

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА  
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

**АЛСАНКАРИ АХМАД**

**ОПТИМАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ТРАКТОРА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА БЛИЖНЕМ  
ВОСТОКЕ**

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор,  
**Левшин Александр Григорьевич**

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА НА БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ. ....	13
1.1. Состояние вопроса и основные характеристики сельского хозяйства Сирийской Арабской Республики (САР).....	13
1.2. Анализ технологии возделывания картофеля на Ближнем Востоке. ....	25
1.3. Анализ состояния машинно-тракторного парка в Сирии .....	32
1.4. Анализ опыта оптимального использования тракторов при выполнении механизированных работ.....	35
1.5. Задачи исследования.....	48
ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТРАКТОРОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ СИРИИ .....	49
2.1. Оценка физико-механических свойств почв .....	49
2.2. Методика оценки тягово-сцепных свойств трактора. ....	54
2.3. Оптимизация состава машинно-тракторных агрегатов при возделывании картофеля. ....	57
2.4. Оптимизация состава машинно-тракторных агрегатов при возделывании картофеля по методике ASABE (Американское общество инженеров сельского хозяйства и биологии).....	71
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ....	79
3.1. Методика экспериментального определения показателей твердости и сопоставление с данными пенетрометрических испытаний. ....	79
3.2. Проверка по результатам тяговых испытаний.....	86
3.3. Проверка по результатам энергетических оценки МТА. ....	86

3.4. Выбор способов движения для агрегатов.....	89
3.5. Методика экспериментальной проверка обобщённой модели буксования для агрегатов выполнение в конкретных операций для малого объёмом информации.....	92
3.6. Хронометражные наблюдение.....	93
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	97
4.1. Проверка методики оценки физико-механических свойств почв.....	97
4.2. Результаты проверки экспресс оценки тягово-сцепных свойств тракторов при выполнении полевых работ.....	116
4.3. Результаты хронометражных наблюдений.....	122
4.4. Рекомендации по технологическому комплексу для возделывания картофеля.....	124
4.5. Результаты расчета способа движения агрегатов.....	146
4.6. Результаты обоснования комплекса машин для возделывания картофеля по методике ASABE (Американское общество инженеров сельского хозяйства и биологии).....	151
4.7. Рекомендации по нормам выработки и расхода топлива МТА при возделывании картофеля.....	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	155
НАПРАВЛЕНИЕ ПРОДОЛЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	158
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	159
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	180

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Оптимизация эксплуатации сельскохозяйственного трактора заключается в обосновании оптимальных соотношении мощности двигателя, ширины захвата и скорости агрегата. В качестве критериев эффективности используют трудозатраты, производительность, эксплуатационные и приведенные затраты.

Проблема заключается в большом разнообразии природно-климатических условий и вероятностном характере величин, оценивающих свойства почвы, климатические характеристики и производственные условия непосредственно влияющие на показатели эффективности.

Снижение затрат на сельскохозяйственные операции являются основополагающим во всех исследованиях, особенно в свете острой конкуренции между экономиками мира, поэтому повышение эффективности сельскохозяйственного производства имеет важное значение, особенно для выращивания картофеля, который считается основным продуктом питания во всех странах мира. Результативность использования сельскохозяйственных тракторов в большинстве арабских стран зависит от опыта и не опираются на какие-либо надежные научные базы.

Оптимальное использование мощности трактора в производственном процессе способствует увеличению и совершенствованию производства и снижению потерь. Посадка клубней и сбор урожая картофеля в хорошем количестве и качественном состоянии требует хорошо подготовленной почвы путем глубокой вспашки отвальными плугами с последующим рыхлением и выравниванием, чтобы подготовить поле к работе картофелесажалок. Эти операции являются важными компонентами затрат энергии, потребляемой для получения урожая. Следовательно, необходимо повысить степень использования имеющихся ресурсов за счет повышения производительности сельскохозяйственного трактора при оптимальной загрузке, обеспечивающую

минимум расхода топлива, максимальное тяговое усилие, оптимальную рабочую ширину захвата и скорость при допустимом уровне буксования.

Сельскохозяйственный трактор является основным источником энергии для выполнения сельскохозяйственных операций по производству любой сельскохозяйственной продукции. Сегодня остается важной задачей совершенствование производственных процессов. Это делается за счет оптимального использования энергии трактора с целью увеличения производства продукции и снижения потерь.

Рабочая скорость, глубина обработки и удельная энергоемкость в конкретных почвенных условиях определяют энергетические затраты и расход топлива. Следует отметить сложный характер влияния свойств почвы (влажность, твердость) на удельные энергетические затраты в зависимости от адгезионных свойств и прочностных характеристик почвенных агрегатов. Интегральным показателем в этой ситуации будет чистая производительность.

Возникающие в почве напряжения в результате прохождения различными механизмами по полю уплотняют почву, что отрицательно сказывается на зоне развития корневой системы и образовании клубней, что приводит к снижению урожайности и усложняют процесс уборки.

Буксование колес трактора зависит от величины тягового усилия, влияет на расход топлива, вызывает разрушение структуры и повышенное уплотнение почвы, что приводит к отрицательному экологическому воздействию на почву.

Экспериментальное определение тягового сопротивления при выполнении конкретной работы — сложная задача, требующая много сил и времени, поэтому существует острая необходимость разработки методики экспресс-анализа буксования.

Не менее сложным является процесс взаимодействия машинно-тракторного агрегата с агроландшафтными условиями: длина гона, площадь и форма поля, рельеф, наличие препятствий и расположение поля относительно уровня моря.

Это усложняет взаимодействие тракториста с окружающей средой, приводит к повышенной утомляемости и снижению производительности.

Повышение эффективности использования сельскохозяйственных тракторов при возделывании картофеля в условиях Сирийской Арабской Республики при отсутствии научных знаний и опоры на местный опыт требует осмысления и использования российского опыта оптимального использования комплексов машин.

**Степень разработанности темы исследования.** Большое количество российских и зарубежных ученых посвятили свое время и силы совершенствованию методов эксплуатации машинно-тракторного парка, выявлению и разработке эффективных методов оптимизации состава машинно-тракторных агрегатов и парка в целом. Основу теории заложили: Свирщевский С.Б., Киртбая Ю.К., Скороходов А.Н., Зангиев А.А., Киселев И.И., Шаров Н.М., Дидманидзе О.Н., Хабатов Р.Ш., Левшин А.Г., Финн Э.А., Жалнин Э.В., Перерва А.П., Мининзон В.И., Тавасиев Р.М., Табашников А.Т., Альт В.В., Артемьев Ю.Г., Елкин О.В., Мурашев А.Д., Журавлев Г.Е., Шатуновский А.Г., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Черноиванов В.И., Черепанов С.Е., Докин Б.Д., Еникеев В.Г., Барам Г.Е., Пильщиков Л.М., Al-Tahan Y. H., Abdullah, A. A. Al-Najjar, F. и др.

Тестовые испытания тягово-сцепных свойств трактора требуют значительного времени и специального оборудования работы, а также большого количества измерений. При этом ГОСТовские сравнительные испытания нормируют условия и режимы работы и не учитывают реальные силовые нагрузки (точки приложения, направление вектора сопротивления). Для эксплуатационных расчетов данные испытаний аппроксимируют различными эмпирическими зависимостями, имеющие разную точность. Для практических целей необходимо разработать более универсальную методику обработки экспериментальных данных для получения зависимости буксования от тягового усилия. В связи с этим была предложена дифференциальная модель, повышающая

точность и простоту в получении результатов сравнения. Однако оценка тягово-сцепных свойств тракторов в процессе выполнения конкретных полевых работ разработаны недостаточно. Особенность работы агрегата заключается в произвольном положении вектора тягового усилия и большим различием почвенных условий.

По литературным данным в Российской Федерации для обоснования оптимального состава МТА стремились загрузить на максимальную тяговую мощность трактора с целью снижения энергии затрат и повышения производительности. Такой подход был применен и к парку тракторов, развернутых на Ближнем Востоке, включая Сирийскую Арабскую Республику. Обобщение накопленного опыта и разработка предложений по повышению эффективности использования имеющегося технического потенциала за счет оптимизационных расчетов является актуальной задачей.

**Объект исследования** – механизированные процессы возделывания картофеля в условиях Ближнего Востока.

**Предмет исследования** – методы моделирования и оптимизации параметров и режимов работы агрегатов для возделывания картофеля.

**Цель и задачи исследования.**

**Цель исследования** – обоснование оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов технологического комплекса машин для возделывания и уборки картофеля при агрегатировании с тракторами, производимыми в Сирийской Арабской Республики.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать обзор литературы, опубликованный в нескольких странах Ближнего Востока, в отношении типов почв и ее характеристик, парка тракторов, всех типов плугов и сельскохозяйственной техники, используемой при производстве сельскохозяйственной продукции;

2. Провести анализ методов описания взаимосвязи между буксованием колес и тяговым усилием трактора, обосновать методику оценки зависимости буксования при выполнении конкретных механизированных видов работ для ограниченного объема данных;

3. Обосновать оптимальное агрегатированию тракторов с комплексом машин для возделывания и уборки картофеля в условиях Сирии, нормы выработки и расхода топлива. Разработать рекомендации по машинам аналогам российского производства и технике, производимой странами на Ближнем Востоке. Для оценки достоверности сравнить методику расчета состава машинно-тракторных агрегатов, используемую в Российской Федерации с методикой, рекомендуемой Американским обществом сельскохозяйственных инженеров и биологии (ASABE).

4. Сопоставить данные по твердости почвы в условиях Сирии и полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на основе пенетрометрических испытаний с использованием твердомеров идентичной конструкции со шкалой, нормированной по методике Шарова Н.М.

5. Выполнить технико-экономическую оценку предложенных рекомендаций.

**Научная новизна исследования** заключается в обосновании:

– оптимальной эксплуатации комплекса машин для возделывания картофеля на мелко контурных участках в условиях Ближнего Востока;

– дифференциальной модели буксования, позволяющей оценить зависимость буксования от силовой нагрузки при разных уровнях влажности почвы и глубины обработки по ограниченному объему экспериментальных данных;

– определении оптимальных параметров машинно-тракторных агрегатов для норм расхода топлива и производительности при работе трактора Фураг 470 с комплексом машин по Российской и американской (ASABE) методикам расчета оптимальных значений показателей;

– разработке рекомендаций по выбору машин технологического комплекса в соответствии с российской базой и техникой, производимой в странах Ближнего Востока для возделывания и уборки картофеля в соответствии с мощностью тракторов;

– методике сопоставления деформативных свойств почвы в Сирии и России на основе пенетрометрических испытаний с использованием твердомеров идентичной конструкции с нормированной шкалой твердости Шарова Н.М.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

**Теоретическая значимость работы** заключается в обосновании оптимальной эксплуатации комплекса машин для возделывания картофеля на мелкоконтурных участках в условиях Ближнего Востока; дифференциальной модели буксования, позволяющей оценить зависимость буксования от силовой нагрузки при разных уровнях влажности почвы и глубины обработки по ограниченному объему экспериментальных данных; методике сопоставления деформативных свойств почвы в Сирии и России на основе пенетрометрических испытаний с использованием твердомеров идентичной конструкции.

**Практическая значимость** исследования заключается в рекомендациях по технологическому комплексу для возделывания картофеля в условиях Сирии, разработанных на основе обобщения российского опыта в области эффективной эксплуатации тракторов. Для агрегатов на базе трактора типа Фурат 470 обоснованы нормы расхода топлива и производительности, рациональные способы движения агрегатов в полевых условиях, что сокращает холостой ход и снижает расход топлива.

Методика аппроксимации зависимости буксования от тяговой нагрузки в виде дифференциальной модели позволяет оценить буксование при выполнении механизированных работ по ограниченному объему.

Передача российского научного опыта Университету Алеппо в Сирии и использование его при обучении студентов позволит повысить качество подготовки. Предоставление рекомендаций фермерам по сельскому хозяйству в

области оптимальной загрузки тракторов и повышения производительности позволит повысить эффективность сельского хозяйства в Сирии.

#### **Методология и методы научного исследования.**

**Методология** включает использование принятой в России методики оптимизации машинно-тракторных агрегатов и методики, рекомендуемой американским обществом ASABE применительно к условиям стран Ближнего Востока; использование общепринятых методов статистического анализа; проведение лабораторно-полевых опытов для определения плотности и твердости почвы; проведение хронометражных наблюдений по ГОСТ 24055-2016 для определения производительности и расхода топлива для базовых агрегатов.

**Методы исследований:** системный анализ, статистическая оценка данных по показателям условий работы, природно-климатическим характеристикам, хронометражные наблюдения за работой основных агрегатов; анализ эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов на базе трактора Фурат 470.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

– результаты литературного обзора публикаций по типам почв и ее характеристикам, парку тракторов, по сельскохозяйственной техники, используемой при производстве сельскохозяйственной продукции;

– методика дифференциальной модели аппроксимации взаимосвязи между буксованием и тяговым усилием при проведении обработки почвы и посадке картофеля, апробированная на основе результатов производственных испытаний трех моделей картофелесажалок на разной глубине и влажности почвы;

– результаты расчета оптимальных рабочих скоростей, ширины захвата, расхода топлива и производительности, а также выбранные способы движения агрегатов для комплекса машин на базе трактора Фурат 470 при возделывании картофеля;

– методика сопоставления деформативных свойств почвы на Ближнем Востоке и полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на основе

пенетрометрических испытаний с использованием твердомеров идентичной конструкции со шкалой, нормированной по методике Шарова Н.М.

**Степень достоверности и апробация результатов работы.** Достоверность результатов исследования подтверждается использованием методов современных научных исследований, адекватностью математических моделей аппроксимации экспериментальных данных; использованием материалов государственной статистики и методов статистического анализа с помощью программ Microsoft Excel и Mathcad; идентичностью полученных рекомендаций по составу машинно-тракторных агрегатов, полученных по Российской методике и американской методике ассоциации ASABE.

По результатам исследования опубликовано 7 научных работ, в изданиях (РИНЦ), в том числе 2 в изданиях ВАК.

По приглашению представительства Россотрудничества в рамках международного гуманитарного сотрудничества в Республике Ливан Тимирязевская академия приняла участие в проекте «Открываем ведущие российские вузы в Русском Доме в Бейруте». Соискатель принял непосредственное участие в подготовке демонстрационных материалов. Ссылка находится на веб-сайте университета: <https://www.timacad.ru/news/timiriavezka-priglasila-arabskikh-abiturientov-v-ramkakh-proekta-rossotrudnichestva>.

