенсивно проникают атмосферные осадки, которые аккумулируются в подпахотном горизонте.

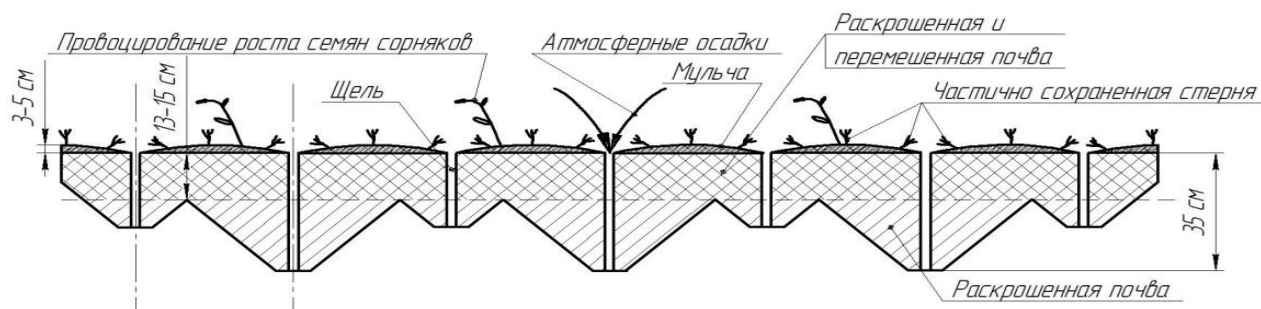


Рисунок 7 – Схема технологического процесса комбинированной обработки почвы

Общие затраты труда по технологии производства сои с использованием процесса комбинированной обработки почвы, выполняемой фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 (вариант 4):

$$Z_{тр} = Z_{уб} + Z_{л} + Z_{пах}^{ПБФР} + Z_{бор} + Z_{кул} + Z_{нос} + Z_{зер} + Z_{пол}, \quad (14)$$

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

Зависимость производительности и затрат труда на основную обработку почвы фронтальным плугом-рыхлителем ПБФР-5 с трактором К-701 представлена на рисунке 8.

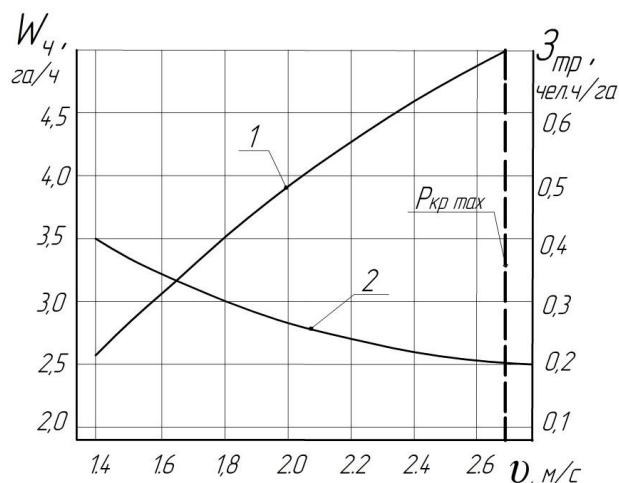


Рисунок 8 – Зависимость часовой производительности (1) и затрат труда (2) от скорости движения v пахотного агрегата К-701+ПБФР-5

Анализ зависимостей (рисунок 2, 4, 8) показывает, что производительность К-701+ПБФР-5 выше производительности К-701+ПБС-8М на 10,0% и производительности К-701+ПНЛ-8-40 на 40,0%. В результате расчета технологии производства сои на орошении с применением плуга-рыхлителя ПБФР-5 (вариант 4) затраты труда составили Σ 592 чел.ч. По сравнению с базовой технологией (рисунок 1) затраты труда снизились на 23,1%.

Проведенные исследования технологических процессов обработки почвы показали, что при обработке почвы с оборотом пласта плугами ПНЛ-8-40 и ПБС-8М основная величина НЧУ растений располагается по глубине в средней его части. На основании теории вероятности такое распределение НЧУ имеет следующую закономерность (рисунок 9,а), подчиняющуюся закону распределения случайной величины - закону Вейбула. При обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5 НЧУ распределяется равномерно в верхнем слое почвы на глубине 5-10 см, при этом характер распределения подчиняется закону равномерного распределения (рисунок 9,б).

