



На правах рукописи

Искандаров Ислон Анварович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА
(в условиях Республики Таджикистан)**

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Научном центре инновационных технологий и механизации сельского хозяйства Таджикской академии сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Джабборов Нозим Исмоилович

Официальные оппоненты: **Камбулов Сергей Иванович**, доктор технических наук, доцент, ФГБНУ АНЦ «Донской», главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства

Богус Азамат Эдуардович, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, кафедра «Процессы и машины в агробизнесе», доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «14» декабря 2024 года в 11 часов 30 минут на заседании диссертационного совета 24.2.505.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» по адресу: 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 9, ауд.102.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «КалмГУ» и на официальных интернет-сайтах ВАК РФ и КалмГУ <https://kalmgu.ru/>

Автореферат разослан «_____» _____ 2024 года.

Учёный секретарь

диссертационного совета



Курепина
Наталья Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа связана с проблемой повышения эффективности технологии возделывания пропашных культур в Республике Таджикистан (РТ). В повышении эффективности технологии возделывания пропашных культур технологический процесс посева занимает особое место. От качества посева зависит урожайность пропашных культур.

Для получения высокой урожайности и получения двух-трёх урожаев сельскохозяйственных культур в год, необходимо использовать инновационные технологические решения в аграрном секторе. По статистическим данным Министерства сельского хозяйства РТ на 2023 год было задействовано около 180 тысяч гектаров земель под повторный посев. В этой связи нужно пересмотреть имеющиеся подходы к эффективному использованию посевных площадей и энергоресурсов.

В республике развита практика использования уже устаревших технических средств и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, что приводит к неэффективному использованию ресурсов, низкой урожайности и потери потенциальной экономической выгоды.

Использование комбинированных агрегатов для выполнения технологических процессов является актуальным. Экспериментальными исследованиями было установлено, что за один рабочий проход объединение выполнения нескольких технологических операций, обеспечивает экономию энергии, времени, человеческого труда и т.д. В стадии проектирования пропашных сеялок необходимо принять за основу совмещение как минимум трех операций (высев семян и минеральных удобрений, нарезка поливных борозд) в одном рабочем процессе.

Степень разработанности темы. Повышение эффективности технологического процесса посева можно достичь путем совершенствования конструкции и оптимизации параметров и режимов работы посевных агрегатов.

Проблеме повышения эффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве посвящены труды Горячкина В.П., Болтинского В.Н., Завалишина Ф.С., Иофинова С.А., Киртбая Ю.К., Агеева Л.Е., Лурье А.Б., Еникеева В.Г., Ряднова А.И., Джабборова Н.И., Лебедева А.Т., Эвиева В.А., Фомина С.Д. и других ученых.

Вопросам разработки и совершенствования технических средств для посева зерновых и пропашных культур посвящены работы Дорохова А.С., Камбулова С.И., Беспамятновой Н.М., Руденко Н.Е., Рыкова В.Б., Богуса А.Э., Ларюшина Н.П., Несмияна А.Ю., Хижняка В.И. и др.

Применительно к почвенно-рельефным и климатическим условиям РТ вопросы повышения эффективности технологий и технических средств рассмотрены в трудах Ахунова Т.И., Караматуллаева Э.С., Сафарова Х., Гафарова А.А., Ахмадова Б.А., Кимсанова А.К., Сафарова М., Насрединова А.С., Миракилова Д.Х., Тагоймуродова А.Т., Шералиева Н., Сайфова Н.Д., Джабборова П.Н. и других ученых.

Эффективность функционирования посевных агрегатов во многом зависит от совершенства и надежности их конструкции, от обоснованных рациональных параметров и режимах работы с учетом критериев эффективности и качества процесса. Конструкции производимых в зарубежных странах сеялок не дают должного эффекта из-за неадаптированной их конструкции к почвенно-климатическим условиям РТ. Анализ исследований отечественных и зарубежных ученых позволяет заключить, что разработка новых или совершенствование применяемых на практике сеялок могут обеспечить существенное улучшение их эксплуатационно-технологических показателей, а также повысит эффективность посева пропашных культур.

Научная гипотеза - совершенствование конструктивно-технологических параметров сеялки и оптимизация режимов работы посевного агрегата может существенно повысить эффективность процесса посева пропашных культур.

Цель исследований - повышение эффективности процесса посева пропашных культур путем совершенствования конструктивно-технологических параметров и оптимизации режимов работы посевного агрегата.

Задачи исследования:

1. Провести анализ уровня технического оснащения растениеводства РТ основными тракторами и сельскохозяйственными машинами и условия их функционирования;
2. Обосновать конструктивно-технологическую схему и разработать экспериментальный образец универсальной сеялки для посева пропашных культур;
3. Выявить закономерности изменения эксплуатационных показателей посевного агрегата для посева пропашных культур;
4. Обосновать оптимальные параметры и режимы работы универсальной сеялки для посева пропашных культур в агрегате с трактором класса 1,4;
5. Дать технико-экономическую оценку эффективности использования усовершенствованной сеялки в агрегате с трактором класса 1,4.

Объект исследований - технологический процесс посева семян пропашных культур и универсальная комбинированная сеялка УКС-2,4 «НЦИТМ» (Научный центр инновационных технологий и механизации).

Предмет исследований – закономерности изменения эксплуатационных показателей и конструктивно-технологические параметры посевного агрегата для посева семян пропашных культур.

Научная новизна работы:

1. Обоснованы конструктивно-технологические параметры сеялки для посева пропашных культур, обеспечивающие одновременное выполнение трех операций при основном и повторном посеве на орошаемых площадях в условиях Гиссарской долины РТ;
2. Выявлены закономерности изменения тягового сопротивления экспериментального образца для посева пропашных культур в условиях Гиссарской долины РТ;
3. Установлены закономерности изменения эксплуатационных показателей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» в зависимости от основных показателей качества работ;
4. Обоснованы рациональные режимы работы универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» в агрегате с трактором класса 1,4 обеспечивающие высокое качество посева семян пропашных культур.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке теоретических предпосылок и эмпирических зависимостей для обоснования рациональных режимов работы, которые могут быть применены при проектировании новых технических средств для эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Практичность значимость исследований заключается в совершенствовании конструктивно-технологической схемы универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» в агрегате с трактором класса 1,4 в условиях РТ.

Основные результаты исследований нашли применение в производстве и подтверждены актами внедрения: в Научном центре инновационных технологий и механизации сельского хозяйства ТАСХН (Таджикская академия сельскохозяйственных наук); в Институте земледелия ТАСХН; в опытных хозяйствах «Зарнисор» и «Зироаткор»; в сельскохозяйственной опытной станции «Дангара», в государственном предприятии «Таджикская государственная машиноиспытательная станция».

Методология и методы исследований. При проведении исследований использовались теоретические методы моделирования, основанные на изучении физических закономерностей, протекающих в процессе посева семян пропашных культур. При проведении экспериментальных исследований были применены современные измерительные приборы и оборудование. Все измерительные приборы проходили тарировку до и после проведения экспериментальных исследований.

Положения, выносимые на защиту:

1. Рациональные конструктивные параметры универсальной комбинированной сеялки для посева семян пропашных культур;
2. Закономерности изменения тягового сопротивления и других эксплуатационных показателей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»;

3. Закономерности изменения показателей оценки качества работы посевного агрегата;
4. Показатели технико-экономической эффективности посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ».