#### **Апробация результатов исследований.**

Результаты исследований доложены на следующих конференциях:

– Семинар Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина (чтения академика В. Н. Болтинского), для участия в семинаре с докладом: Анализ использования машинно-тракторного парка в Республике Сирия. Москва, РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 24 января 2020 г.;

– Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию В.А. Михельсона, для участия в семинаре с докладом: Analytical study of the reality of potato planting and harvesting in the Syrian Arab Republic. Москва, РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 9 - 11 июня 2020 г.;

– Международной научно – практической конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 155 - летию РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, для участия в семинаре с докладом: анализ почвенных условий при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Сирии. Москва, РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2-4 декабря 2020 г.;

– Всероссийская с международным участием научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова, для участия в семинаре с докладом: проверка методики экспресс - анализа буксования. Москва, РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 7 - 9 июня 2021 г.;

- Московская международная межвузовская научно-техническая конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения Великой Отечественной Войны, для участия в семинаре с докладом: Обоснование комплекса машин для возделывания картофеля по методике ASAE. (Москва, 2023);

- Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения Миловича Александра Яковлевича, для участия в семинаре с докладом: анализ и сравнение деформационных свойств почвы Ближнего Востока и России. Москва, РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 3 - 5 июня 2024 г.

### **Структура и объем научно-квалификационной работы (диссертации);**

Диссертация изложена на 206 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть содержит 55 рисунков, 74 таблиц, список литературных источников из 174 наименований российских и зарубежных исследователей и 6 приложений.

# **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА НА БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ**

## **1.1. Состояние вопроса и основные характеристики сельского хозяйства Сирийской Арабской Республики (САР)**

Механизация сельского хозяйства является базовой структурой, принятой при производстве сельскохозяйственных культур, и она необходима для увеличения и улучшения производства за счет оптимального использования мощности трактора и потенциала, доступного в производственном процессе, для снижения производственных потерь и потерь энергии [145145].

Производство картофеля в количестве и качестве требует хорошей подготовки почвы с помощью плугов, за которыми следуют процессы рыхления и выравнивания почвы, чтобы создать условия для картофелесажалок. Эти процессы являются важными компонентами энергии, потребляемой для производства урожая, в дополнение к другим последующим процессам, таким как внесение удобрений, орошение, прополка, сбор урожая, сортировка, упаковка, транспортировка и сбыт [144, 145, 162].

Картофель является основным источником продуктов питания во многих странах мира, где Организация Объединенных Наций признала 2008 год Международным годом картофеля, а Всемирная продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) была принята Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций в 2005 г. за признание того, что картофель является основным продуктом питания населения мира [144].

Картофель описывается как самая крупная сельскохозяйственная культура овощей и четвертая по величине сельскохозяйственная культура после трех основных зерновых культур (рис, пшеница и кукуруза) из-за его высоких урожаев, низких производственных затрат и того факта, что он является урожайным. Экономичный урожай с высокой добавленной стоимостью в качестве основного сырья для пищевой промышленности, а также его высокая питательная

ценность. Все виды картофеля (*Solanum Tuberosum*) относятся к семейству Solanaceae (*Solanum Tuberosum*), многолетнее травянистое растение [70], выращиваемое во всем мире в умеренных и субтропических регионах. Есть много свидетельств, подтверждающих рост спроса на картофель на 4% в год в развивающихся странах, что рассматривается как решение проблемы голода в ближайшие годы, особенно после острой нехватки продовольствия во всем мире. Китай является первой страной в мире по производству картофеля, поскольку его производство достигло 19% мирового производства, а площадь 22% от общей мировой площади., за которой следует Индия на втором месте с объемом производства 10% мирового производства, и площадью 8% от общей мировой площади, то Российская Федерация на третьем месте с производством 6% мирового производства, с площадью 8,9% от общей мировой площади. Что касается Сирии, то она занимает сорок восьмое место в мире и четвертое в арабском мире после Египта, Алжира и Марокко с объемом производства 713 256 тонн, или 0,15% от общего мирового производства, и площадью 35 249 гектаров, или 0,14% от общей мировой площади, засеянной картофелем, согласно статистике Продовольственной и сельскохозяйственной организации мира [57, 105, 138].

В настоящее время на производство картофеля и продовольственную безопасность в мире сильно влияют многие факторы, такие как пахотные земли, климат, население и ресурсы. Поэтому важно добиться высокого качества, высокой урожайности, повышения эффективности и устойчивости производства картофеля, а также ускорить индустриализацию картофеля для обеспечения долгосрочной продовольственной безопасности. Как видно на рисунке 1.1, с 2000 г. в мире наблюдается непрерывный рост производства картофеля, при этом производство картофеля увеличилось на 14,7% с 2000 по 2009 г., с 322,8 млн. т до 370,4 млн. т. Однако общий объем производства картофеля убранная площадь снизилась на 38,2% с 2000 по 2019 год, с 19,9 млн га (млн га) до 17,3 млн га [105, 174].

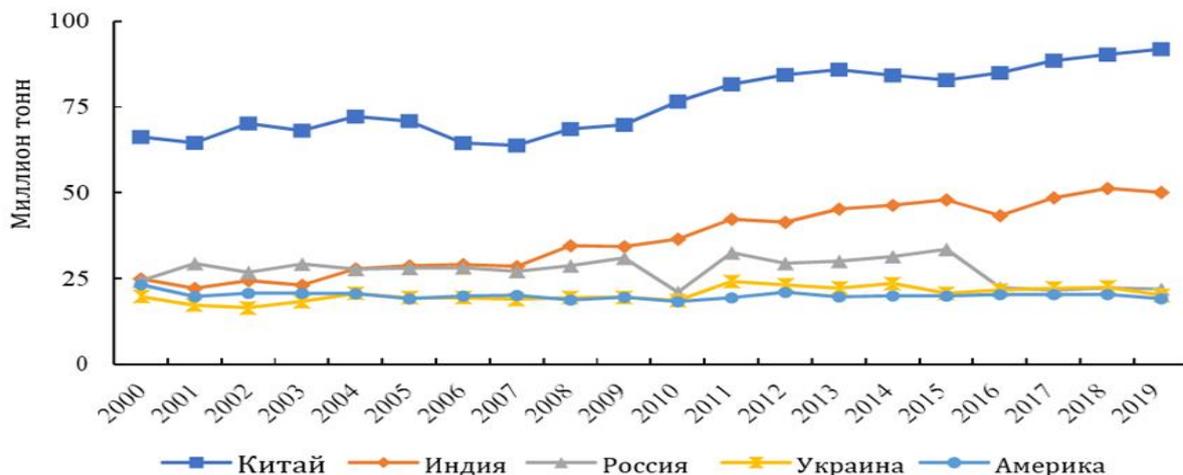


Рисунок 1.1 – Изменение производства картофеля в пяти ведущих странах-производителях [174]

С 2000 по 2019 год в пятерку стран с наибольшим средним производством картофеля входили Китай, Индия, Российская Федерация, Украина и Соединенные Штаты Америки. Более того, как видно из Рисунка 1.1, за этот 20-летний период производство в Китае и Индии резко увеличилось, в то время как производство картофеля сохранило динамический баланс в Российской Федерации, Украине и США. В рейтинге десяти ведущих стран-производителей картофеля за 2019 год Китай и Индия занимают первое и второе места, а Российская Федерация - третье место [122].

Выращивание картофеля на песчаных и легких почвах, как правило, успешно. Рекомендуется использовать севооборот для устранения вредителей почвы, с одной стороны, и предотвращения сжатия почвы, с другой, часто рекомендуется выращивать картофель на землях с рН 4,8 и 5,4, картофель не может противостоять высокой засоленности в почве или поливной воде [138].

Картофель считается растением, подходящим для мягкой погоды, он не переносит заморозков и плохо растет при очень низких или очень высоких температурах, а оптимальная температура для прорастания клубней колеблется в пределах 18... 22 °С [139, 152].

Генеральная организация по размножению семян производит семена картофеля на месте из сертифицированных сортов (европейского

происхождения), чтобы обеспечить потребность страны в семенах картофеля для выращивания в три сезона (весна, лето, осень) [138].

***Картофель выращивается в Сирийской Арабской Республике в трех основных сезонах:***

*Весеннее время* - сельское хозяйство ведется в период с середины января до середины февраля, Посевные площади ярового картофеля на уровне страны достигли 18151 га, а производство за 2011 год составило 452635 тонн (Annual Statistical Group, 2011), то есть 63,5% от общего производства [114].

*Летнее время* - картофель выращивается в период между мартом и апрелем и (в редких случаях до мая), его посевная площадь составляет 1216 га, а общий объем производства оценивается в 31062 тонны, согласно годовой сельскохозяйственной статистике за 2011 год. В размере 4,3% от общего объема производства в стране [105, 138].

*Осеннее время* - картофель выращивается в период: середина июля - середина августа (после сбора урожая пшеницы и ячменя на седьмом месяце), посевная площадь на уровне страны составляет около 15882 га, а общий объем производства оценивается примерно в 229559 тонн, или 32,2% от производства страны [138].

На рисунке 1.2 показаны изменения объемов производства картофеля в Сирии в период с 1970 по 2022 г.

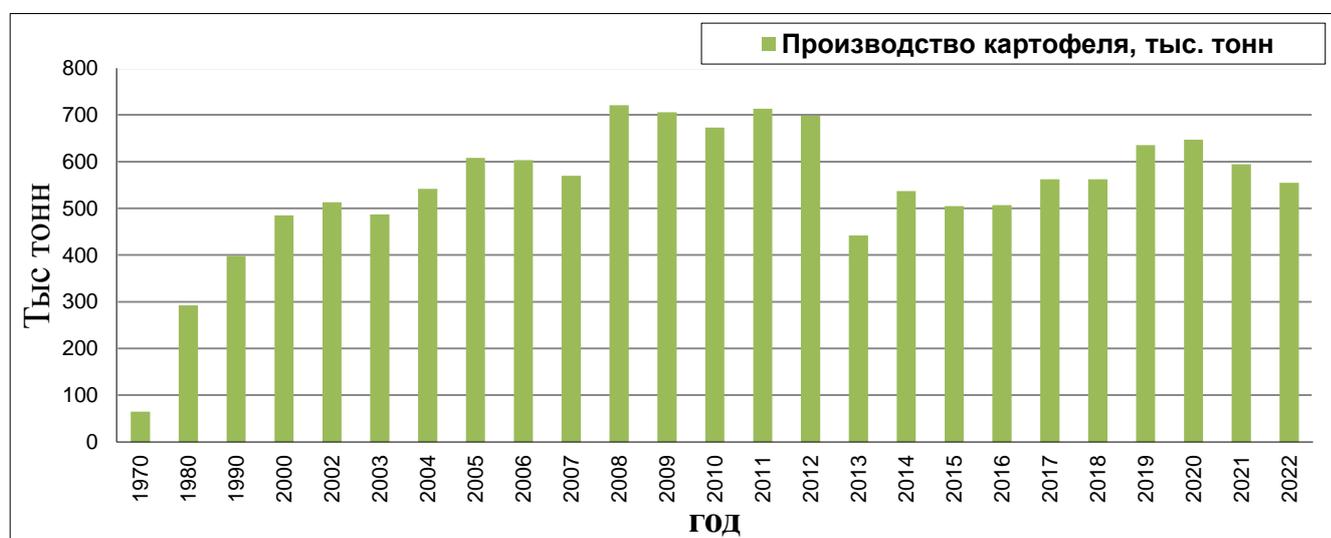


Рисунок 1.2 – Развитие производства картофеля в Сирии [124, 143]

На рисунке 1.2 отмечено, что производство сократилось в 2021 году на 8,14% по сравнению с 2020 годом, что равно 52,7 тыс. тонн, при этом оно продолжило снижаться в 2022 году на 14,3% по сравнению с 2021 годом. В Сирии зафиксировано, что в 2008 году самый высокий объем производства составил 721 тыс. тонн, а снижение связано с колебаниями климата и ситуации с безопасностью в стране. Последние статистические данные по урожайности в Сирии были за 2021 год, когда зафиксировано 22,5 тонны/га, а посевная площадь составила 26,4 тысяч гектаров, а доля производства Сирии в мировом производстве в 2022 году составила 0,15% [124, 143] .

Картофель выращивают с шириной междурядья 60 и 70 см и на расстоянии 25-30 см между растениями [57, 152].

Расстояние между рядками и растениями в линии зависит от следующих факторов: размер среза, используемый сорт и сила вегетативного роста, дата созревания, цель в сельском хозяйстве, плодородие почвы.

Сельскохозяйственный севооборот имеет большое значение в выращивании картофеля, поскольку он полезен для уменьшения распространения болезней и насекомых, которые влияют на картофель, а также для уменьшения трав и поддержания плодородия почвы. Картофель не следует выращивать в почве, ранее 3 лет после баклажана. Выращивать картофель предпочтительно в период после капусты, огурца и лука, требующих большого количества удобрений, или после бобовых. Можно посоветовать пройти один из следующих курсов:

1. трёхгодичный: картофель - зерно - бобовые;
2. четырёхгодичный: картофель - зерно - хлопок - бобовые;
3. четырёхгодичный: картофель - зерно - сахарная свекла - бобовые [138, 172].

Общая площадь сирийских арабских земель составляет 18,518 млн. га. Из них 5950 тыс. га – площадь пахотных земель. Она разделена на равнины (80%), а также земли плато и долин (15%), гор и нагорья (5%). Таким образом,

возможность расширения и сельскохозяйственной эксплуатации очевидна только в равнинных местах [107].

Сирийская Арабская Республика расположена на Ближнем Востоке, на восточном побережье Средиземного моря (береговая линия около 175 км). Граничит с Турцией на севере, Ираком на востоке, Иорданией на юге, с Ливаном на западе.

Климат в САР субтропический средиземноморский на побережье и сухой континентальный во внутренних районах. Средние температуры января от +4 в восточных районах до +12 С на побережье, летом (июль) от +33 до +26 С соответственно, с дневными максимумами до +44 С. Осадков в восточных районах выпадает 100-300 мм, в горах и на побережье Средиземного моря - до 1000 мм в год (максимум приходится на конец ноября-декабрь и февраль-начало марта) [103].

**С агроклиматической точки зрения выделяют 5 зон.**

**Первая зона стабильности:** её площадь составляет 2,7 млн. га, что соответствует 14,6% площади Сирии. Ежегодное количество осадков составляет более 350 мм в год, а его основными культурами являются: зерновые, бобовые, летние культуры, овощи и фруктовые деревья. Наиболее важными являются цитрусовые, яблоки и миндаль [52, 114].