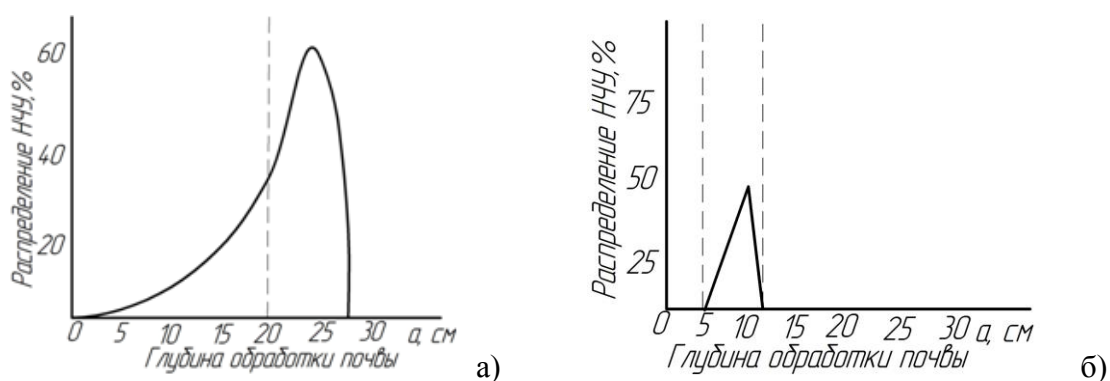


Рисунок 9 – Закономерность распределения НЧУ в пахотном слое при обработке почвы:
 а) плугами ПНЛ-8-40 и ПБС-8М; б) плугом ПБФР-5

В третьей главе «Программа и методика проведения экспериментальных исследований» представлены программа и методика экспериментальных исследований определения эксплуатационно-технологических показателей пахотных агрегатов К-701+ПНЛ-8-40, К-701+ПБС-8М и К-701+ПБФР-5, выполняющих технологические процессы основной обработки почвы на орошении с применением дождевальных установок ДМУ «Фрегат». При проведении лабораторно-полевых исследований на полях хозяйств Саратовской области руководствовались методиками, изложенными СТО АИСТ, в ОСТ 10 4.1–2001, ОСТ 10 2.2–2002, ГОСТ 24057–88. Условия проведения исследований определяли согласно ГОСТ 20915–75.

Для оперативного определения распределения НЧУ в пахотном слое по глубине использовали метод вертикального электрического зондирования (патент РФ №147054).

В четвертой главе «Результаты и анализ экспериментальных исследований технологических процессов основной обработки почвы», приведены результаты полевых исследований технологических процессов основной обработки почвы в орошаемом земледелии при производстве сои с использованием пахотных агрегатов К-701+ПНЛ-8-40, К-701+ПБС-8М и К-701+ПБФР-5 и дождевальной установки ДМУ «Фрегат».

Исследования пахотных агрегатов проводились на почве – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, рельеф полей был ровный, микрорельеф средневыраженный. 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: 2,8; 3,0 и 3,3 МПа. Агрофон поля - стерня проса с разбросанной по поверхности поля измельченной соломой.

Зависимости производительности и затрат труда пахотных агрегатов от скорости движения представлены на рисунке 10. Анализируя зависимости можно заключить, что производительность К-701+ПБФР-5 выше агрегатов

К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 соответственно на 12,8 и 36,2%, а закономерность изменения экспериментальных и теоретических зависимостей согласуется на основании критерия χ^2 с доверительной вероятностью 0,95.