Степень достоверности научных положений. Достоверность полученных научных результатов подтверждаются их воспроизводимостью, применением стандартных методик исследований, апробированными методами статистического анализа и обработки экспериментальных данных с использованием компьютерных программ, апробацией результатов исследований в производственных условиях.

Личный вклад автора. Все стадии работы по выполнению диссертационной работы выполнены при непосредственном участии её автора. Автор принимал участие в совершенствовании конструктивно-технологических параметров посевного агрегата, разработке экспериментального образца, составлении программы экспериментальных исследований, а также ее выполнении. Им проведен анализ и обобщение экспериментальных данных, сформулированы выводы, подготовлены доклады на конференциях, а также написаны в статьи, где отражены основные результаты научных исследований.

Апробация и внедрение результатов. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, докладывались и обсуждались:

- на Республиканской научной конференции молодых ученых «Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки», посвящённой международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028» и «Годам развития села, туризма и народных ремесел», ТАСХН, г. Душанбе, 3-4 июня 2019 года;
- на Республиканской научной конференции молодых ученых «Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки», посвященной двадцатилетию (2020-2040) изучения и развития, точных и математических наук в сфере науки и образования и международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028», ТАСХН, г. Душанбе, 8-9 июня 2023 года;
- на Региональном семинаре на тему «Повышение уровня механизированных работ как фактор получения двух - трех урожаев в год», Научный центр инновационных технологий и механизации сельского хозяйства ТАСХН, г. Гиссар, 14 июля 2023 года.

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из которых 2 в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ, 4 в изданиях, индексируемых в РИНЦ. Общий объем опубликованных работ составляет 5,26 п.л., из которых личный вклад автора 3,52 п.л.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертационная работа содержит: введение, пять разделов, заключение, список литературы из 181 наименований и 21 приложений. Диссертационная работа включает в себя 58 рисунков и 20 таблиц, общий объем работы 173 страниц машинописного текста, из них 145 страниц основного текста.

СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели, научная гипотеза и задачи исследований, основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследований» проведен анализ почвенно-рельефных и климатических условий РТ, изложены структура посевных площадей, уровень обеспеченности хозяйств сельскохозяйственной техникой и особенности технологии посева пропашных культур. Дан аналитический обзор сеялок применяемых для посева пропашных культур. Представлен анализ исследований по обоснованию оптимальных режимов работы МТА, методов и критериев оценки эффективности технологических процессов и функционирования технических средств, качества технологических процессов. Приведены данные об оснащённости АПК РТ техникой на 1000 га, нагрузка на единицу техники по состоянию на январь 2023 года.

Таблица 1 – Оснащенность аграрного сектора РТ сельскохозяйственной техникой

Наименование технических средств	Общее количество, (ед.)	Насыщенность техникой на 1000 га, (%)		Нагрузка на единицу техники, (га)	
		Норма	Фактический	Норма	Фактический
Тракторы, всего	27324	43,7	45,2	22,1	22,9
Сеялки	2284	11,3	3,8	80,0	264,6
Зерноуборочные комбайны	1060	7,7	1,7	129,0	570
Плуги	10280	3,8	17,0	220	58,8

Уровень оснащённости АПК РТ сеялками почти в три раза ниже норматива (табл.1), что приводит к затягиванию сроков посева семян с.-х. культур. Это свидетельствует, что существует острая необходимость в сеялках, адаптированных к почвенно-климатическим условиям РТ.

Во втором разделе «Теоретические основы повышения эффективности функционирования агрегатов для посева пропашных культур» изложены теоретические основы совершенствования конструктивно-технологических параметров пропашных сеялок, основы выбора критериев и формирования сбалансированной системы показателей для оценки эффективности технологических процессов и технических средств. Приведены особенности и методика расчета конструктивно-технологических параметров комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ», оценки его эффективности. Изложена методика выбора критериев оценки эффективности и обоснования оптимальных скоростных и нагрузочных режимов работы посевного агрегата».

С учётом особенностей процесса посева пропашных культур в почвенно-рельефных и климатических условиях РТ в качестве критериев оптимизации параметров и режимов работы МТА для посева пропашных культур выбраны максимум производительности МТА и минимум энергоёмкости технологического процесса при показателях качества (глубина заделки семян и минеральных удобрений, расстояние между семенами, глубина борозд и стыковая ширина междурядий), удовлетворяющих агротребованиям.

Производительность за 1 час сменного времени агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» для посева пропашных культур можно рассчитать по известной формуле:

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \cdot V_p \cdot V_p \cdot \tau, \text{ га/ч} \quad (1)$$

где V_p – рабочая ширина захвата, м; V_p – рабочая скорость движения, км/ч; τ – коэффициент использования времени смены.

Коэффициент τ по результатам хронометражных наблюдений можно определить по известной формуле:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{см}}}, \quad (2)$$

где T_p – чистое рабочее время, ч; $T_{\text{см}}$ – время смены, ч.

Энергоёмкость технологического процесса посева семян пропашных культур можно определить из выражения:

$$\text{Э}_i = E_{\text{п}} + E_0 + \left[\frac{(E_{\text{ж}} + E_{\text{т}} + E_{\text{м}} + E_{\text{с}})}{W_{\text{ч}}} \right], \text{ МДж/га} \quad (3)$$

где $E_{\text{п}}$ – прямые затраты энергии, выраженные расходом топлива, МДж/га; E_0 – затраты энергии на производство удобрений, ядохимикатов, семян, гербицидов, МДж/га; $E_{\text{ж}}$ – энергетические затраты живого труда, МДж/ч; $E_{\text{м}}$, $E_{\text{т}}$, $E_{\text{с}}$ – соответственно энергоёмкость машин, энергетических средств и сцепок в единицу сменного времени, МДж/ч; $W_{\text{ч}}$ – часовая производительность посевного агрегата, га/ч.

Оптимальное значение производительности посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» определяется из формулы (1) при значениях оптимальной скорости. Оптимальный диапазон изменения скорости агрегата предлагается устанавливать из условия соответствия исследуемых показателей качества работы заданным агротребованиям (по глубине заделки семян $h_{\text{см}}$ и минеральных удобрений $h_{\text{уд}}$, расстоянию между семенами $l_{\text{с}}$, глубине борозд $h_{\text{бор}}$ и ширине стыковых междурядий $b_{\text{см}}$).

На основе принятых задач был разработан экспериментальный образец универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ», на рисунке 1 приведена ее конструктивно-технологическая схема.