**Вторая зона стабильности:** имеет площадь в 2,5 млн. га и составляет 13,3% площади Сирии. Ежегодное количество осадков составляет 250-350 мм в год, его основными культурами являются: зерновые, бобовые и фруктовые деревья, в основном виноград, маслина и миндаль [52, 114].

**Третья зона стабильности:** имеет площадь в 1,3 млн. га и составляет 7,1% площади Сирии. Его ежегодное количество осадков составляет более 250 мм в год, основные культуры - ячмень, а иногда выращивают бобовые.

**Четвертая зона стабильности:** имеет площадь 1,8 млн. га и составляет 9,9% площади Сирии. Ежегодное количество осадков составляет 200-250 мм в год, а основными его культурами является ячмень [52, 114].

**Пятая зона стабильности:** имеет площадь 10,2 млн. га и составляет 55,1% площади Сирии. Ежегодное количество осадков неустойчиво и колеблется от 100-150 мм в год, и оно используется в качестве пастбищ для овец [103, 107].

Общая площадь Сирийской Арабской Республики составляет 18,5 млн. га, однако две трети этой территории расположены в районах с низким уровнем осадков, что не позволяет экономически эффективно развиваться. Площадь пахотных земель составляет около 5,95 млн. га, что оставляет 32,1 % от всей площади, остальная часть распределяется на непахотные земли, пастбища, луга и леса [124, 143].

Сельское хозяйство в Сирии характеризуется богарным земледелием и, следовательно, в значительной степени зависят от атмосферных осадков, что является причиной колебаний сельскохозяйственного производства между годами.

Сирийская Арабская Республика зависит от сельского хозяйства как основного источника национального дохода, а население, занятое в сельском хозяйстве, составляет более 60% от общей численности населения. При этом преобладают небольшие хозяйства в связи с чем невозможно использовать высокопроизводительные сельскохозяйственные агрегаты. Высокая стоимость современной сельскохозяйственной техники, отсутствие у фермера средств на приобретение высокопроизводительных сельскохозяйственных машин и энергетических средств большой мощности, раздробленность сельскохозяйственных полей не позволяет использовать современные технологий в сельскохозяйственном производстве [103, 107].

Выращивание картофеля в Сирийской Арабской Республике по-прежнему зависит от применения ручного труда для большинства сельскохозяйственных операций, особенно для уборки урожая, из-за высоких цен на оборудование и неспособности фермера приобрести их [107].

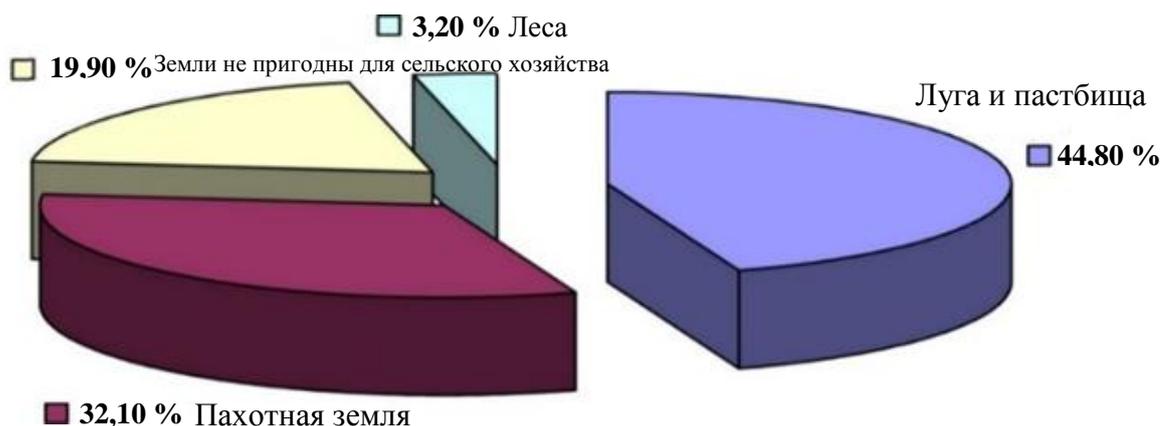


Рисунок 1.3 – Распределение земель в Сирии [168]

На рисунке 1.3 показано распределение земельных угодий в сельском хозяйстве, в связи с чем возможность использования земли ограничена только равнинными участками, составляющими 32,1% от общей площади [107]. Поскольку около 93% этого процента инвестируется в сельское хозяйство, этот процент колеблется в результате различных факторов, таких как распространение опустынивания, засуха, засоление почв, эрозия почв из-за проливных дождей, неправильное землепользование и отсутствие подготовленных кадров, в дополнение к фактору миграции, который является не менее важными, чем остальные факторы [101].

Из таблицы 1.1 видно, что средняя посевная площадь уменьшилась в период с 1995-2000 по 2000-2006 годы из-за расширения пастбищ и лесов. Что касается остальных земель, входящих в состав пашни, то они увеличились во всех регионах, так как их доля увеличилась с 2,8% в 1995 г. до 4,6% в 2006 г. Площадь орошаемых земель увеличилась с 1,1 миллиона гектаров в 1995 году до 1,4 миллиона гектаров в 2006 году в результате расширения государственных ирригационных проектов и увеличения количества колодцев в большей части провинций. Отметим из таблицы 1.1, что наименьшее значение посевных площадей было в 2015 году, которое составило 3 906 тыс. га, а после этого оно начало увеличиваться до 2021 года и составило 4 364 тыс. га.

Таблица 1.1 – Распределение землепользования в Сирии в годах (Площадь, тыс. га) [107, 124, 143]

год	Пахотная земля							Земля, не пахотная	Луга и пастбища	Леса	
	Инвестированные земли					Не инвестировано	Всего				
	Фактически Возделанная земля			Земли для отдыха	Всего земли						
	Орошаемые земли	Богарная земля	Всего								
1995	1089	3893	4982	520	5502	477	5979	3759	8287	493	
2000	1210	3336	4546	806	5352	553	5905	3697	8359	557	
2006	1402	3340	4742	845	5587	362	5950	3677	8290	601	
2007	1396	3326	4722	963	5685	357	6042	3689	8214	576	
2008	1357	3253	4610	1056	5666	357	6024	3683	8232	579	
2009	1238	3101	4339	1326	5665	348	6012	3681	8244	581	
2010	1341	3452	4793	903	5696	348	6045	3679	8212	583	
2011	1399	3179	4578	1137	5715	352	6068	3666	8199	585	
2012	1428	3066	4494	-----	----	349	6079	-----	8190	586	
2013	1310	2900	4210			350	6083		8188	586	
2014	1155	2779	3934			348	6081		8186	586	
2015	1112	2794	3906			350	6080		8186	586	
2016	1004	3036	4040			352	6083		8186	586	
2017	949	3227	4176			349	6083		7381	586	
2018	974	3215	4189			351	6079		8189	586	
2019	1004	3265	4269			-----	6070		-----	-----	-----
2020	1027	3258	4285				6071				
2021	1093	3271	4364				6102				

Таблица 1.1 показывает, что инвестированные земли составили в 2006 и 2011 году около 94-94,2% от общей площади пахотных земель соответственно, а посевные земли были распределены следующим образом: 25% орошаемые земли и 75% богарные земли (60% этих земель обрабатываются, а 15% оставлены для отдыха) [101, 107]. В 2021 году орошаемые площади составляли 17,9%, а богарные 53,6% от общей площади. На рисунке 1.4 показано изменение общей площади возделываемых площадей, включая орошаемые площади, где широко распространено выращивание сельскохозяйственных культур, особенно картофеля, которые оцениваются в тысячу гектаров в период с 1970 по 2021 год.

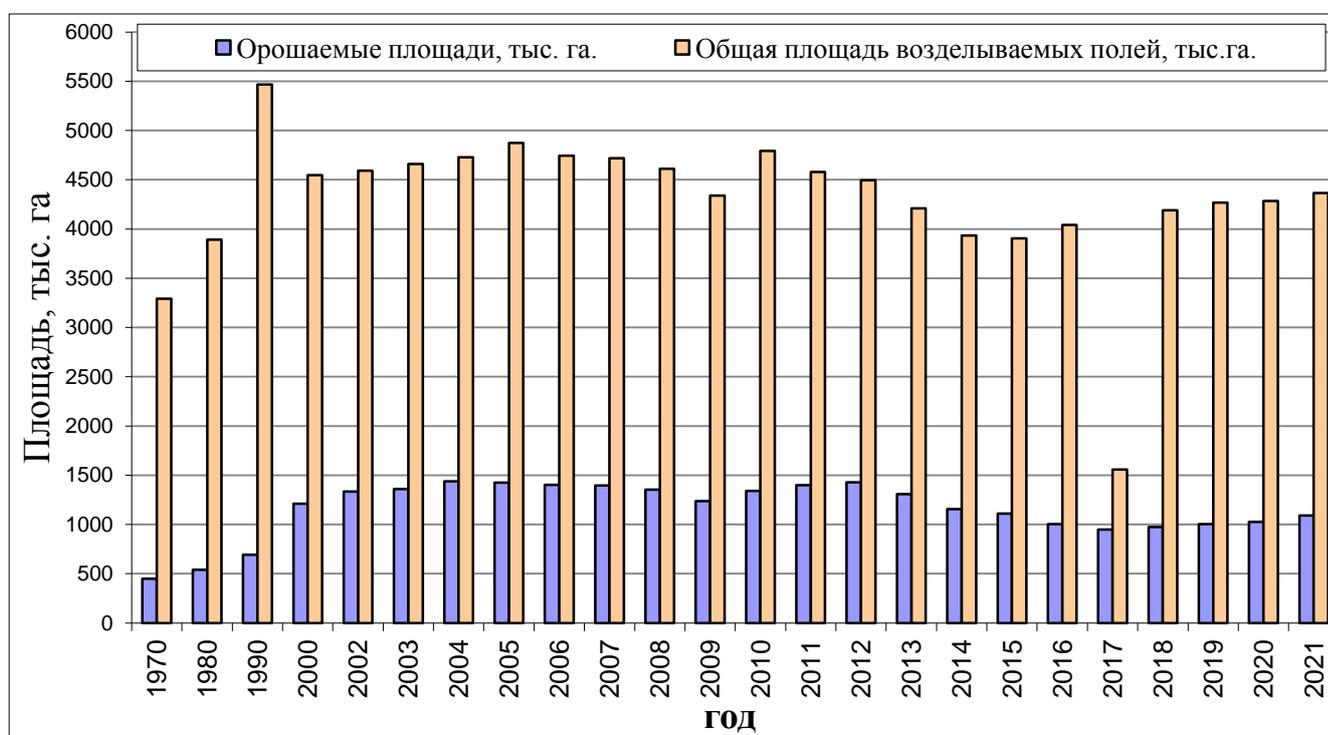


Рисунок 1.4 – Площадь фактически обрабатываемых и орошаемых полей [124, 143]

Основными группами в Сирийской Арабской Республике являются около десяти групп, наиболее важными из которых являются следующие:

– *Красные средиземноморские почвы*. Уровень осадков превышает 600 мм. Эти почвы характеризуются высокой концентрацией карбоната кальция, в настоящее время используются для выращивания фруктовых деревьев всех видов,

овощей и полевых культур пшеницы, ячменя, фисташек и других. Эти земли иногда полны камнями, и это не подходит для клубнеплодов, таких как картофель. Эти почвы с низким содержанием азота, фосфора, среднем содержанием калия [168, 169].

– *Серо-коричневые и коричневые почвы.* Уровень осадков 350-600 мм в год. Наиболее важными характеристиками этих почв являются их среднее или низкое содержание карбоната кальция, низкое содержание органических веществ и высокое содержание глины. Что касается использования этих земель, они представлены в плодородных равнинах Сирийской Арабской Республики и представляют собой лучшие типы почв для выращивания зимних и летних культур, а также выращивание яблок в высокогорьях и миндалях на равнинах и склонах, а также овощей [168, 169].

– *Желто-коричневые почвы.* Уровень осадков 150-350 мм в год. Эти почвы содержат высокую долю карбоната кальция, поэтому их использование ограничено. Большинство из них используется для выращивания овощей. В них недостаточно органического вещества, а также питательных веществ, таких как азот и фосфор [168]. Эта земля подходит для выращивания миндаля, инжира, виноградной лозы, оливок, фисташек и других растений [99, 104, 169].

– *Серые почвы.* Уровень осадков менее 150 мм в год, эти почвы образуются в сухих условиях. Это хорошо для сельского хозяйства, но, если есть источник орошения.

– *Гипсоносные почвы.* Эти почвы представляют собой второй тип, который образует основную часть сирийских почв Бадия, и наиболее важная характеристика этих почв это высокое содержание гипса. Эти почвы часто подходят для выращивания орошаемых летних культур, таких как хлопок, миндаль и кукуруза, а также для овощей и фруктовых деревьев [104, 168, 169].

– *Современная гранулированная почва.* Почвы высококачественных видов с хорошими физико-химическими свойствами. Они богаты питательными веществами и гумусом. Эти земли часто используются для выращивания хлопка и сахарной свеклы, а также для пшеничных и кормовых культур [168, 169].

– *Соленосные почвы.* Эти почвы образуются в Сирийской Арабской Республике в районах водосборных бассейнов, в плохих условиях дренажа и плохо организованном орошении [99, 168, 169].

– *Каменисто-щебнистые почвы.* Уровень осадков более 1000 мм в год. Эти почвы сформированы в горных районах с уклоном более 15%. Слой почвы небольшой, а материнские породы находятся на поверхности почвы. Горные породы и поверхностные камни препятствуют сельскохозяйственным процессам, поэтому необходимо собирать камни [104, 168, 169].

– *Известковые почвы.* Уровень осадков менее 150 мм в год. Они страдают, в основном, от повышенного содержания карбоната кальция в почве на большей части своей территории. Эти почвы подходят для маслин, миндаля, фисташек, инжира и виноградников [104, 168, 169].

– *Лесные почвы.* Уровень осадков более 600 мм в год. Эти почвы богаты органическим веществом, являются богатыми и очень плодородными почвами с высокой долей гумуса. Они имеют хороший физический и химический состав. Однако лесные почвы в основном являются горными [168, 169].

Наиболее важные характеристики сирийской почвы можно резюмировать в нескольких пунктах, а именно то, что она считается бедной питательными веществами, особенно азотом и фосфором, она считается бедной органическими веществами и страдает от избытка карбоната кальция, поэтому большая часть земель Сирии бедна. Объемная плотность увеличивается с глубиной в сирийских почвах [101, 107, 104].