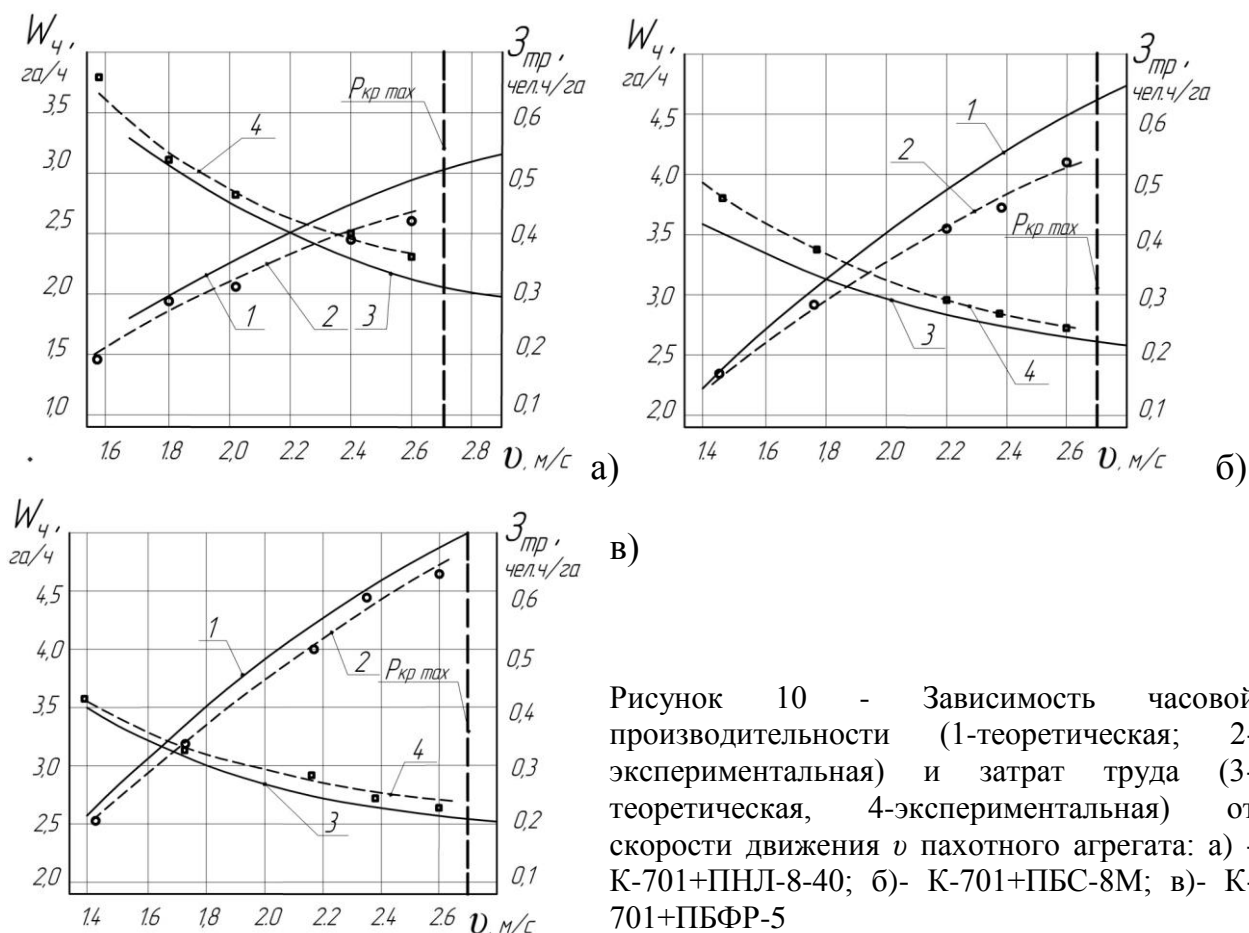


Рисунок 10 - Зависимость часовой производительности (1-теоретическая; 2-экспериментальная) и затрат труда (3-теоретическая, 4-экспериментальная) от скорости движения v пахотного агрегата: а) - К-701+ПНЛ-8-40; б)- К-701+ПБС-8М; в)- К-701+ПБФР-5

Результаты экспериментальных исследований интенсивности поглощения воды почвой показывают, что интенсивность поглощения воды почвой после обработки почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5, выполняющим рыхление почвы на глубину 30,8 см, при междурядном интервале 0,7м, на 32-44% выше интенсивности поглощения воды почвой после обработки почвы плугом ПНЛ-8-40. Полученная при экспериментальных исследованиях величина показателя $k_w = 1,39$ подтверждает расчетную величину коэффициента интенсивности поглощения воды $k_u = 1,55$, принятую для снижения затрат труда на поливе при производстве сои (вариант 4).

Исследования равномерности распределения НЧУ по глубине пахотного слоя, мульчирования поверхности пашни, проводились по профилю пахотного слоя. Установлено, что после работы агрегатов К-701+ПБС-8М и К-701+ПНЛ-8-40 (рисунок 11) НЧУ заделывается в пахотный слой неравномерно, как по глубине, так и по ширине захвата плуга,

располагается ниже 15 см от поверхности пашни. На поверхности пашни отсутствует мульчирование.