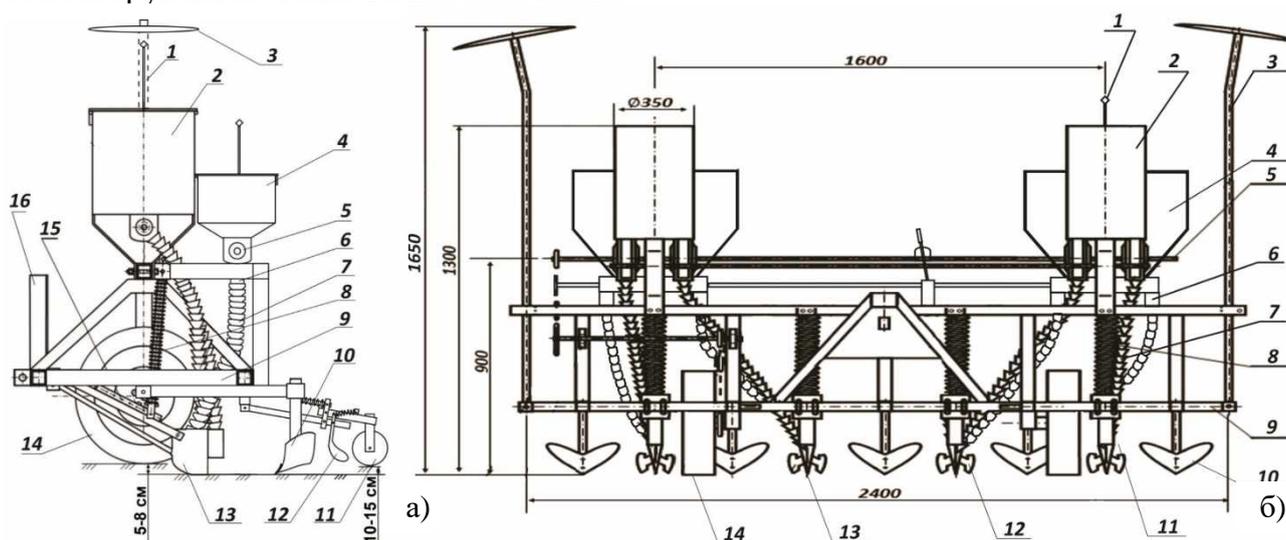


Рисунок 1 - Конструктивная схема усовершенствованной пропашной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ»: а) – вид сбоку; б) – вид спереди: 1-флажок; 2-бункер семенной; 3-маркёр; 4-бункер удобрения; 5-высевающий аппарат; 6-воронка; 7-семяпроводы; 8-пружинный механизм; 9-рама; 10-окучник; 11-катки; 12-загортач; 13-сошниковая группа; 14-опорно приводное колесо; 15-опора сошниковой группы; 16-навесной механизм.

В таблице 2 приведены основные конструктивно-технологические параметры и техническая характеристика сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ».

Таблица 2 – Конструктивно-технологические параметры и техническая характеристика универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ»

№ п/п	Параметр или показатель	Значение
1	Глубина посева семян, см	До 10
2	Расстояние между семенами (гнездами), см	5-24
3	Ширина междурядья, см	60
4	Глубина нарезки борозд, см	До 12
5	Норма высева семян, кг/га	До 50
6	Норма высева минеральных удобрений, кг/га	До 100
7	Ширина, мм	2700
8	Длина, мм	1600
9	Высота, мм	1650
10	Рабочая скорость движения, м/с	1,4-2,5
11	Количество ёмкостей для семян, шт.	2
12	Количество ёмкостей для минеральных удобрений, шт.	2
13	Ёмкость семенного бункера, л	30л·2шт.=60л
14	Ёмкость бункера для минеральных удобрений, л	45л·2шт.=90л
15	Тип агрегатирования с трактором	Навесная
16	Агрегируется с трактором класса	1,4
17	Количество сошников	4
18	Производительность за 1 час сменного времени, га/ч	1,0-1,84
19	Масса, кг	450

В третьем разделе «Программа и методика экспериментальных исследований» изложена программа и методика экспериментальных исследований, описаны условия их проведения, указаны приборы и оборудование, методики измерения и определения параметров, обработки экспериментальных данных, оценки погрешностей измерений.

Целью экспериментальных исследований была получение данных для обоснования оптимального диапазона изменения скорости посевного агрегата, а также зависящая от нее значения показателей качества посева и его эксплуатационных показателей.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач: определение основных факторов, влияющих на числовые характеристики тягового сопротивления и показателей качества посевного агрегата; проведение хронографии рабочего времени для определения производительности за час сменного времени, погектарного расхода топлива, семян и минеральных удобрений; проведение энергетической оценки с целью получения исходной информации для определения его вероятностно-статистических оценок агротехнических показателей и энергетических параметров посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ».

Экспериментальные исследования проводились в следующих условиях: почва - типичный светлый серозём (Гиссарская долина РТ); температура воздуха – 28 °С; относительная влажность воздуха – 58 %; влажность почвы на глубине 10 см – 14,2 %, на глубине 20 см – 16,5 %; твёрдость почвы на глубине 10 см – 0,09 МПа, на глубине 20 см – 0,15 МПа. плотность почвы на глубине 10 см – 0,81 г/см³.

Для проведения экспериментов¹ посевной агрегат МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» был подготовлен в Научном центре инновационных технологий и механизации сельского хозяйства ТАСХН (рис. 2). На рис. 3 представлена установка расходомера топлива DFM-100АК в системе питания ДВС посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ».



Рисунок 2 – Процесс подготовки посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» к проведению экспериментальных исследований

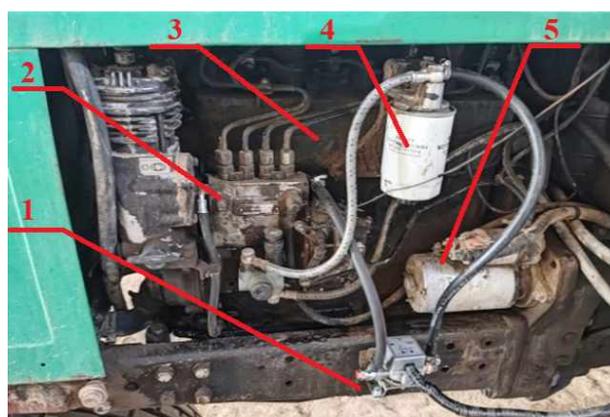


Рисунок 3 – Установка расходомера топлива DFM-100АК в системе питания ДВС: 1-расходомер топлива; 2-ТНВД; 3-ДВС; 4-топливный фильтр; 5-стартер ДВС

На рис. 4 представлен общий вид посевного агрегата при выполнении технологического процесса. На рис. 5 представлен процесс измерения агротехнических показателей технологического процесса, выполненного посевным агрегатом.



Рисунок 4 – Общий вид посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при выполнении технологического процесса



Рисунок 5 – Процесс измерения агротехнических показателей технологического процесса, выполненного посевным агрегатом МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

¹ Объекты исследований были подготовлены совместно с к.т.н., доц. Сафаровым М. в отделе «Технической диагностики, ремонта и эксплуатации машин» Научного центра инновационных технологий и механизации сельского хозяйства ТАСХН

Измерение агротехнических показателей процесса (глубина высева семян и минеральных удобрений, расстояние между семенами, глубина поливных борозд, ширина стыкового междурядья и т.д.), энергетических параметров МТА (часовой расход топлива, тяговое сопротивление посевного агрегата, скорость его движения, топливно-энергетических затрат (расход семян, минеральных удобрений)) и других показателей процесса, их обработка, обобщение и оценка производились по стандартным методикам, а также по методике профессоров А.М. Валге и Н.И. Джабборова.

На рис. 6 представлен общий вид состояния посевной площади после проведения посева семян кукурузы, а на рис. 7 общий вид поля после появления всходов кукурузы.



Рисунок 6 – Общий вид поля после проведения посева посевным агрегатом МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»



Рисунок 7 – Общий вид поля после появления всходов кукурузы

В четвёртом разделе «Анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований» приведены вероятностно-статистические характеристики (среднее значение, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации) эксплуатационных показателей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ».

При определении вероятностно-статистических характеристик энергетических параметров, технико-экономических показателей и показателей качества технологического процесса посева пропашных культур в качестве теоретического закона распределения частот параметров был использован закон Гаусса.