Таблица 1.2 – Характеристика сельскохозяйственных владений

Количество сельскохозяйственных владельцев				Средний размер владений (в га)								
				Пахотные земли			Земли, не пригодные для с.х.			Общая площадь		
1970	1981	1994	2004	1981	1994	2004	1981	1994	2004	1981	1994	2004
52789.9	48550.1	61365.7	66037.1	11.15	7.59	8.32	0.62	0.55	0.09	11.77	8.49	8.47

Из таблицы 1.2 видно, что средний размер владений сельскохозяйственными землями уменьшается из-за увеличения количества

сельскохозяйственных владельцев, поэтому мелкая и средняя собственность является наиболее распространенной формой сельскохозяйственного производства. Таким образом, сельскохозяйственная собственность стала менее концентрированной, чем до реализации законов об аграрной реформе, которые предусматривали, что земля, предоставляемая приносящей пользу крестьянской семье, не превышает площади от 8 гектаров орошаемых земель до 450 гектаров богарных земель. Но на практике, и с целью распределения сельскохозяйственных земель среди наибольшего числа фермерских семей, одна семья получала намного меньше, чем это предусмотрено, в результате средний размер владения составлял всего 8,3 га. С учетом реальности, эти холдинги характеризуются удаленностью друг от друга [107, 169].

Наиболее распространенная культура в Сирии, пшеница, занимает первое место в Сирийской Арабской Республике по площади посевов - около 20%, на втором месте - ячмень, за ним следует кукуруза, а затем хлопок [99, 168].

## **1.2. Анализ технологии возделывания картофеля на Ближнем Востоке**

*Обработка почвы* происходит, когда влажность невелика (то есть, когда она составляет около 50% от полной влагоемкости), потому что вспашка почвы с высокой влажностью приводит к уплотнению почвы, и, следовательно, отрицательно влияет на урожайность картофеля. Процесс вспашки происходит на глубине 20-28 см, где перемешиваются остатки предыдущей культуры, и после завершения вспашки поля вспашка повторяется в перпендикулярном порядке с первой вспашки. Затем происходит процесс рыхления, выравнивания и планировки почвы по необходимым расстояниям посадки. После глубокой вспашки земля является неровной и содержит земляные агрегаты, что делает ее непригодной для проведения посадки клубней [112].

Чтобы обеспечить надлежащие условия для посадки, агрегаты должны быть разбиты, а поверхность почвы слегка выровнена, при условии, что этот процесс заканчивается до даты, установленной непосредственно для посева, чтобы уменьшить испарения влаги [170]. Этот процесс осуществляется с помощью

рыхлящих лап, оборудованных катками для уплотнения почвы с целью поддержания ее влажности и перпендикулярно глубоким линиям культивации и глубине 10...12 см [174].

Качество осуществления процесса пред посадочной обработки почвы будет влиять на легкость перемещения сошникового механизма при посадке, качество укладки клубней, регулярность глубины залегания в почве и выпрямления линий культивирования, что облегчает и регулирует операции ухода и уборочные работы [162].

Глубина укладки клубней оказывает существенное влияние на продуктивность участка, на легких землях глубина больше, чем на тяжелых и влажных землях [81]. Дополнительная глубина возделывания не подходит для механизации уборки урожая, так как картофель выращивается на легких землях на глубине 8...10 см и 6...8 см на тяжелых землях, чтобы глубина посадки не превышала 12 см. Не рекомендуется сажать картофель на глубине менее 5...6 см, а равная глубина посадки гарантирует меньшие потери в процессе уборки [125, 146].

Процесс посадки клубней осуществляется либо вручную на небольших площадях, либо полумеханическим способом, когда земля планируется в линии на расстоянии 60...70 см, обычно двухрядная машина предпочтительнее для трактора мощностью 40...50 л.с., а скорость машины составляет около 1,7 км/ч, производительность полумеханической двухрядной картофелесажалки составляет около 0,13 га/ч, либо механическим способом когда клубни сажают на линии на плоских и хорошо подготовленных полях. Сажалки для картофеля должны соответствовать различным сельскохозяйственным требованиям с точки зрения рекомендованной посадки клубней (30 - 50 г; 50 - 80 г; свыше 80 г) или разрезанных частей клубня массой 30 – 70 г или имеющих ростки длиной до 2 см, с возможностью регулировки расстояния между рядами (60, 70, 75, 90 см и т.д.) с погрешностью или отклонением не более 2 см от основной линии, а интервал в одной строке - 20, 25, 30, 35, 40, 45 см, в зависимости от системы культивации с отклонением не более 25%, процент пустых ям не должен

превышать 8%, при этом обеспечивается устойчивость рабочего органа по прямой при различных рабочих скоростях в пределах 5...9 км/ч [57].

**Подготовка агрегата к посадке клубней картофеля.** Первоначально трактор оборудуют таким образом, чтобы он располагался на соответствующей траектории с учетом того, что давление воздуха в задних шинах составляет 0,13 МПа (1,3 кгс/см<sup>2</sup>) из-за повышенной нагрузки, а также размещаются или устанавливаются передние балластные грузы с целью повышения продольной устойчивости трактора, помимо оснащения механизмом навески [57, 7957].

Оснащение сажалки картофеля осуществляется в соответствии с инструкциями, записанными в рабочих каталогах, прилагаемых к каждой машине. Существуют разные типы машин для посадки клубней, самые распространенные из которых - чаша или элеватор: СКР.01.000 (ЗАО «Агротехмаш»), КСМ-4, КСМ-6, Л-202, Л-207 (ОАО «Лидасельмаш»), VL20RLZ (ГРИММЕ), МИЕДЕМА СР 42 (ООО «Колнаг») с шириной междурядий 70, 75 или 90 см [10, 57].

Перед посадкой в клубни вносят **органические удобрения** из расчета 30...50 м<sup>3</sup>/га, и **минеральные удобрения** (азот - фосфат – калий) по 100-500 кг / га, а после посадки клубней вносят азот из расчета 200-250 кг/га и затем возвращают в том же количестве через две недели после первой партии, фолиевую кислоту в твердой форме в из расчета 7-10 кг/га или жидкие из расчета 20-25 л/га, сбалансированные удобрения вносят двумя партиями каждая партия по 15-20 кг/га, а калийные соли вносят перед уборкой двумя партиями из расчета 15-20 кг/га [45, 69, 115].

Следует отметить, что сельскохозяйственная плотность посадки имеет большое значение для воздействия на урожай картофеля. Это связано с конкуренцией растений за воду, питательные вещества и свет, но требуемая плотность зависит от наличия влаги и плодородия почвы, а также от размера используемых клубней. В районах с достаточным количеством воды плотность может быть увеличена до 50000–60000 растений/га, в то время как в районах, где воды недостаточно для удовлетворения потребностей растений, особенно в критические периоды, она снижается до 34 000–40 000 растений/га [126, 131].

При начале посадки клубней процент поврежденных клубней в общем количестве не должен превышать 5%, при этом следует учитывать, что повреждение должно быть частичным, а не полным в одном клубне, а содержание примесей других трещин должно быть менее 10%, а процент механически поврежденных клубней должен не превышает 5%, но в случае, если целью посева является получение семян, механическое повреждение не должно превышать 1% [49, 57].

Сегментированные и целые клубни высаживают вместе в соотношении 1: 3 с учетом того, что разрезанные клубни содержат не менее двух бутонов, длина ростка не более 2 см и поверхность клубней покрыта профилактическими препаратами от болезней и стимулирующими рост не менее чем на 80% [86].

Клубни подготавливают перед посевом, так как они выгружаются из хранилищ или штабелей, а затем сортируются и калибруются, а клубни обрабатываются профилактическими препаратами против болезней, в дополнение к нагреванию и прорастанию и с использованием материалов, стимулирующих рост, для сокращения периода роста [41, 57, 115].

Легкое **орошение** с короткими интервалами предпочтительнее интенсивного орошения в течение длительных периодов времени. Всегда предпочтительно орошать картофельные поля всякий раз, когда влажность в верхних 15 см почвы достигает 50% от полной влагоемкости. Промежуток времени между поливами колеблется от 5 до 12 дней, в зависимости от типа почвы и преобладающего климата [167].

Наиболее распространенными ирригационными системами, используемыми при выращивании картофеля, являются капельное орошение, спринклерные системы и дождевые пушки, и до сих пор используется метод полив по полосам, когда уклон поля составляет менее 2% [133, 163].

В спринклерной системе или системе капельного орошения необходимо проводить легкое и тщательное орошение (каждые 2-3 дня) в соответствии с преобладающими погодными условиями в регионе и этапами роста растений, при условии, что полив прекращается примерно за 5 дней до сбора урожая [102, 171].

Процесс **Боронования** выполняется 2...3 раза до появления ростков и один или два раза после их появления с разницей во времени 5...7 дней, что способствует уничтожению сорняков до 90-95% [57].

Процесс рыхления и **окучивание** варьируется в зависимости от типа почвы, его проводят на легких песчаных почвах на глубине 8...10 см и на средних песчаных почвах на глубине 10...12 см, а в уплотненной почве проводят на глубине 12...16 см, когда длина стебля растения достигает 8...10 см [57]. Процесс окучивание происходит дважды, через полтора месяца после посадки, с разницей во времени 10...14 дней и когда растение достигает высоты 18-20 см [57].

Созревание клубней зависит от культивируемого сорта, среди них ранние сорта, которые созревают 50...80 дней, среднеспелые 80...100 и позднеспелые 100...130 дней, и известен как зрелость пожелтения листьев и начало гибели стебля и падения верхушки стебля картофеля на землю и прибытия клубней до соответствующего размера и завершают формирование оболочки [102, 171].

Вегетативная система удаляется после созревания клубней, чтобы сформировать твердую оболочку, которая защищает клубни от шелушения и повреждения, что приводит к защите клубней от вирусных заболеваний во время процесса извлечения, сортировки и наполнения. Особенно в случае механического извлечения, десикация производится вручную или химическим путем с использованием реглон-супер в концентрации 15% на 2 кг/га или хлората магния в концентрации 10% на 25...30 л/га, или механическим способом с использованием косилок или металлических цепей. Предпочтительно тип Р-1,5Б с бункерами А-4 и БД-6, КС- 5000 [57, 152].

### ***Технологическая характеристика машин для уборки урожая картофеля***

Уборка картофеля - один из самых энергоемких технологических процессов [57], сбор урожая картофеля зависит от поднятия слоя почвы, содержащей клубни, их укладки на поверхности почвы и подборки вручную или механически [60]. Таким образом, процессы уборки картофеля можно обобщить по следующей схеме [57] (рис. 1.5).

Условия, в которых работают машины для уборки картофеля, могут быть разными: почва может быть сухой и свободной от камней и, следовательно, облегчать процесс отделения клубней от почвы и растительного покрова, или сухой и полной камней или комков, что требует нескольких методов отделения клубней [70].

Почва может быть влажной и липкой, поэтому механические части часто покрыты почвой и глиной, что снижает эффективность машины.



Рисунок 1.5 – Технологическая схема уборки картофеля [57]

Картофелеуборочные машины подразделяются на четыре основных типа: копатели, картофелекопатели швыряльного и просеивающего типов, картофелеуборочные комбайны. Выбор машины для уборки клубней должен зависеть от условий эксплуатации (тип почвы, состояние и время сбора) и обрабатываемой площади [8, 57].

Конструкция картофелеуборочных комбайнов, тип и параметры рабочих органов подбираются в зависимости от основных технологических свойств картофеля, которые зависят от сорта, климатических условий и технологии выращивания [17]. Машины, выполняющие требуемый технологический процесс,

должны быть адаптированы или иметь возможность регулировки в зависимости от расположения клубней в почве [64], их формы и размеров, физических и механических свойств клубней, растений и почвы [154, 159].

В наиболее распространенной схеме посадки, при которой расстояние между рядами составляет 70 см [18], а расстояние между растениями в одном ряду составляет 30 см, мы отмечаем, что в конце вегетационного периода у растения появляется 4...8 вегетативных стебля с примечанием клубни размещаются в гнездах вдоль ряда с шириной 10...38 см [62], так, чтобы верхние клубни располагались на глубину 2...10 см, а нижние - на глубину 14...24 см [8, 20].

В этом процессе пласт почвы отделяется различным рабочими органами (дисковое или лемешное), которое используется при отрезании почвы и клубней. Выбор типа рабочих органов зависит от типа почвы и ее условий, и рабочие органы работают на достаточной глубине, чтобы получить весь слой, содержащий клубни [24, 57].

Глубина расположения клубней варьируется в зависимости от типа почвы и глубины посадки, как показано в таблице 1.3 [81].

Таблица 1.3 – Глубина расположение и клубней в зависимости от типа почвы [24]

Тип почвы	Глубина посадки, см	Ширина размещения клубней, см	Глубина клубней размещается, см
Песчаная почва	10-12	20-25	20-25
Глинистая песчаная почва	8-10	17-20	20
Глинистая почва	6-8	15-17	18-20

При использовании картофелекопателей потери не должны превышать 4% по массе, повреждение клубней не должно превышать 3% [17], а процент камней в поле не должен превышать 8 т/га на полях где используются картофелекопатели в агрегате с тракторами класса 0,6, 0,9, 1,4 [11]. Влажность почвы не должна превышать 18...22%. Производительность картофелекопалок 0,3...0,9 га/ч, при

уборке одного, двух или четырех рядков. Глубина клубней колеблется в пределах 14...24 см [145, 147].

Исследователи добавили, что при увеличении скорости движения с 1,3 до 3,0 км/ч и глубины уборки с 22 до 32 см, энергозатраты при отрезании пласта лемехом увеличатся с 22,99 до 31,05, с 27,71 до 36,39 и от 21,74 до 30,05 кВт соответственно. Рекомендуемая рабочая скорость картофелеуборочных машин 2,5...6,5 км/ч [146, 158].

Ручные и полумеханизированные операции по уборке урожая широко распространены во всех арабских странах, где почти полностью отсутствуют механизированные операции по уборке урожая из-за низкой стоимости рабочей силы и из-за высоких затрат на импорт уборочных машин. Операции сортировки выполняются непосредственно в поле и упаковывают в мешки для транспортировки прицепами, подсоединенными к тракторам или грузовикам, для доставки непосредственно на рынок или к холодильникам-хранилищам [154].

### **1.3. Анализ состояния машинно-тракторного парка в Сирии**

Состав машинно-тракторного парка в республике Сирия составлял: 108754 тракторов, 5739 – зерноуборочных комбайнов. Машинообеспеченность соответственно равна для тракторов 18,1 ед. на 1000 га и зерноуборочных комбайнов – 1 шт. на 1000 га [107]. Вооруженность труда сельского населения составляет: для тракторов 22,5 шт. на 1000 чел., тогда как в развитых странах это показатель превышает 130 тракторов. Количество комбайнов в пересчете на 1000 чел. - 1,2 шт. [101, 107, 169].