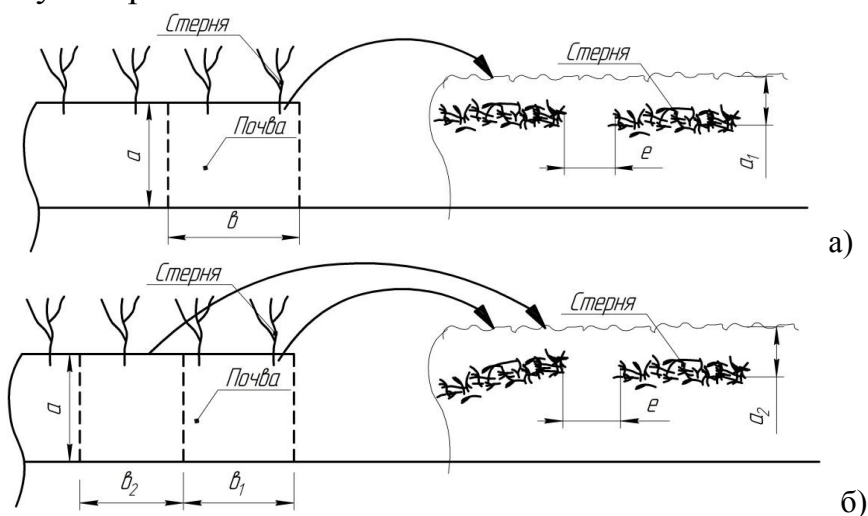


Рисунок 11 - Схема расположения НЧУ при обработке почвы плугом:
а) ПНЛ-8-40; б) ПБС-8М

После обработки почвы агрегатом К-701+ПБФР-5 НЧУ находится на глубине до 12см (рисунок 12). Ниже горизонта расположения НЧУ крошение почвы соответствует агротехническим требованиям. На расстоянии 0,35м явно выражено наблюдаются щели на глубине до 0,30м. Характер распределения НЧУ по профилю пахотного слоя подчиняется закону равномерного распределения случайной величины (рисунок 9,б).

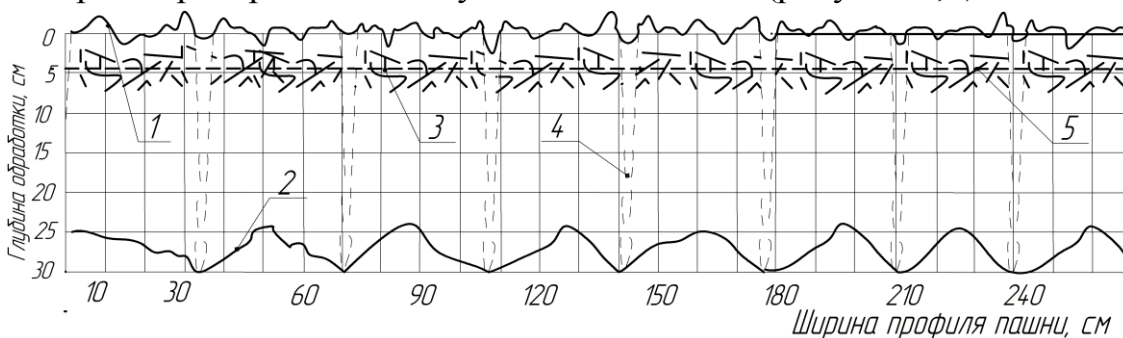


Рисунок 12 – Схема распределения НЧУ по профилю обработанного слоя почвы К-701+ПБФР-5: 1 - поверхность пашни; 2 - дно обработанного слоя почвы; 3- незерновая часть урожая; 4 - щель; 5 - линия расположения средней величины НЧУ в обработанном слое почвы

В пятой главе «Экономическая эффективность применения технологии основной обработки почвы на орошении при производстве сои» представлены результаты расчетов экономической эффективности производства сои при различных вариантах основной обработки почвы и полива. Показатели экономической эффективности приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели экономической эффективности применения технологии основной обработки почвы на орошении при производстве сои

Наименование показателя	Технология производства сои при обработке почвы плугом		
	ПНЛ-8-40 (вариант 1)	ПБС-8М (вариант 2)	ПБФР-5 (вариант 4)
Производительность пахотного агрегата, га/ч	3,0	4,5	4,8
Затраты труда, чел.ч/га	0,33	0,22	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 (300га)	5724939	5515591	4418866
Снижение эксплуатационных затрат по технологии, %	-	-	22,8/19,8*
Себестоимость продукции, руб/ц	1648	1602	1318
Годовая экономия эксплуатационных затрат, руб/га	-	-	4950/4260*