В процессе экспериментов были проведены измерения показателей качества в трех скоростных режимах работы посевного агрегата, в таблице 3 приведены вероятностно-статистические характеристики показателей качества работы посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве кукурузы на зерно.

Таблица 3 – Вероятностно-статистические характеристики показателей качества работы посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве кукурузы на зерно

Показатели качества	Скорость движения, м/с	Среднее значение, см	Стандартное отклонение, см	Коэффициент вариации, %
Глубина посева семян	1,5	4,50	0,147	3,27
	2,3	4,11	0,334	8,13
	3,1	3,85	0,443	11,52
Глубина заделки минеральных удобрений	1,5	15,0	0,469	3,13
	2,3	14,31	1,037	7,25
	3,1	13,15	1,297	9,86
Расстояние между семенами	1,5	18,2	0,315	1,73
	2,3	20,0	0,640	3,20
	3,1	22,4	3,427	15,3
Глубина нарезки поливных борозд	1,5	8,3	0,201	2,42
	2,3	10,2	0,288	2,82

	3,1	12	0,388	3,23
Ширина стыкового междурядья	1,5	60,13	0,42	0,70
	2,3	60,29	0,83	1,38
	3,1	60,75	1,13	1,86

Глубина заделки семян кукурузы на зерно. Эксперименты показали, что с увеличением скорости движения посевного агрегата от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение глубины заделки семян уменьшается от 4,5 до 3,85 см. При этом стандартное отклонение и коэффициент вариации глубины заделки семян соответственно увеличиваются от 0,147 до 0,443 см, то есть от 3,27% до 11,52 %.

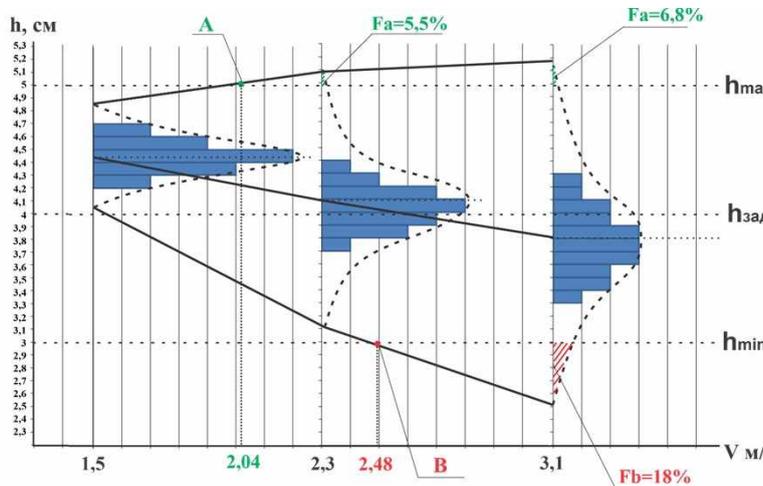


Рисунок 8 – Плотность распределения глубины посева семян кукурузы на зерно при работе посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

При рабочей скорости 2,3 м/с наблюдается, что показатель глубины посева семян выходит за принятые значения максимально допустимого до $F_a=5,5\%$. Так же при скорости 3,1 м/с наблюдаются отклонения данного параметра за пределы допустимых значений, которые составляют $F_b=18\%$ и $F_a=6,8\%$ соответственно. Точки А и В указывают на минимальные и максимальные значения допустимого диапазона скоростей. Как видно из рис. 8, в пределах рабочих скоростей посевного агрегата от 2,04 м/с до 2,48 м/с, значения глубины посева семян на 100% находится в пределах допустимых значений. Общей статистической закономерностью с повышением скоростного режима работы посевного агрегата является увеличение параметров распределения глубины посева семян.

Глубина заделки минеральных удобрений. Экспериментальные исследования

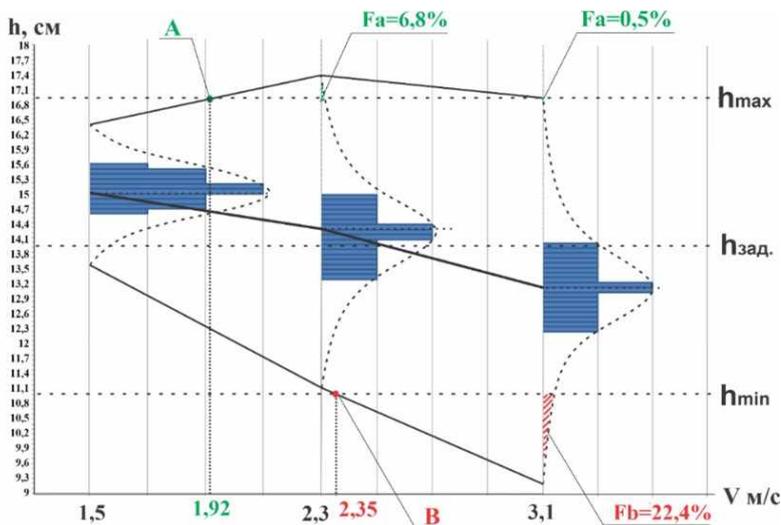


Рисунок 9 – Плотности распределения вероятностей глубины заделки минеральных удобрений при различных скоростях движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

На рисунке 8 приведены плотности распределения вероятностей глубины посева семян кукурузы на зерно при различных скоростях движения посевного агрегата.

Установлено, что при увеличении скорости движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» среднее значение глубины семян плавно уменьшается (рис. 8). При скорости движения посевного агрегата 1,5 м/с показатели качества не выходят за рамки допустимых значений, установленных агротехническим требованиям.

показали, что при повышении скоростного режима посевного агрегата от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение глубины заделки удобрений уменьшилось от 15,0 см до 13,15 см. При этом стандартное отклонение глубины заделки удобрений увеличилось от 0,469 см до 1,297 см, а коэффициент вариации глубины заделки удобрений от 3,13 до 9,86 %.

На рис. 9 приведены плотности распределения

вероятностей глубины заделки минеральных удобрений при различных скоростях движения посевного агрегата.

При скорости движения посевного агрегата 1,5 м/с значения глубины заделки удобрений соответствуют агротехническим требованиям. При скорости 2,3 м/с данный показатель отклоняется от максимально допустимого значения на $F_a=6,8\%$, а при скорости движения посевного агрегата 3,1 м/с, превышает принятые допустимые значения на $F_b=22,4\%$. Точки А и В указывают на минимальное и максимальное значение диапазона скоростей агрегата. В пределах рабочих скоростей от 1,92 м/с до 2,35 м/с вероятностные оценки глубины заделки минеральных удобрений находится в пределах агротехнической допустимых значений.

Расстояние между семями. Экспериментально установлено, что на повышенных скоростных режимах работы посевного агрегата происходит увеличение среднего значения, стандартного отклонения и коэффициент вариации расстояния между семями. Так, при повышении скорости посевного агрегата от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение расстояния между семями увеличилось от 18,2 см до 22,4 см. При этом стандартное отклонение расстояния между семями увеличилось от 0,315 до 3,42 см. Также наблюдается увеличение меры рассеяния расстояния между семями от 1,73% до 15,3%.

На основе полученных данных были установлены законы распределения расстояния между семями кукурузы от скорости движения посевного агрегата (рис. 10).