Приведенные данные (Таблица 1.4) показывают следующее: за 5 лет (2002 - 2006) количество тракторов мощностью менее 50 л.с. значительно увеличилось с 34,54 до 37,19 тыс. а количество тракторов мощностью более 50 л.с. изменилось за это время незначительно. За 5 лет увеличилось на 20% количество комбайнов, коэффициент обновления парка составил всего 4 %. Он также снизился в период с 2017 по 2021 год на 2127 менее 50 л.с. и 2992 более 50 л.с.

Самый распространенный Фураат 470 (Ибро) изготовленный по лицензии в Сирии. Трактор сертифицирован и имеет франшизу от Nissan Motor Company – Испания [52]. В Сирии создан тракторный завод в сотрудничестве с испанской компанией Ibro в Алеппо (Сирия) производственной мощностью от 2000 до 4000 тракторов в год [3, 52, 113].

Таблица 1.4 – Динамика оснащения сельского хозяйства Сирии сельскохозяйственной техникой [ 101, 107, 169, 124]

Год	Тракторы		Современные плуги	Сеялки	Зерноуборочные комбайны	Стационарные молотилки	Разбрызгиватели для борьбы		запашивания	
	Менее 50 л.с.	50 л.с. и более					Автоматический	ручной	Автоматический	ручной
2002	34545	69091	95555	15260	4786	4842	36630	60821	524	8732
2003	34742	68884	110900	17209	5249	4829	31499	67220	520	8295
2004	34982	69601	111943	17828	5335	4816	31316	67904	530	8139
2005	36224	69907	113624	18669	5651	4831	31973	69734	624	8287
2006	37189	70757	113779	19933	5724	4717	32085	72477	619	8343
2017	40748	73125	111293	20069	6447	4454	35779	78505	488	7010
2018	39508	72525	110240	19220	4196	4447	39703	70873	455	7071
2019	38113	70377	100434	19700	5316	3757	36748	74437	932	6929
2020	37820	70733	100319	19004	5291	3751	40499	73677	918	6814
2021	38621	70133	100788	19252	5739	3636	40039	77016	881	7511

На рисунке 1.6 мы также замечаем, что количество тракторов сократилось с начала 2017 по 2021 год в результате прекращения импорта и отсутствия необходимых запасных частей, что привело к остановке работы ряда тракторов.

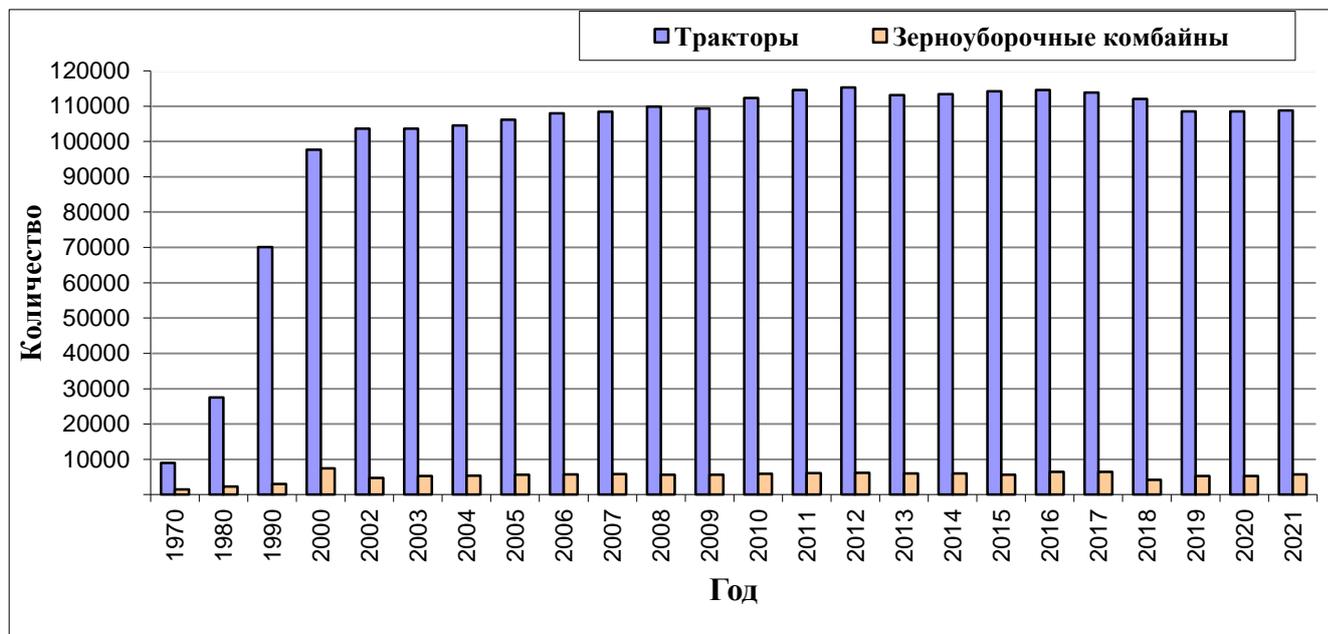


Рисунок 1.6 – Развитие количества зерноуборочных комбайнов и тракторов [124, 143]

Характеристики тракторов, используемые в сельском хозяйстве в Сирии, приведены в таблицах 1.5 [100, 110, 160, 164].

Таблица 1.5 – Основные данные по тракторам

Трактор	Колесная формула	Мощность $N_H$ , кВт	Экспл. Масса, кг	Диапазоны номинальных тяговых усилий $P_{KPH}$ , кН	Тяг. Класс, кН	Трансмиссия вперед - назад
Фураг (684-Е)	4К2	61,1	3080	12,6...18	1,4	6 - 2
New Holland TT75	4К2	56,18	2481		1,4	8 - 2
Foton 704	4К2	52,5	3455		1,4	8 - 4
Фураг 470	4К2	51,75	2449 3850		1,4	6 - 2
Mahendra MDI	4К2	37,5	2165	8,1...12,6	0,9	8 - 2
BENYE 224	4К2	37,5	2730		0,9	6 - 2
MF-240.s	4К2	33,75	1846		0,9	8 - 2
Universal 445	4К2	33,75	2041		0,9	6 - 2

При агрегатировании тракторов мощность двигателя передается сельскохозяйственным машинам с помощью вала отбора мощности,

гидравлического привода, навесных и прицепных устройств. Для работы со стационарными машинами применяется приводной шкив [113, 153, 161].

Основной способ передачи энергии от трактора – применение навесного или прицепной устройства. Этот способ позволяет преодолевать сопротивление машин, создаваемое при выполнении работы [52], а также за счет вала отбора мощности, который обеспечивает движение ротационных плугов, разбрасывателей навоза, сеялок и картофелесажалок. Вал отбора мощности тракторов позволяет работать на двухскоростных режимах при частоте вращения 540 и 1000 об/мин. По данным Американской ассоциации сельскохозяйственных инженеров через ВОМ возможно передавать до 83 % мощности двигателя [52, 113, 153].

В дополнение к управлению стационарными машинами с помощью ремня, соединенного со шкивом, таким как поливные насосы и измельчители кормов, сельскохозяйственные культуры и удобрения транспортируются с помощью прицепа и гидравлического устройства, используемого для решения многих задач, таких как регулирование глубины обработки почвы [52].

#### **1.4. Анализ опыта оптимального использования тракторов при выполнении механизированных работ**

Системный подход к оптимизации тракторного агрегата в сельском хозяйстве означает рассмотрение его как комплексной системы, включающей в себя не только сам трактор, но и все его составляющие, окружающую среду и взаимодействие с другими элементами производственного процесса, которая заключается в понимании деталей работы и условий эксплуатации, обеспечении совместимости всех компонентов тракторного агрегата, чтобы он работал как единая система, с целью повышения производительности  $W$  и снижения эксплуатационных затрат  $C_{\Sigma}$  и расхода топлива  $\theta$  при допустимых коэффициентах буксования  $\delta$ , в дополнение к обеспечению квалифицированного обучения операторов кто является ключевым элементом в оптимальной эксплуатации тракторного агрегата. Таким образом, трактор оптимально загружается и

использует всю мощность трактора  $N_e$ , обеспечивая при этом максимальную ширину захвата  $b$ . (рис. 1.7).

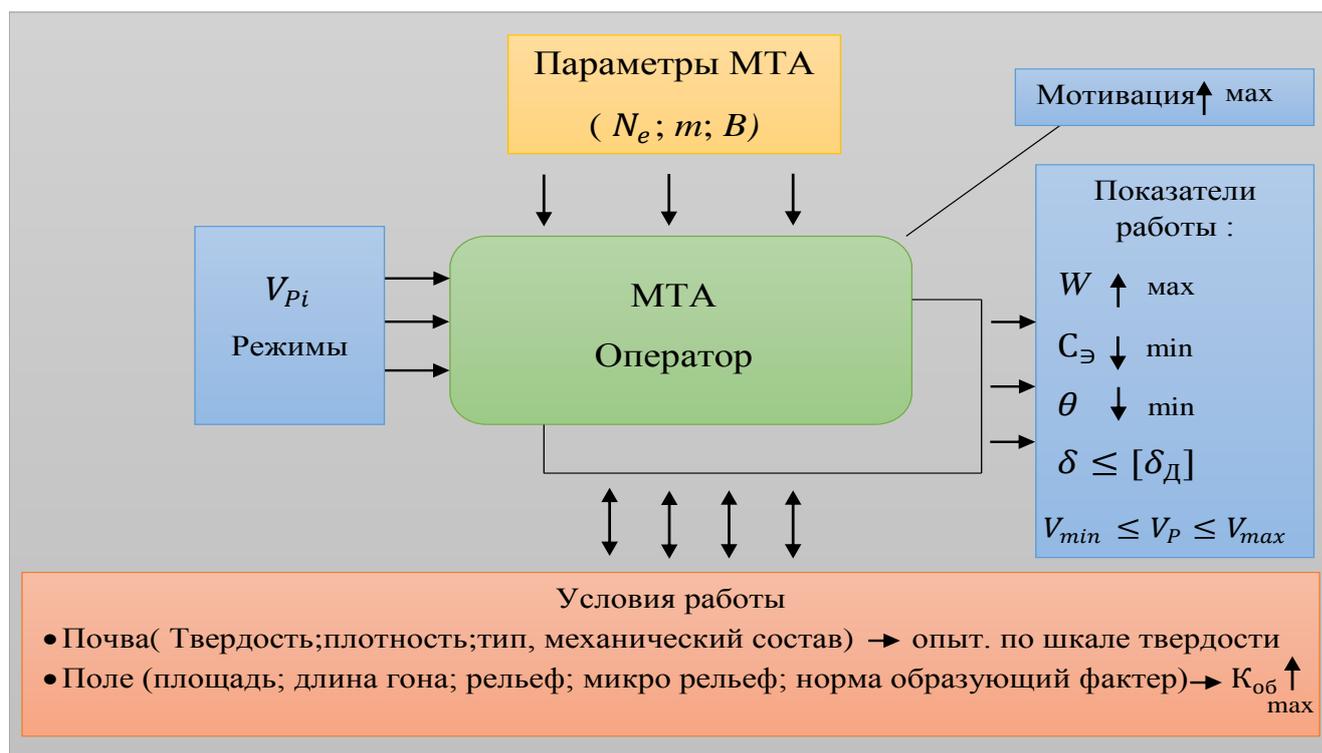


Рисунок 1.7 – системный подход к оптимизации тракторного агрегата [22, 42]

Сжатие почвы происходит в результате прохождения механизмов и различных нагрузок, прикладываемых к поверхности почвы. Объем, занимаемый частицами почвы, уменьшается, изменяется ее структура и размер пор, поскольку частицы почвы толкаются друг с другом, что приводит к закрытию почвенного вакуума и сокращению его пор, а степень сжатия зависит от типа почвы и процентного содержания в ней влаги, веса, приложенного к ней, и содержания в ней органических веществ. Характеристика уплотнения почвы выражается в способности почвы в значительной степени изменять свою структуру под влиянием внешних воздействий. Сжатие происходит естественным образом из-за механических факторов, вызванных сельскохозяйственными машинами, которые оказывают наиболее серьезное влияние на уплотнение почвы [96, 134].

Изменение объемной плотности, истинной плотности, пористости и гидравлической проводимости в зависимости от глубины и зон стабилизации дождя указаны в таблице 1.6 [108].

Таблица 1.6 – Характеристики почвы зонах стабильности [53]

Зона стабильности	Место взятия пробы почвы	Глубина (см)	Истинная плотность (г/см <sup>3</sup> )	Объемная плотность (г/см <sup>3</sup> )	Общая пористость (%)	Гидравлическая проводимость (м / с*10 <sup>6</sup> )
1	Альбустан	0-30	2,59	1,20	53,66	2,50
		30-90	2,62	1,24	52,67	3,00
	Захара	0-40	2,55	1,21	52,54	2,10
		40-85	2,58	1,25	51,55	2,40
2	Альнапха	0-30	2,47	1,30	47,36	2,20
		30-80	2,51	1,32	47,41	3,80
3	Альзах-бия	0-25	2,40	1,33	44,58	5,70
		25-70	2,47	1,38	44,12	4,60
4	Блас	0-20	2,35	1,34	42,97	6,90
		20-60	2,39	1,35	43,51	5,40
	Альхосс	0-25	2,36	1,37	41,94	6,70
		25-60	2,40	1,40	41,66	5,60

Мы отмечаем, что средние истинные значения плотности во всех областях стабильности составляют 2,47 г/см<sup>3</sup>, Средние значения насыпной плотности составляют 1,3 г/см<sup>3</sup> [111].

Существует противоречие между уплотнением почвы и сельскохозяйственными операциями, однако существует острая необходимость в определении оптимальной системы, которая согласовывала бы сельскохозяйственные операции с уплотнением почвы, отмечая, что легкое уплотнение почвы после процесса культивирования желательно для повышения скорости прорастания [96].

Анализ почвы проводился в районе равнины Хоран на площади 60 000 гектаров (юг Сирии). В таблице 1.7 47 проб: 6 из районов осадков 450...500 мм, 29 из областей осадков 250...350 мм, 12 из районов с интенсивностью осадков 150...200 мм [111].

Свойства почвы в первой зоне жесткие при засухе и когерентные при увлажнении, а значения плотности немного увеличиваются с глубиной, в то время как вторая зона увеличивает соотношение глины с глубиной, чтобы иметь высокую пластичность и адгезию, и почва становится связной при увлажнении, тогда как почва в третьей зоне становится хрупкой при засухе, где наблюдается сходимость значений плотности с тем, что было упомянуто в предыдущей таблице 1.6.