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

Из таблицы 1 видно, что затраты труда на технологию производства сои при основной обработке почвы плугом-рыхлителем ПБФР-5, по сравнению с плугами ПНЛ-8-40 и ПБС-8М ниже, соответственно на 23,1 и 19,47%. Разница в эксплуатационных затратах способствовала получению годового приведенного экономического эффекта от применения на основной обработке почвы в системе орошаемого земледелия плуга-рыхлителя ПБФР-5 в размере 4950 и 4260 руб, соответственно относительно применения лемешно-отвальных плугов ПНЛ-8-40 и ПБС-8М.

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.

Рекомендации. Полученные результаты могут быть использованы научно-исследовательскими институтами, машиностроительными заводами при разработке почвообрабатывающих орудий, а также производственными организациями, занимающимися возделыванием с-х. культур на орошении.

Перспективы дальнейшей разработки темы: объединение операции внесения минеральных удобрений и операции основной обработки почвы в единый технологический процесс с разработкой почвообрабатывающего орудия для его выполнения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ

1. **Чурляева, О.Н.** Использование незерновой части урожая для повышения плодородия почвы / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Аграрный научный журнал, г. Саратов. 2015. № 3. с. 47-48.

2. **Чурляева, О.Н.** Анализ процессов заделки незерновой части урожая в пахотный слой почвообрабатывающими орудиями / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н.//Аграрный научный журнал, г.Саратов. 2015. №6.с.57-59.

3. **Чурляева, О.Н.** Результаты исследований новой технологии основной обработки почвы при возделывании сои / Бойков В.М., Старцев С.В., Абасов В.С., Чурляева О.Н. // Аграрный научный журнал, г. Саратов. 2016. № 1. с. 46-48.

4. **Чурляева, О.Н.** Инновации в технологии основной обработки почвы для возделывания сои / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Международный научно-исследовательский журнал № 1-2 (43), г. Екатеринбург. 2016. с. 11-14.

5. **Чурляева, О.Н.** Расчет технологического процесса улучшения структуры почвы с условием неразрывности потока операций / Бойков В.М., Старцев С.В., Павлов А.В., Чурляева О.Н. // Международный научно-исследовательский журнал № 5-6 (47), г. Екатеринбург. 2016. с. 11-13.

6. **Чурляева, О.Н.** Результаты исследования заделки стерни в пахотный слой при различных способах основной обработки почвы / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Аграрный научный журнал, г. Саратов. 2016. № 7. с. 43-45.

7. **Чурляева, О.Н.** Оценка эффективности поверхностного полива и полива с щелеванием почвы / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Научное обозрение. 2017. № 12 с. 85-88.

Патенты

8. **Пат. на полезную модель №147054** Российская Федерация, МПК E21C 39/00 (2006.01). 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.

Публикации в других изданиях

9. **Чурляева, О.Н.** Требования к агротехнике выполнения процесса основной обработки почвы / Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Новые технологии и технические средства в АПК: Материалы Международной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2013. – с.

10. **Чурляева, О.Н.** Мощность тракторов как показатель, влияющий на качество обработки почвы / Чурляева О.Н. // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.Л. Воротникова, г. Саратов. 2013. с. 290-292

11. **Чурляева, О.Н.** Оценка агротехнических показателей отвальной технологии обработки почвы / Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Агротехника и энергообеспечение. Научно-практ. ж. Орловский ГАУ, 2014. № 4 (4). с. 20-23.

12. **Чурляева, О.Н.** Вероятность распределения незерновой части урожая по глубине пахотного слоя / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Агробизнес и экология. 2015. Т. 1. № 1. с. 22-23.

13. **Чурляева, О.Н.** Анализ процесса заделки стерни в пахотный слой по законам теории вероятности / Бойков В.М., Старцев С.В., Чурляева О.Н. // Международный научный институт «EDUCATIO» Ежемесячный научный журнал №4(11). г. Новосибирск, 2015г. с.109-111.

14. **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. Часть 2 – Москва – №6, 2015г. с 164-165.

15. **Чурляева, О.Н.** Новая технология и фронтальный плуг для основной обработки почвы под сою / В.М. Бойков, С.В. Старцев, О.Н. Чурляева // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции №3, г. Санкт-Петербург. 2016. с. 22-25.