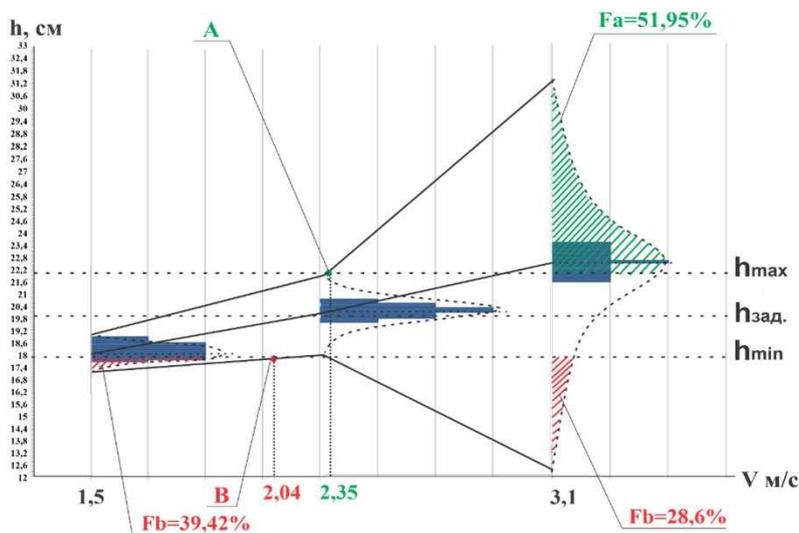


Рисунок 10 – Законы распределения расстояния между семями кукурузы при работе посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

Установлено, что при повышении скоростного режима посевного агрегата расстояние между семями кукурузы сначала приближается к допустимым, но потом значительно отклоняется от агротехнической нормы. При скорости движения посевного агрегата 1,5 м/с значения показателя качества процесса выходит за предел допустимого на $F_b=39,42\%$. При скорости 2,3 м/с расстояние между семенами не выходит за пределы допустимых значений, а при 3,1 м/с наблюдаются значительные выбросы параметра за допустимые агротехнические нормы (по минимуму $F_b=28,6\%$, а по максимуму $F_a=51,95\%$). Точки А и В указывают на минимальное и максимальное значение диапазона допустимых скоростей. В пределах скоростей движения посевного агрегата от 2,04 м/с до 2,35 м/с наблюдается 100% вероятность показателя качества расстояние между семенами по принятым агротехническим нормам.

Установлено, что с повышением рабочей скорости посевного агрегата происходит изменение центра распределения и характеристик рассеяния расстояния между семенами.

Глубина нарезки поливных борозд. Экспериментальные данные показывают, что при повышении скоростного режима посевного агрегата от 1,5 до 3,1 м/с значения глубины нарезки поливных борозд увеличиваются от 8,3 см до 12,0 см. При этом

стандартное отклонение и коэффициент вариации глубины нарезки поливных борозд также увеличиваются от 0,201 см до 0,388 см и от 2,42% до 3,23% соответственно.

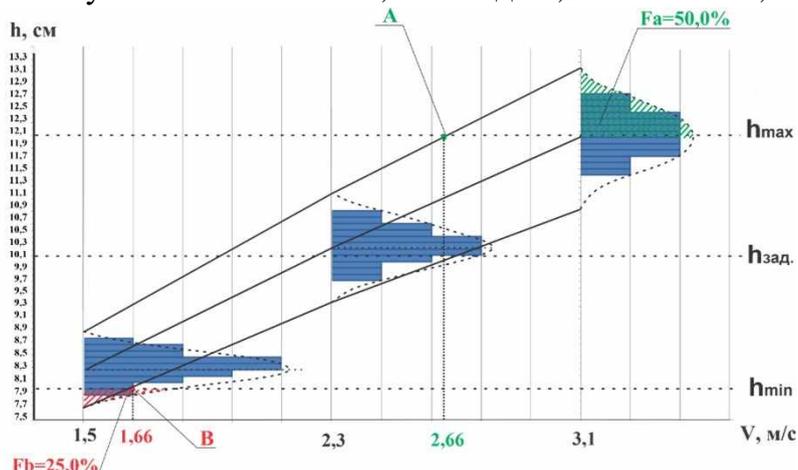


Рисунок 11 – Графическая модель глубины нарезки борозд для обоснования оптимальной скорости движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

На рисунке 11 приведены плотности распределения глубины нарезки поливных борозд при различных скоростях движения посевного агрегата. При скорости движения посевного агрегата 1,5 м/с глубина нарезки борозд отклоняется на $F_b=25,0\%$ от минимально допустимого агротехнического значения. При скорости 2,3 м/с данный параметр находится в пределах агротехнических требований. А при скорости 3,1 м/с наблюдается значительное отклонение данного параметра от допустимого. Точки А и В указывают на минимальное и максимальное значение скоростей, где показатели глубины нарезки поливных борозд на 100% находится в допустимых пределах, что соответствует скорости движения посевного агрегата от 1,66 м/с до 2,66 м/с.

Ширина стыкового междурядья. Экспериментально установлено, что с изменением скоростного режима работы посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» вероятностно-статистические характеристики ширины стыкового междурядья изменяются в допустимых пределах. При повышении скорости движения посевного агрегата от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение ширины стыкового междурядья увеличивается от 60,13 до 60,75 см, а стандартное отклонение и коэффициент вариации соответственно возрастают от 0,42 см до 1,3 см и от 0,7% до 1,86 %.

На рисунке 12 представлена плотность распределения вероятностей ширины стыкового междурядья для выбора оптимальной скорости движения посевного агрегата.

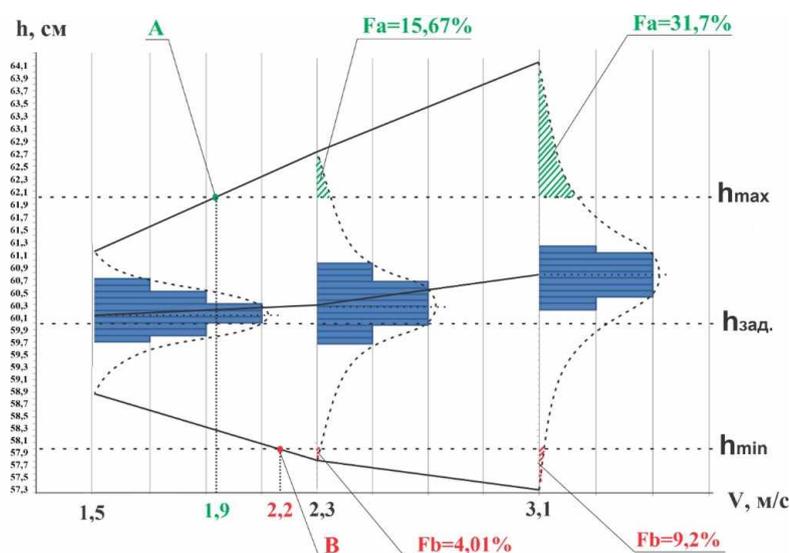


Рисунок 12 – Плотности распределения вероятностей ширины стыкового междурядья при различных скоростях движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

При повышении скорости движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» характеристики рассеяния ширины стыковых междурядий увеличиваются. Так при скорости 1,5 м/с отклонение ширины междурядий от допустимого находится в пределах нормы. С увеличением рабочей скорости до 2,3 м/с наблюдается выход параметра за зону допустимых значений ($F_a=15,67\%$ и $F_b=4,01\%$). При скорости

движения посевного агрегата 3,1 м/с наблюдается значительное изменение вероятностно-статистических характеристик. Точки А и В указывают на минимальное и максимальное значение диапазона скоростей (от 1,9 м/с до 2,2 м/с), в пределах которого должен находиться исследуемый показатель со 100% вероятностью.