Таблица 1.7 – Характеристики почвы зонах стабильности [108, 111]

Диапазон	Средняя истинная плотность (г/см <sup>3</sup> )	Средняя насыпная плотность (г/см <sup>3</sup> )	Объемное распределение компонентов почвы(%)			Диапазон глубины (см)
			Глина	Ил	песок	
1(6)	2,61	1,28	65	Низкий	Низкий	0-110
2(29)	2,60	1,28	40-60	19-29	17-30	0-140
3(12)	2,58	1,30	30	34	30	0-140

**Сопротивление проникновению почвы** очень чувствительно к изменению насыпной плотности, так как изменение насыпной плотности от 1,3 до 1,45 г/см<sup>3</sup> привело к изменению сопротивления проникновению примерно до 18%, а сопротивление проникновению почвы значительно изменилось, когда насыпная плотность была больше, чем 1,6 г/см<sup>3</sup>, сопротивление проникновению почвы уменьшается на (100%), когда объемная плотность уменьшается на 70% [119].

В исследовании, проведенном в Ираке, о влиянии подземного плуга (глубококорыхлитель) на физические и механические свойства илистых глинистых почв, результаты подтвердили увеличение значения сопротивления почвы проникновению с увеличением глубины при использовании плуга под почвой, а также без него. Значение сопротивления на глубине 25 и 35 см составило 5986,1 и 7032,9 кН/м<sup>2</sup> соответственно для почвы без использования плуга, в то время как она составляла 3099 и 3757 кН/м<sup>2</sup> для почвы при использовании плуга на тех же

двух предыдущих глубинах, соответственно, из-за увеличения насыпной плотности почвы с увеличением глубины [96, 140].

Исследования показали, что увеличение практической скорости вспашки положительно и существенно влияет на плотность. Также было обнаружено, что увеличение практической скорости трактора при вспашке глиняной смеси почвы лемешным плугом с 3,71 до 6,37 км/ч, снизил насыпную плотность с 1,64 до 1,62 г/см<sup>3</sup> и от 1,72 до 1,68 г/см<sup>3</sup>, а от 1,66 до 1,65 г/см<sup>3</sup>, а сопротивление проникновению почвы с 41 до 38 кг/см<sup>2</sup>, и от 48 до 46 кг/см<sup>2</sup> и от 51 до 48 кг/см<sup>2</sup> при влажности 22, 19 и 14% соответственно, поскольку увеличение практической скорости сокращает время приложения нагрузки к пахотному слою, что снижает вероятность его сжатия и, таким образом, уменьшает значение объемной плотности, и снижает ее сопротивление проникновению [96, 97, 98]

Скорость вспашки, влажность почвы и глубина являются наиболее важными показателями, определяющими сопротивление проникновению почвы [148]. Как выяснилось, увеличение влажности с 14% до 19% и до 22% привело к снижению сопротивления почвы проникновению с 21,56 до 16,11, а затем и до 13,89 кг/см<sup>2</sup>, за счет того, что влажность увеличивает прочность связи между частицами почвы, что увеличивает силы сцепления почвы [96].

Также увеличение практической скорости при вспашке лемешным плугом с 3,71 до 4,98, затем до 6,36 км/ч привело к увеличению сопротивления почвы проникновению с 14,56 до 16,89, а затем до 20,11 кг/см<sup>2</sup>, поскольку увеличение скорости вызывает увеличение дробления и измельчения массы почвы, что увеличивает способность уплотнять почву и увеличивает ее плотность и, таким образом, увеличивает ее сопротивление проникновению [96, 119].

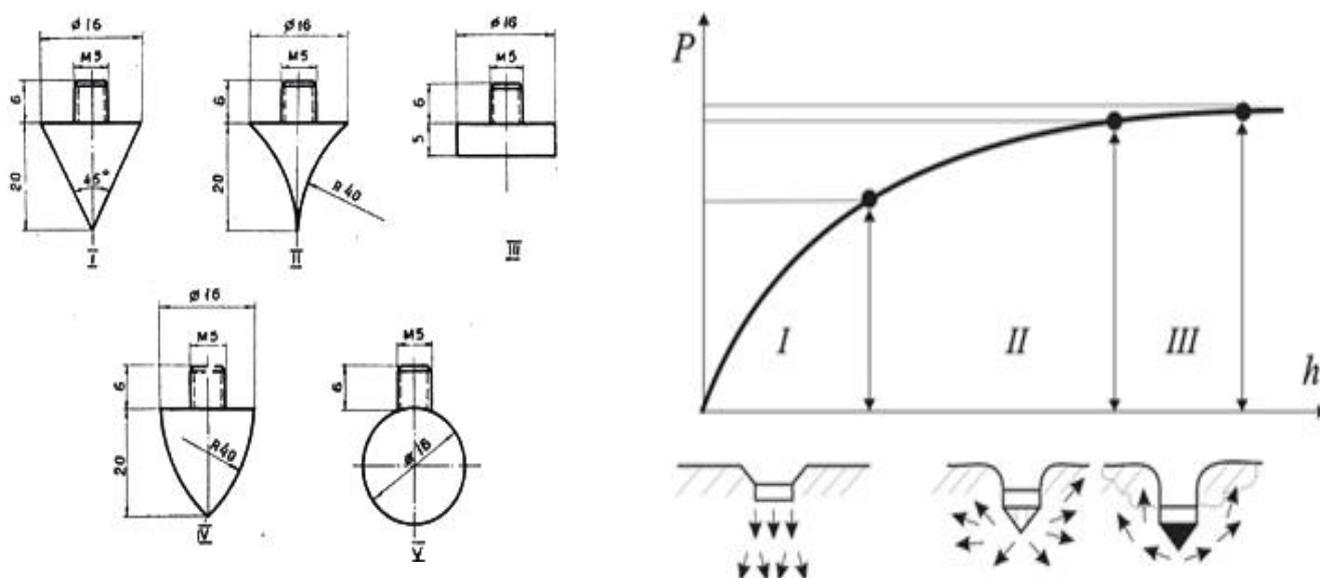
Также было обнаружено, что увеличение глубины обработки почвы лемешным плугом с 15 до 20, затем до 25 см увеличивает сопротивление проникновению почвы с 9,09 до 10,19, затем до 12,32 кг/см<sup>2</sup>, с увеличением на 12,1% и 35,5% соответственно. Причиной тому является увеличение значений насыпной плотности с увеличением глубины обработки почвы [97].

Также было обнаружено, что увеличение глубины обработки снижает уплотнение почвы, так как сопротивление проникновению на глубине 20 см фиксирует наличие твердого слоя, вызванного перемещением сельскохозяйственной техники с ее оружием, путем снятия показаний конусного пенетromетра перед процедурой культивирования было установлено, что допустимый предел показателя сопротивления проникновению должен быть не более  $2,03 \text{ кг/см}^2$  на глубине 15 см [25].

Оценка деформационных характеристик почвы, которая заключается в измерении сопротивления почвы проникновению, является важным показателем для определения воздействия движения техники в полевых условиях, а также определения уровня сцепления частиц почвы друг с другом, что, в свою очередь [61], повлияет на площадь распространения корней и, соответственно, на урожайность.

Было изготовлено множество приборов для измерения твердости, которые отличаются друг от друга по способу измерения, учитывая использование различных головок для этих приборов, поскольку в большинстве стран Ближнего Востока измерения проводятся с использованием конических головок разного диаметра, в то время как в России измерения проводятся с помощью конических и круглых головок, где операции измерения, проводимые вертикально в почве, сопровождаются изменениями давления и устойчивости почвы под штампами, где зависимость давления наблюдается в основном от объемных напряжений давления (рис. 1.8). Так как при введении штампов в почву происходит сжатие частиц почвы и они перемещаются вертикально с вытеснением воздуха и воды, которые занимают поры почвы, и начинается образование сжатого ядра, а при продолжении процесса сжатия зерна почвы начинают перемещаться в горизонтальном направлении, при наблюдении возникновения сдвиг почвы, и при продолжении давления частицы почвы начинают перемещаться по направлению к свободной поверхности почвы и сжимаются в стенках почвенной массы, затем наблюдается стабильное движение этих частиц, и под штампами возникает

устойчивость благодаря образованию сжатого и стабильного ядра (рис. 1.8) [43, 59].



а- Типы деформаторов: I – клиновидный; II – клиновидный вогнутый; III – плоский; IV – клиновидный выпуклый; V – шаровидный  
 Б- Этапы уплотнения и осадки почвы под штампами

Рисунок 1.8 – Наконечники при измерении твердости почвы [55]

Изучение деформируемых свойств почв в зависимости от пенетromетра включает анализ того, как различные типы пенетromетров взаимодействуют с почвой в различных условиях, для оценки прочности почвы, давления и других связанных с этим механических свойств. Диаметр проникающей головки влияет на глубину, на которую она может проникать в почву. Как правило, проникающие устройства меньшего диаметра проникают в почву глубже, чем устройства большего диаметра, при одинаковом прикладываемом усилии. Таким образом, выбор диаметра пенетromетра будет влиять на глубину измерения твердости почвы [55].

Связные глинистые почвы проявляют большую чувствительность к изменениям диаметра пенетromетра по сравнению с зернистыми песчаные почвы. Пенетromетр меньшего диаметра также предоставляет более подробную информацию о локальных изменениях твердости почвы, в то время как

пенетрометр большего диаметра может дать более полную картину общего состояния почвы [157].

Влажность также влияет на легкость проникновения пенетрометра в почву. В сухих почвах недостаток влаги приводит к увеличению трения между частицами почвы и головкой пенетрометра, что приводит к повышению сопротивления проникновению и твердости [119]. Напротив, во влажных почвах наличие влаги приводит к снижению трения, что облегчает проникновение и снижает показатели твердости. Следует отметить, что при наличии большого числа твердомеров единого подхода не сформировалось и на практике нет единой нормированной шкалы твердости [121].

Устройство пенетрометра – это самый простой метод измерения сопротивления почвы проникновению. Когда головка устройства вдавливается в почву, происходит несколько процессов, включая разрезание или отделение почвы, разрушение при сдвиге, сжатие и трение между самими частицами почвы.

Сопротивление проникновению зависит от градации частиц почвы, их кажущейся плотности, содержания влаги, сопротивления трения между частицами почвы, формы проникающей головки и силы воздействия на нее [95, 140].

В зависимости от типа почвы используются разные головки, включая квадратную головку для песчаных почв без камней и круглую головку для глинистых почв, в то время как коническая головка является наиболее распространенной, поскольку основание имеет круглую форму с известной площадью, чтобы определить силу проникновения [95, 140].

Недавно созданное устройство сопротивления проникновению почвы голландского происхождения, названное (Cone Penetrometer), произведенное компанией (Eijkelkamp), с площадью конуса  $0,99 \text{ см}^2$  и длиной рукоятки 1,5 м, при диаметре 15,96 мм (рис. 1.9), использовалось для измерения сопротивления почвы на разных глубинах. Процесс измерения путем приложения давления, перпендикулярного поверхности почвы, с записью величины усилия проникновения для глубины [95, 140].



Рисунок 1.9 – Устройство измерения сопротивления почвы (Eijkelkamp).

В таблице 1.8 приведены значения твердости, измеренные с помощью Eijkelkamp, соответствующие значения плотности, измеренные в Ираке, и изменение этих значений с глубиной.

Таблица 1.8 – Сопротивление почвы проникновению (твердость)

Глубина измерения, см	Плотность, г/ см <sup>3</sup>	Твердость, кН / м <sup>2</sup>
0-10	1,27	1539,79
10-20	1,30	1993,80
20-30	1,50	2678,71

Среднее значение твердости на глубине 0...30 см (таб. 1.8) составляет 2070 кН/м<sup>2</sup>. Здесь отмечается важность обработки почвы при рыхлении почвы, что способствует формированию клубней и увеличению их размера.

**Тяговое усилие** изменяется в зависимости от типа используемой почвообрабатывающей машины, типа почвы, ее влажности и предшествующих обработок, а также плотности почвы и растительность в нем, а также скорость и глубина обработки почвы. В исследовании, проведенном для демонстрации влияния содержания влаги в тяжелых глинистых почвах на прочность и тяговую способность, с использованием чизельного плуга и дискового плуга, результаты показали, что наибольшее тяговое усилие, зафиксированное чизельным плугом, составило 1172,27 кгс и тяговая мощность 23,18 л.с., при содержании влаги 18,6% по сравнению с дисковым плугом, у которого было зафиксировано тяговое усилие

886,85 кгс и 18,90 л.с., при том же содержании влаги, и причина этого в большей глубине плуга (чизельный плуг), поэтому ему требуется больше тяговое усилие и мощность [25, 96].

Разница в типах плугов и разница в ширине захвата с глубиной вспашки оказывает существенное влияние на тяговое усилие. У чизельного плуга с шириной захвата 1,90 м, на глубине 20 см и рабочей скоростью 2,88 км/ч зафиксировано самое высокое тяговое усилие 1467,88 кгс и мощность 15 л.с., в то время как дисковый плуг с шириной захвата 1,50 м зафиксировал наименьшее тяговое усилие в 560,65 кгс и мощность 7,5 л.с. на глубине 8 см и скорости 3,6 км/ч, плуг лемешный с шириной захвата 1,20 м, который зафиксировал тяговое усилие 1284,40 кгс и мощность 14,98 л.с. на глубине 25 см и скорости 3,24 км/ч. Различия в величине тягового усилия и мощности между плугами обусловлены влиянием ширины захвата, глубины и рабочей скорости [13, 96].

Скорость и глубина вспашки с использованием чизельного плуга и дисковых борон на супесчаной почве, подготовленной для посадки картофеля, влияют на тяговое усилие, так как чизельный плуг зафиксировал увеличение тягового усилия с увеличением скорости вспашки и стабильности по глубине, где оно составило 1080,75 кгс на скорости 3,26 км/ч, но увеличивалась с увеличением скорости до 1162,85 кгс при скорости 6,40 км/ч, в то время как дисковые бороны регистрировали тяговое усилие 675,55 кгс при скорости 3,26 км/ч и увеличивались до 894,62 кгс при скорости 6,40 км/ч [96].

**Расход топлива** при обычной системе обработки почвы колеблется в пределах 25,96...40,39 л/га, а также что чизельный плуг на илистых песчано-глинистых почвах с влажностью 11,4% при глубине обработки почвы 22...24 см, ширина захвата 2,74 м, расход топлива 13,91 л/га. По сравнению с лемешным плугом [135], у которого зафиксирован расход топлива 16,03 л/га на той же почве с влажностью 11,3%, глубиной вспашки 25...28 см и рабочей шириной 1,63 м [34, 96, 149].