На основе установленных закономерностей изменения показателей качества процесса (рис. 8 - 12) разработана диаграмма (рис. 13) где показаны оптимальные значения скорости движения посевного агрегата.

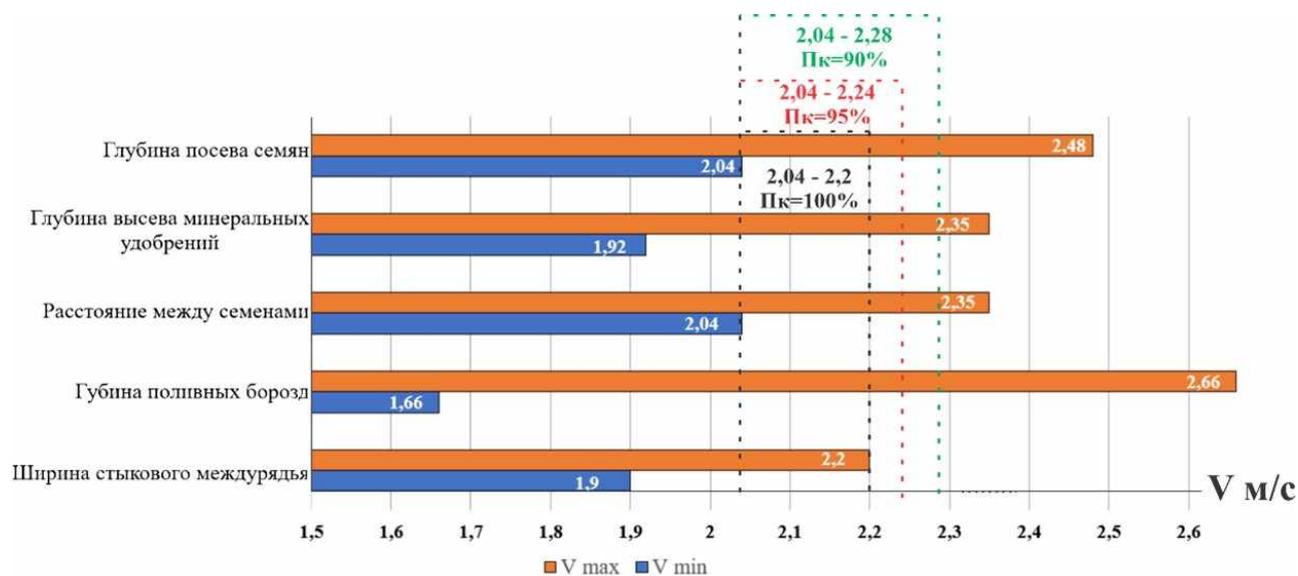


Рисунок 13 – Диаграмма для выбора оптимального диапазона скорости посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

Из рисунка 13 следует, что при 100% вероятности принятых показателей качества, диапазон оптимальных скоростей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» колеблется в пределах от 2,04 м/с до 2,2 м/с. Для получения большей производительности, если снизить вероятность показателя качества до 95%, то оптимальное значение скорости варьирует в пределах от 2,04 м/с до 2,24 м/с, а производительность увеличится на 5,5% и будет равна 1,65 га/ч. Так же при снижении вероятности показателя качества до 90%, оптимальные значения скорости будут в диапазоне от 2,04 м/с до 2,28 м/с, что соответственно увеличит производительность до 7,4% и будет равна 1,68 га/ч.

На основе экспериментальных данных, приведенных в таблице 3 выявлены закономерности изменения вероятностно-статистических оценок показателей оценки качества работы посевного агрегата, которые описываются эмпирическими зависимостями приведёнными на таблице 4.

Таблица 4 – Эмпирические зависимости вероятностно-статистических характеристик показателей качества при выполнении технологического процесса посевным агрегатом МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

Вероятностно-статистическая характеристика показателей качества	Единица измерения	Расчётная формула
Среднее значение глубины посева семян	см	$\bar{h}_{см} = 0,13V_p^2 - 1,03V_p + 5,74$
Среднее значение глубины заделки минеральных удобрений	см	$\bar{h}_{уд} = -0,27V_p^2 + 0,08V_p + 15,49$
Среднее значение расстояния между семенами	см	$\bar{l}_c = 0,47V_p^2 + 0,47V_p + 16,44$
Среднее значение глубины поливных борозд	см	$\bar{h}_{бор} = 8,3V_p^2 - 29,72V_p + 27,62$

Среднее значение ширины стыкового междурядья	см	$\bar{b}_{см} = 0,24V_p^2 - 0,71V_p + 60,65$
--	----	--

Эмпирические зависимости, приведенные в таблица 4 справедливы в диапазоне изменения рабочих скоростей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» от 1,5 до 3,1 м/с в условиях Гиссарской долины РТ.

Вероятностно-статистические закономерности изменения энергетических параметров посевного агрегата

На основе полученных экспериментальных данных были определены вероятностно-статистические характеристики тягового сопротивления универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» в агрегате с трактором МТЗ-80Х, которые приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Вероятностно-статистические характеристики тягового сопротивления посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве семян кукурузы на зерно

Скорость движения V_p , м/с	Среднее значение тягового сопротивления R_a , кН	Среднее квадратическое отклонение тягового сопротивления σ_R , кН	Коэффициент вариации тягового сопротивления ν_R , %
1,5	4,36	0,442	10,13
2,3	5,21	0,798	15,31
3,1	7,08	1,363	19,25

Опытные данные свидетельствуют о том, что с повышением скорости движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение тягового сопротивления увеличивается от 4,36 кН до 7,08 кН.

С повышением скоростного режима работы посевного агрегата наблюдается от 1,5 до 3,1 м/с наблюдается увеличение среднего квадратического отклонения тягового сопротивления от 0,442 до 1,363 кН. При этом коэффициент вариации тягового сопротивления возрастает от 10,13 до 19,25 %.

Производительность агрегата. Определены вероятностно-статистические характеристики производительности посевного агрегата, которые приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Вероятностно-статистические характеристики производительности МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве кукурузы на зерно

Скорость движения V_p , м/с	Среднее значение производительности посевного агрегата \bar{W}_q , га/ч	Стандартное отклонение производительности агрегата σ_W , га/ч	Коэффициент вариации производительности агрегата ν_W , %
1,5	1,1	0,063	6,51
2,3	1,7	0,119	8,16
3,1	2,28	0,247	12,30

В диапазоне изменения скорости от 1,5 до 3,1 м/с среднее значение производительности посевного агрегата увеличилось от 1,1 до 2,28 га/ч.

В указанных пределах изменения скорости среднеквадратическое отклонение производительности увеличилось от 0,063 до 0,247 га/ч. При этом коэффициент вариации производительности агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» увеличилось от 6,51 до 12,30 %.

Удельный расход топлива. Определены значения расхода топлива на единицу выполненной работы при различных скоростях движения посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» (таблица 7).

Таблица 7 - Расход топлива $Q_{га}$ на 1 га при посеве кукурузы на зерно

Среднее значение скорости движения V_p , м/с	Расход топлива $Q_{га}$, кг/га
--	---------------------------------

1,5	8,15
2,3	7,10
3,1	6,25

посевным агрегатом МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

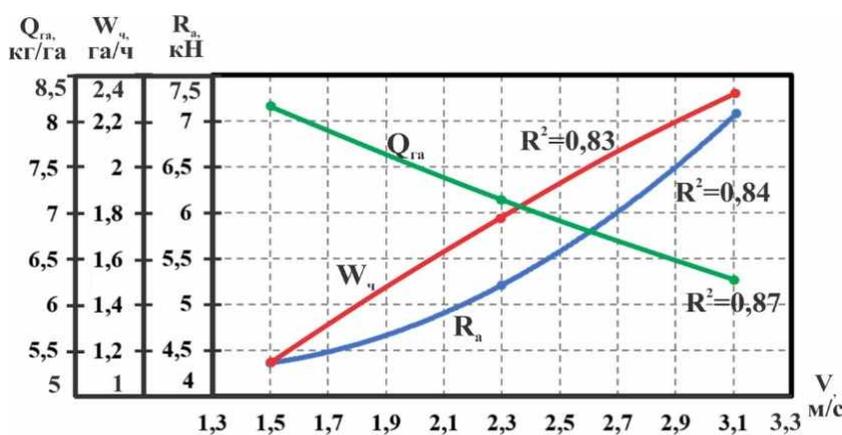


Рисунок 14 – Графическая зависимость средних значений тягового сопротивления, производительности и расхода топлива в зависимости от скорости движения МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

По экспериментальным данным (таблицы 5 - 7) построены графические зависимости средних значений тягового сопротивления, производительности и расхода топлива на 1 га в зависимости от скорости движения МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» (рисунок 14).

На основе полученных экспериментальных данных (таблицы 5-7) были установлены закономерности изменения

вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления, производительности и расхода топлива на 1 га при работе посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» (таблица 8).

Таблица 8 – Эмпирические зависимости эксплуатационных показателей посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

Средние значения эксплуатационных показателей	Ед. изм.	Эмпирическая зависимость
Тяговое сопротивление	кН	$R_a = 0,77V_p^2 - 1,88V_p + 5,44$
Производительность агрегата	га/ч	$W_q = -0,02V_p^2 + 0,83V_p - 0,1$
Погектарный расхода топлива	кг/га	$Q_{га} = 0,16V_p^2 - 1,93V_p + 10,68$

Оптимальные режимы работы посевного агрегата

На основе выбранных критериев (максимумы качества и производительности посевного агрегата, минимум энергоемкости технологического процесса) нами обоснованы рациональные параметры и режимы работы посевного агрегата (табл. 9). Приведенные в таблице рациональные значения эксплуатационных показателей и параметры необходимы для контроля эффективности функционирования агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» для посева пропашных культур в типичных светлых серозёмных почвах Гиссарской долины РТ.

Таблица 9 – Рациональные параметры и режимы функционирования посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»

Параметр или показатель	Значения при $P_k=100\%$	Значения при $P_k=95\%$	Значения при $P_k=90\%$
Скорость движения V_p^* (рабочие передачи IV и V), м/с	2,04 – 2,2	2,04 – 2,24	2,04 – 2,28
Тяговое сопротивление R_a^* , кН	4,82-5,05	4,82-5,11	4,82-5,18
Степень загрузки трактора λ_p^*	0,46 – 0,51	0,46 – 0,52	0,46 – 0,53

(агрофон – поле, подготовленное под посев)			
Производительность W_q^* , га/ч	1,5 - 1,63	1,5 – 1,65	1,5 – 1,68
Погектарный расход топлива $Q_{га}^*$, кг/га	7,22 - 7,42	7,17 - 7,42	7,12 – 7,42
Энергоёмкость процесса посева семян хлопчатника сорта «Ария», МДж/га	8435,5 - 8460,3	8431,7 - 8460,3	8425,9- 8460,3
Энергоёмкость процесса посева семян кукурузы сорта «Дилшод», МДж/га	6392,4 - 6417,2	6388,57- 6417,2	6382,8 6417,2

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что режимы работы посевного агрегата можно контролировать посредством таких управляемых параметров, как скорость движения, тяговое сопротивление и степень загрузки трактора.

В пятом разделе «Технико-экономическая оценка эффективности использования агрегата для посева пропашных культур» определена экономия энергетических затрат при посеве пропашных культур с применением усовершенствованной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ».

Ожидаемый годовой энергетический эффект от использования универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» в агрегате с трактором класса 1,4 можно определить по формуле:

$$\bar{\mathcal{E}}_r = (\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_i^*) \cdot t_r \cdot W_q^*, \text{ МДж} \quad (5)$$

где \mathcal{E}_0 – базовое значение энергоёмкости технологической операции, выполняемой посевным агрегатом МТЗ-80Х+СТХ-4 (аналог), МДж/га;

\mathcal{E}_i^* – оптимальное значение энергоёмкости технологической операции, выполненной предлагаемым посевным агрегатом МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ», МДж/га;

$t_r = 110$ ч – годовая загрузка универсальной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ», ч;

W_q^* – оптимальное значение производительности за 1 час сменного времени работы МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ», га/ч.

Результаты расчетов оценки энергетической эффективности МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» при выполнении технологического процесса посева семян хлопчатника с одновременным внесением минеральных удобрений приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели оценки энергетической эффективности посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» (при посеве семян хлопчатника)

МТА	Годовая загрузка t_r , ч	Производительность за 1 ч сменного времени, га	Энергоёмкость процесса \mathcal{E}_i^* , МДж/га	Ожидаемый годовой энергетический эффект, МДж
МТЗ-80Х+СТХ-4	50	1,40 - 1,65	8486,7 -8558,0	4348,6 - 7911,0
МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ»	110	1,43 - 1,62	8425,9 -8460,3	9567,0 -17404,1

Внедрение рекомендуемой технологии посева с использованием универсальной комбинированной сеялки МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» обеспечивает экономию энергии в обоснованных нами рациональных режимах только при посеве семян хлопчатника в пределах от 9567,0 МДж до 17404,1 МДж. Зная показатель - «мера энергоёмкости национальной валюты» можно в любое время перевести размер годового энергетического эффекта в денежный эквивалент. Например, по состоянию на 14 июля 2023 года 1 рубль был эквивалентен 0,5964 МДж энергии. Следовательно размер ожидаемого годового экономического эффекта составил от 16041 до 29182 рублей.

Следует отметить, что машина-аналог – сеялка СТХ-4 предназначена только для посева семян хлопчатника. Усовершенствованная нами универсальная комбинированная сеялка УКС-2,4 «НЦИТМ» обеспечивает высев семян не только

хлопчатника, но и кукурузы, сои, фасоли, арахиса, маша (или среднеазиатской фасоли), нута, подсолнуха. Универсальность усовершенствованной сеялки позволяет в 2,2 раза увеличить её годовую загрузку. При использовании универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве других культур размер ожидаемого энергетического эффекта будет в 2,0 – 2,5 раза больше, чем цифры, приведенные в таблице 10.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По проведенным анализам условий работ машинно-тракторных агрегатов в РТ, установлено, что они работают в сложных почвенно-рельефных, климатических и почвенных условиях, которые существенно влияют на эксплуатационные показатели тракторов в агрегате с различными машинами. Эти факторы в основном влияют на агротехнологию возделывания сельскохозяйственных культур в стране.