При исследовании влияния трех типов плугов (чизельный, лемешный, дисковый) на расход топлива, две глубины вспашки 10...15 см и 15...20 см и три

скорости 2,72, 3,55 и 4,92 км/ч, было установлено, что наибольший расход топлива был у дискового плуга 20,33 л/га, при скорости 2,72 км/ч по сравнению с лемешным плугом, который на той же скорости регистрировал расход топлива 16,82 л/га, при этом чизельный плуг зафиксировал самый низкий расход топлива 8,69 л/га, при той же скорости. Дисковый плуг на первой и второй глубинах также показал самый высокий расход топлива 19,63 и 21,02 л/га, а самый низкий расход топлива был зафиксирован у чизельного плуга на тех же глубинах 8,49 и 8,89 л/га, а в целом было уменьшение расхода топлива с увеличением скорости, и увеличение расхода топлива с увеличением глубины по всем параметрам [96, 150].

Глубина обработки почвы и влажность являются одними из факторов, влияющих на расход топлива почвообрабатывающим оборудованием. Когда влажность почвы увеличивается, количество топлива уменьшается, и причина в том, что энергия, необходимая для разрыхления почвы, уменьшается с увеличением влажности почвы. Хотя расход топлива увеличивается с увеличением глубины обработки почвы, это связано с тем, что увеличение глубины обработки означает перемешивание и перемещение большего количества почвы. Из-за перекрытия между глубиной вспашки, влажностью и типами плугов [96].

При исследовании воздействия плугов (чизельный, лемешный, дисковый) при трех глубинах вспашки 10...15 см, 15...20 см и 25...30 см и трех уровнях влажности почвы 10,71% и 19,55% и 31,47%, результаты показали, что чизельный плуг потреблял меньше топлива, чем лемешный плуг [96].

В исследовании по оценке потребности в топливе для методов обработки почвы на трех типах почв (тяжелая, средняя и легкая), где чизельный плуг показал самый низкий расход топлива по сравнению с дисковым плугом на трех почвах, Норма расхода топлива также различалась от одной почвы к другой: на легких (песчаных) почвах был самый низкий расход топлива и более высокий процент, чем в предыдущем, на средних (суглинистых) почвах, в то время как более высокий процент был зафиксирован на тяжелых (глинистые) почвы. Причина

заключается во многих факторах, которые влияют на расход топлива этих почв, включая форму поля, глубину вспашки, влажность почвы, сцепление почвы, силу сопротивления и буксование [96, 97, 148].

**Буксование** ведущих колес трактора увеличивается за счет увеличения силы сопротивления, когда скорость трактора стабильна, а увеличение буксования требует снижения нагрузки, также глубина обработки почвы является одним из факторов, влияющих на пробуксовку ведущих колес трактора, так как увеличение глубины обработки почвы сопровождается увеличением коэффициента буксование за счет увеличения силы сопротивления [96].

Максимальная тяговая эффективность достигается, когда пробуксовка ведущих колес трактора составляет 10...15%, а тяговая эффективность уменьшается, когда пробуксовка превышает 15% [25].

Сильное уплотнение почвы, особенно глинистой почвы, происходит в результате буксования колес сельскохозяйственного оборудования и его влияния на силу тяги, тогда сельскохозяйственное оборудование должно работать с минимальной пробуксовкой, учитывая тип почвы и ее влажность, чтобы снизить расход топлива и расход ведущих колес [141, 150].

Существует реальная потребность в разумном проценте буксования, поскольку он действует как гаситель отскоков и ударов, возникающих в поле в результате внезапной нагрузки двигателя и прицепной системы, а также взаимосвязи между силой сопротивления и коэффициент буксования до 15% является положительным, а коэффициент буксования ведущих колес изменяется при каждом изменении от скорости трактора вперед, силы тяги, типа почвы, формы задних колес, веса и высоты тягового рычага [77, 96, 155].

Буксование колес трактора является важным показателем, оценивающим экологическое воздействие на почву [46]. Существующие ограничения величины буксования для колесных тракторов 4x2 – 15% и 4x4 – 18% [77], обосновываются на тягово-энергетических показателях энергетического средства, однако при буксовании 6...7% существенно увеличивается количество эрозионно опасных частиц размером менее 0,5 мм [46].

Экспериментальное определение тягово-сцепных свойств трактора достаточно сложная процедура, поэтому разработка методики экспресс-анализа буксования является важной задачей [48].

Коэффициент буксования увеличивается при увеличении передней скорости трактора, и причина в том, что увеличение передней скорости трактора приводит к увеличению сопротивления вращению и, таким образом, увеличивается движущая сила, что увеличивает буксование [96].

Коэффициент буксования варьируется в зависимости от используемого плуга, и каждый плуг имеет тяговое усилие, отличное от другого, и зависит от его размера, эффективной ширины и глубины вспашки. Коэффициент буксования этого плуга зависит от тягового усилия как чем больше эта сила, тем больше коэффициент буксования [46, 48, 77, 96].

Давление воздуха в шинах влияет на площадь контакта шин с почвой, что существенно влияет на силу сцепления. Исследование подтвердило, что снижение давления воздуха как в передних, так и в задних колесах при вспашке со 165 кПа до 76,90 кПа, привело к снижению расхода топлива с 16,37 л/га до 13,38 л/га и снижению буксования с 10,8% до 7,10%, а также вызвало увеличение Производительности с 4,95 га/ч до 5,32 га/ч [165].

Типы почвообрабатывающего оборудования оказывают значительное влияние на **удельное сопротивление**, и этот эффект изменяется в зависимости от формы и поверхности рабочего органа, а также в зависимости от типа почвы и коэффициента трения с почвой, ее влажности и твердости, где удельное сопротивление увеличивается за счет увеличения прочности сопротивление почвы проникновению и за счет увеличения силы сопротивления, необходимой для этого оборудования [21, 96].

Удельное сопротивление также уменьшается при увеличении глубины и ширины обработки почвы, за счет увеличения площади сечения вспаханного слоя почвы [68, 96].

На удельное сопротивление большое влияние оказывают как скорость, так и глубина вспашки; при использовании дискового плуга на глубине 10...15 и 25 см

удельное сопротивление уменьшается с 85,65...53,29 до 45,41 Кн/м<sup>2</sup> соответственно, из-за увеличения площади, разбираемой корпусами плуга, но при увеличении скорости с 0,41 до 0,80 до 1,30 м/с удельное сопротивление увеличилось на 39,68... 62,68... 81,99 Кн/м<sup>2</sup> соответственно, из-за увеличения перемещения почвы и трения друг с другом и с рабочими объектами плуга, что приводит к увеличению требований к тяговому усилию для рыхления почвы. [155, 165].

### 1.5. Задачи исследования

1. Выполнить обзор литературы, опубликованной в нескольких странах Ближнего Востока, в отношении типов почвы и ее характеристик, парка тракторов, всех типов плугов и сельскохозяйственной техники, используемых при производстве сельскохозяйственной продукции;

2. Провести измерение твердости почвы в условиях Сирии и полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с помощью прессиометрических испытаний с использованием твердомеров идентичной конструкции и сопоставить их с предлагаемой шкалой твердости по методике Шарова Н.М.;

3. Провести анализ методов описания взаимосвязи между буксованием колес и тяговым усилием трактора, обосновать методику оценки зависимости в обобщенных координатах для ограниченного объема данных по буксованию при выполнении механизированных работ;

4. Сравнить методику расчета состава машинно-тракторных агрегатов, используемую в Российской Федерации с методикой, рекомендуемой Американским обществом сельскохозяйственных инженеров и биологии (ASABE). Сопоставить результаты расчета по оптимальному агрегатированию тракторов с комплексом машин для возделывания и уборки картофеля в условиях Сирии;

5. Выполнить технико-экономическую оценку предложенных рекомендаций.

## ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТРАКТОРОВ НА ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ СИРИИ

### 2.1. Оценка физико-механических свойств почв

Объективная оценка машин – это важная вещь, которая неотделима от оценки физических и химических свойств почвы. В.П. Горячкин провел много исследований в этой области, изобрел около 30 приборов для тестирования сельскохозяйственной техники и оборудования. В.П. Горячкин также изобрел методы тестирования штампа [30], в частности чтобы определить деформационные характеристики почв и интегрировать этот механизм с устройством для измерения сопротивления почвы проникновению. В дополнение к роли ученого В.В. Медведева, который изучал и определял значения твердости для строительства зданий, плотин и мостов, Н.М. Шаров также заявил, что метрологические требования не соответствуют механическим свойствам почв, и отметил деформацию упругой почвы при введении круглой головки со скоростью не более 0,03...0,05 м/с [12, 55, 90]. А.Г. Левшин также заявил, что возможно использовать твердость почвы в качестве научно-методического критерия, позволяющего проводить сравнение при исследовании органов, работающих в разных климатических зонах, и пояснил, что предлагаемые методы оценки деформируемых свойств почв инвариантны к измерительным приборам [55].

Ученый Шаров Н.М. предположил для оценки твердости использовать начальный участок диаграммы, на котором происходит упругопластическая деформация [90] (рис. 2.1).

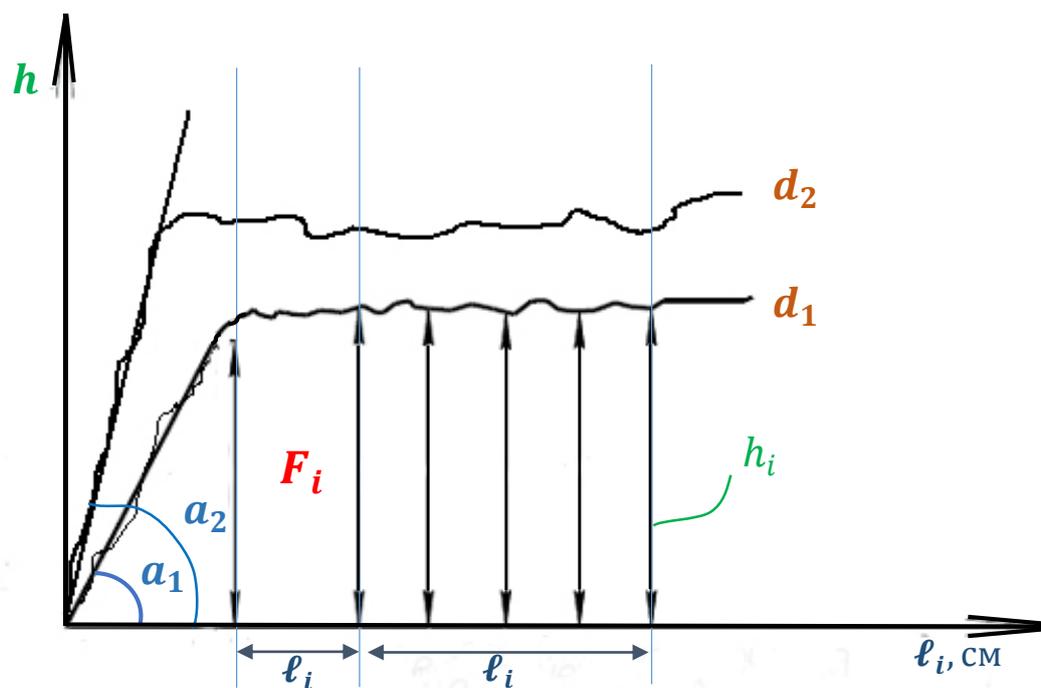


Рисунок 2.1 – Диаграмма деформации почвы по шкале твердости при использовании двух разных диаметров [32, 55]

Значение угла  $a$  увеличивается с увеличением диаметра штампа  $d$  (рис. 2,1), и объяснил, что существует прямая зависимость, связывающая угол  $a$  и диаметр штампа  $d$ , при этом две величины связаны соотношением коэффициент пропорциональности  $\beta$ ,  $\text{H}/\text{cm}^2$ , который показывает следующее математическое соотношение:

$$a = \beta \cdot d, \quad (2.1)$$

Для всех подобных состояний определяется значение произвольного напряжения  $H$ , которое выражает первую стадию погружения круглого конца плунжера в почву и выражается соотношением:

$$H = \frac{R_i}{d_i \cdot h_i}, \quad (2.2)$$

$$H = \frac{\text{tg } \gamma \cdot \mu}{d}, \quad (2.3)$$

где:  $\gamma$  - угол наклона  $\gamma$  линии от горизонта, °;  $\mu$  - жесткость пружины (100 Н/см) [69];  $d$  - диаметр наконечника ( $d=2$ см).

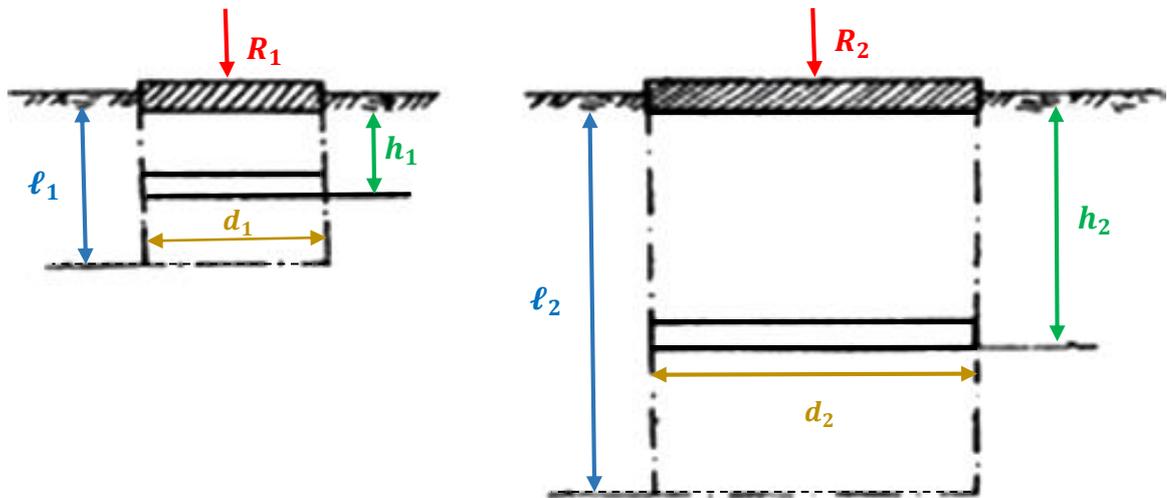


Рисунок 2.2 – Диаграмма деформации почвы по шкале твердости при использовании двух разных диаметров [32, 55]

Отмечено, что значение показателя  $H$  не зависит от диаметра плунжера или глубины погружения, и, следовательно, значение показателя может быть принято в качестве основного показателя механических свойств почвы, и, следовательно, оно показывает взаимодействие плунжера с почвой, поскольку для проведения измерений сопротивления почвы проникновению можно выполнить операцию прижима плунжерам с плоским круглым концом, получить график и измерить угол наклона линии от горизонта  $a$ .

$$H = \frac{tg a}{d_i}, \quad (2.4)$$

Штаерман И.Я. описал, что давление распределяется под основанием штампа с круглым и плоским концом на первой стадии процесса погружения плунжера в почву, и что возникающая в почве деформация носит линейный характер [90].

$$\sigma_z = \frac{R}{2\pi \cdot \sqrt{a^2 - r^2}} \quad \text{при } 0 \leq r \leq a, \quad (2.5)$$

где:  $a$  - расстояние между точкой, в которой рассчитывается давление, приложенное к поршню, и центром;  $r$  - радиус плоского круглого конца поршня, проникающего в почву;  $R$  - сила или давление, приложенное к плунжеру.