На основе статистических данных проведен подробный анализ уровня технического оснащения АПК основными тракторами и сельскохозяйственными машинами. Анализ показал, что насыщенность агропромышленных комплексов РТ разнообразными сеялками почти в три раза ниже нормы, что естественно приводит к высокой нагрузке на единицу техники. Исходя от этих данных можно утвердить, что в стране существует острая необходимость в энергоэффективных сеялках, особенно, отвечающих почвенно-климатическим и агротехническим нормам республики, которые обеспечивали бы максимально качественный посев.

2. Учеными Научного центра инновационных технологий и механизации сельского хозяйства ТАСХН усовершенствована конструктивно-технологическая схема сеялки и создан экспериментальный образец универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ», которая адаптирована к зональным особенностям технологии посева. Ее универсальность обеспечивает посев разных видов пропашных культур (хлопчатник, кукуруза, соя, фасоль, арахис и маш), а комбинированная технология посева обеспечивает возможность выполнять три технологические операции за один технический проход, то есть, посев семян с одновременным внесением минеральных удобрений и нарезкой поливных борозд.

3. Установлены закономерности изменения вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления, производительности, погектарного расхода топлива, ширины междурядий при посеве семян, глубины заделки семян, глубины заделки минеральных удобрений, расстояния между семями, которые описываются эмпирическими зависимостями.

4. После обработки экспериментальных данных, анализа, общения результатов теоретических и экспериментальных исследований, были обоснованы рациональные режимы работы при 90% вероятности выбранных показателей качества посевного агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ», где определены:

- Скорость движения V_p^* (рабочие передачи IV и V): 2,04 – 2,28 м/с;
- Производительность W_q^* : 1,5 - 1,68 га/ч;
- Погектарный расход топлива $Q_{га}^*$: 7,12 - 7,42 кг/га;
- Энергоёмкость процесса посева хлопчатника сорта «Ария»: 8425,9 - 8460,3 МДж/га;
- Энергоёмкость процесса посева кукурузы сорта «Дилшод»: 6382,8 - 6417,2 МДж/га.

Обоснованные рациональные параметры и режимы работы предназначены для настройки средств автоматического контроля функционирования агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» для посева семян пропашных культур на типичных светлых сероземных почвах Гиссарской долины РТ.

5. Ожидаемый годовой энергетический эффект от использования разработанной универсальной комбинированной сеялки УКС-2,4 «НЦИТМ» при посеве

семян хлопчатника колеблется в пределах от 9567,0 МДж до 17404,1 МДж, а при посеве семян кукурузы годовой энергетический эффект в 2 – 2,5 раза больше. Из вышесказанного следует, что по состоянию на 14 июля 2023 года, размер ожидаемого годового экономического эффекта при посеве семян хлопчатника будет от 16041 рублей до 29182 рублей, а при посеве семян кукурузы от 40102 рублей до 72955 рублей.

Универсальность разработанной сеялки позволяет в 2,2 раза увеличить годовую загрузку, что также существенно влияет на её эффективность.

Рекомендации по практическому использованию результатов исследования

Универсальная комбинированная сеялка и оптимальные режимы ее работы с трактором класса 1,4 рекомендуются сельхозтоваропроизводителям при возделывании пропашных культур в условиях орошаемого земледелия. Универсальная комбинированная сеялка УКС-2,4 «НЦИТМ» успешно прошла государственные испытания в ГУ «Таджикская государственная машиноиспытательная станция» и получила положительную рекомендацию для использования в сельскохозяйственном производстве РТ.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования целесообразно проводить в направлении автоматизации контроля и управления режимами работы посевного агрегата.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах - публикации в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ:

1. **Искандаров И.А.** Техничко-экономическая оценка эффективности универсальной сеялки для посева пропашных культур // АгроЭкоИнженерия. 2024. №1(118). С. 96-107. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2024-1118-96-106> (0,75/0,75)
2. **Искандаров И.А., Джабборов Н.И.** Алгоритм определения оптимальных режимов работы МТА для посева пропашных культур // Вестник НГИЭИ. 2024 г. №5(156) . С. 59-69 <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-5-59-69> (0,69/0,5)

- публикации в изданиях, индексируемых в РИНЦ:

3. Сафаров М., Исмаатов К.Н., **Искандаров И.А.**, Сафаров Дж.М. Разработка технологий и машин для посева пропашных культур // Кишоварз. 2021. №4 (93). С. 107-111 (0,31/0,1)
4. Сафаров М., Сафаров Дж.М., **Искандаров И.А.**, Холматов Б.Б. Разработка малогабаритного культиватора для возделывания пропашных культур // Доклады ТАСХН. 2021. №3(69). С. 92-96 (0,31/0,1)
5. **Искандаров И.А., Джабборов Н.И., Сафаров М.** Вероятностно-статистическая оценка эксплуатационных показателей агрегата МТЗ-80Х+УКС-2,4 «НЦИТМ» для посева пропашных культур // Вестник Хорогского Университета №2(26). 2023. С. 119-130 (0,75/0,5)
6. **Искандаров И.А.** Вероятностно-статистическая оценка показателей качества работы агрегата для посева пропашных культур // Вестник Технологического Университета Таджикистана №3(54) 2023. С. 38-49 (0,75/0,75)

- публикации в других изданиях:

7. Сафаров М., Курбонов А.А., **Искандаров И.А.**, Шомамадов А. Результаты испытания сеялки ТЗК-4 для посева пропашных культур // Республиканская научная конференция молодых ученых «Приоритетные направления развития

- сельскохозяйственной науки», посвящённой международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028» и «Годам развития села, туризма и народных ремесел», ТАСХН. 2019. С. 169-171 (0,19/0,05)
8. Сафаров М., **Искандаров И.А.**, Рахмонкулов А., Шомамадов А. Совершенствование процесса вспашки при посеве и возделывании пропашных культур // Республиканская научная конференция молодых ученых «Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки», посвящённой международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028» и 2019-2021 гг. «Годам развития села, туризма и народных ремесел», ТАСХН. 2019. С. 182-188 (0,38/0,1)
 9. Сафаров М., Исмаатов К.Н., **Искандаров И.А.**, Сафаров Дж. М., Смешанный посев сельскохозяйственных культур как фактор повышения эффективности производства // Материалы научно-практического круглого стола «Государственная поддержка аграрного сектора – главный фактор обеспечения продовольственной безопасности», «Ирфон» Душанбе. 2019 г. С. 299-303 (0,31/0,07)
 10. Сафаров М., **Искандаров И.А.**, Исмаатов К.Н., Даврукова С. Агротехнические и посевные требования при смешанном посеве сельскохозяйственных культур // Республиканская научная конференция молодых ученых «Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки», посвященной двадцатилетию (2020-2040) изучения и развития, точных и математических наук в сфере науки и образования и международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028» ТАСХН. 2023. С. 155-159 (0,32/0,1)
 11. **Искандаров И.А.** Разработка и оптимизация эксплуатационных параметров комбинированной сеялки ТЗК-4 в агрегате с трактором класса 1,4 // Республиканская научная конференция молодых ученых «Приоритетные направления развития сельскохозяйственной науки», посвященной двадцатилетию (2020-2040) изучения и развития, точных и математических наук в сфере науки и образования и международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития 2018-2028» ТАСХН. 2023. С. 164-171 (0,5/0,5)

Подписано в печать _____.____.2024 г.
Формат 60×84/16. Усл п. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №____.
ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова»
358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 9.