При анализе первой стадии процесса деформации ученый опирался на теорию контактных давлений, имея целью раскрыть физическую сущность показателя.

Отмечается, что когда радиус плунжера равен расстоянию между точкой давления и центром, то есть, когда  $r = a$ , это вызывает образование бесчисленных давлений, также в ряде случаев являющихся следствием ошибок в технологии изготовления или в результате коррозии на конце поршня величина давления  $\sigma_z$  принимает ограниченное значение, не затрагивая другие участки, и это показано на рисунке 2.3 [90].

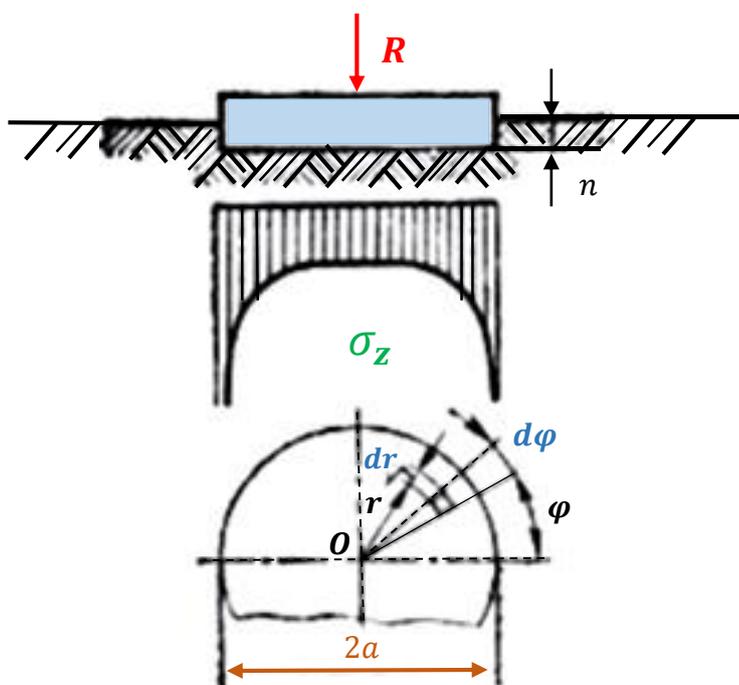


Рисунок 2.3 – Распределение давления на плоском плунжере с круглым концом

Связь между действием силы давления  $dR$  и величиной перемещения плунжера  $dh$  описывается в виде дифференциального уравнения (2.4), где можно сказать, что величина перемещения одинакова для всей поверхности [90].

$$dh_0 = \frac{(1 - \mu^2) \cdot dR}{\pi \cdot E \cdot r}, \quad (2.6)$$

$$h_0 = \frac{R(1 - \mu^2)}{2 \cdot a \cdot E}. \quad (2.7)$$

где:  $dh_0$  – величина смещения элементарной площадки плунжера;  $dR$  – Величина смещения приложенной силы или давления;  $E$  – коэффициент деформации;  $\mu$  – константа Пуассона – упругая постоянная, зависящая от природы вещества, а не от размера тела;  $r$  – расстояние между точкой приложения силы или давления и точкой 0.

На основе соотношения (2.2) и соотношения (2.6) получается математическое уравнение (2.7), на которое можно положиться как научную основу для измерения сопротивления почвы проникновению или твердости.

$$\frac{E}{1 - \mu^2} = \frac{R}{2 \cdot a \cdot h} = H \quad (2.8)$$

При применении этого метода относительные значения ошибок при использовании этого метода не превышали 3%, что считается приемлемым процентом по сравнению с ГОСТ 20915, который составил 5%, помимо значений коэффициента вариации, которые колебались в пределах 8,7...14,2%, что является низким процентом по сравнению с использованием приборами, которая достигала 21...54%.

В России в целом и на кафедре эксплуатации тракторов Института механики и энергетики В.П. Горячкина, для измерения твердости используется прибор Spot On® с конической головкой диаметром 1,28 см, в то время как в Сирии, на кафедре сельскохозяйственной техники сельскохозяйственного факультета твердость измеряется другим пенетрометрическим прибором, аналогичным по работе имеющемуся в России, с разницей в диаметре конуса, 1,905, что составляет Тип DICKEY-john® [119], который будет измерен во второй зоне стабильности, третий - из Сирии и сравнивается с измерениями в России для того же типа почвы.

**Расчет сопротивления почвы проникновению** коническим наконечником в соответствии со следующим математическим уравнением:

$$C_n = \frac{E}{C_A}, \quad (2.9)$$

где:  $C_n$  – сопротивление проникновению, кН/м<sup>2</sup>;  $E$  – усилие отрыва, кН;  $C_A$  – площадь основания конуса, м<sup>2</sup>.

$$E = P \cdot A, \quad (2.10)$$

где:  $E$  – Сила проникновения в почву, кН;  $P$  – давление внутри цилиндра, кН/м<sup>2</sup>;  $A$  – площадь поршня, м<sup>2</sup>.

Провести сравнение приборов-пенетров, у которых сила давления  $p$  одинакова с разницей в диаметре конца  $d$ .

$$k_1 = \frac{p_1}{d_1} \leftrightarrow k_2 = \frac{p_2}{d_2} \quad (2.11)$$

У нас диаметр деформаторов разный, но, в принципе, прибор одинаковый и для сравнения будет рассматриваться удельное сопротивление проникновению единиц диаметра. Таким образом, можно получить корректирующий коэффициент, позволяющий сравнивать несколько устройств разного диаметра.

## 2.2. Методика оценки тягово-сцепных свойств трактора

Буксование трактора является одним из важных эксплуатационных показателей тяговых характеристик, которая представлена относительным значением (%) потери скорости движения в месте контакта колес с поверхностью почвы. Было отмечено, что при увеличении буксования расходуется больше энергии трактора за счет воздействия на тяговое усилие, и это также приводит к разрушению структуры почвы за счет увеличения частиц, опасных эрозии, и возникновению деформации для структурирования почвы в вертикальном направлении, наблюдалось увеличение количества опасных эрозии частиц почвы размером в пределах 0,5 мм при коэффициенте буксования 6...7%, что показывает влияние буксования на экологические параметры почвы (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Экологические параметры почвы [123]

На трактор действует сила сопротивления машины, которая вызывает случайную вибрационную реакцию в зоне контакта ведущих колес с землей, которая распределяется сложным образом, что в свою очередь приводит к перераспределению нагрузки вдоль колес и осей трактора, что напрямую влияет на давление на почву.

Измерения тяговых испытаний проводятся на различных фоновых условиях, будь то фон для подготовки к посеву, фон для асфальтированных дорог или фон для стерн. Величина коэффициента проскальзывания варьируется в зависимости от условий работы, тягового усилия трактора и силы сопротивления машины, и значение этого коэффициента обычно определяется экспериментально с помощью тяговых испытаний. Фактические фоны, используемые для расчета и определения фактической работы агрегатов машин и тракторов, существенно отличаются от типовых фонов по влажности, полевым условиям, характеру и типу растительности.

Процесс определения и оценки тяговых характеристик при выполнении любого технологического процесса считается трудным и сложным процессом,

который требует много времени. Поэтому разработка технологии, упрощающей эту сложность, является реальной необходимостью.

На трактор действует сила сопротивления машины, которая вызывает случайную вибрационную реакцию в зоне контакта ведущих колес с землей, которая распределяется сложным образом, что в свою очередь приводит к перераспределению нагрузки вдоль колес и осей трактора, что напрямую влияет на давление на почву.

Расчет эксплуатационных показателей трактора, в том числе буксования  $Sl$ , значений расхода топлива  $V_{co}$  и сопротивления плуга  $F_t$ , а также расчета мощности, необходимой для выполнения технологической операции  $P_{ft}$ , и коэффициента использования тягового усилия трактора  $\varphi$ , по математическим формулам, приведенным в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – эксплуатационные показатели трактора [54, 160]

Показатели	Математическая формула	
$Sl, \%$	$Sl = \frac{V_t - V_p}{V_t} \cdot 100$	(2.12)
$V_{co}, \text{л/га}$	$V_{co} = \frac{V \cdot 10000}{St \cdot Bp \cdot 1000}$	(2.13)
$F_t, \text{кН}$	$F_t = P - R$	(2.14)
$P_{ft}, \text{л.с.}$	$P_{ft} = \frac{F_t \cdot V_p}{270}$	(2.15)
$\varphi$	$\varphi = \frac{F_t}{G \cdot \lambda}$	(2.16)

Буксование в зависимости от тягового усилия трактора в эксплуатационных и рабочих условиях [58, 54]:

$$\frac{d\delta}{d\varphi} = b\delta, \delta = ae^{b(\varphi - \varphi_0)}, \quad (2.17)$$

где:  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты;  $\varphi_0 = 0$ .

Математическое уравнение (2.17) описывает связь между буксованием трактора  $\delta$  и коэффициентом использования веса трактора  $\varphi$ , который представлен тяговым усилием.

### 2.3. Оптимизация состава машинно-тракторных агрегатов при возделывании картофеля

Оптимальная эксплуатация сельскохозяйственного трактора представлена повышением критерии эффективности, таких как оптимальное использование мощности трактора, рабочей скорости, ширины захвата и других, способствующих оптимальному использованию машины при реализации технологического процесса в поле с наименьшими затратами материальных ресурсов и труда.

Текущая методология расчета и определения теоретических тяговых характеристик была разработана Е.Д. Львовым, в дополнение к роли В.Н. Болтинского в разработке теории эксплуатации МТА, в дополнение к большой роли ученого В.П. Горячкина в разработке теорий для расчета оптимальной работы машины и разработке научных теорий для его разработки и рационального проектирования [93]. После этого многие ученые представили и продолжили разрабатывать теории оптимального управления, такие как Свирцевский С.Б., Зангиев А. А., Дидманидзе О. Н., Скороходов А. Н., Левшин А.Г., а также Агеев Л.Е., Шаров Н.М., Пильщиков Л.М., Мурашев А.Д., Шатуновский А.Г., Лавров А.В., Альт В.В., Перерва А.П., Мининзон В.И., Табашников А.Т., Черепанов С.Е., Хабатов Р.Ш., Еникеев В.Г., Михлин Р.М., Журавлев Г.Е., Черноиванов В.И., Тавасиев Р.М., Докин Б.Д., Лялякин В.П., Киртбая Ю.К., Жалнин Э.В., Артемьев Ю.Г., Шевцов В.Г., Елкин О.В., Барам Г.Е., Финн Э.А. [12, 16, 29, 30, 36, 35, 38, 39, 44, 50, 65, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 84, 85, 88, 89, 91].

Мощность двигателя трактора считается одним из важнейших экономических показателей оптимальной эксплуатации сельскохозяйственного трактора, который представляет собой эффективную мощность двигателя  $N_e$ . Учитывая, что в общей мощности двигателя происходит много потерь, которые находятся в виде тепловых или кинетических потерь, к которым относятся потери, возникающие в результате трансмиссионных устройств  $N_{тр}$ , кроме

потерь, возникающих в результате пробуксовки ведущих колес трактора  $N_{\delta}$  и качения  $N_k$ , имеются также потери, возникающие в результате преодоления подъема  $N_i$ , мы имеем также потери, возникающие в результате изменения скоростей движения рабочих органов, будь то в тракторе или машине  $N_j$ , также механические потери  $N_{пр}$  на передачу движения на ВОМ и механическое вращение  $N_{ВОМ}$  движения рабочих органов через ВОМ, которая представлена мощностью, используемой для преодоления сопротивления машины  $N_{кр}$ . Это показано на рисунке 2.5, где поясняется баланс мощности трактора., которое представлено следующим уравнением:

$$N_{кр} = N_e - (N_{тр} + N_{\delta} + N_k \pm N_i \pm N_j + N_{пр} + N_{ВОМ}), \quad (2.18)$$

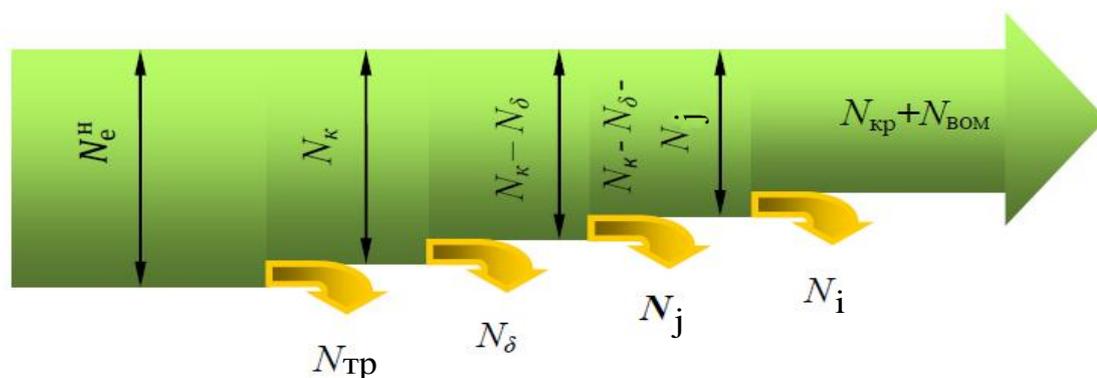


Рисунок 2.5 – баланс мощности трактора [42]

Мы также отмечаем из анализа баланса мощности (рис. 2.6), что с увеличением рабочей скорости происходит изменение значений потерь мощности, поскольку значения потерь мощности достигли максимальных значений из-за высокого тягового усилия, что, в свою очередь, вызывает увеличение скольжения, поэтому было обнаружено, что существует идеальная скорость, при которой значения тягового усилия являются максимально возможными при минимальных потерях мощности [35].

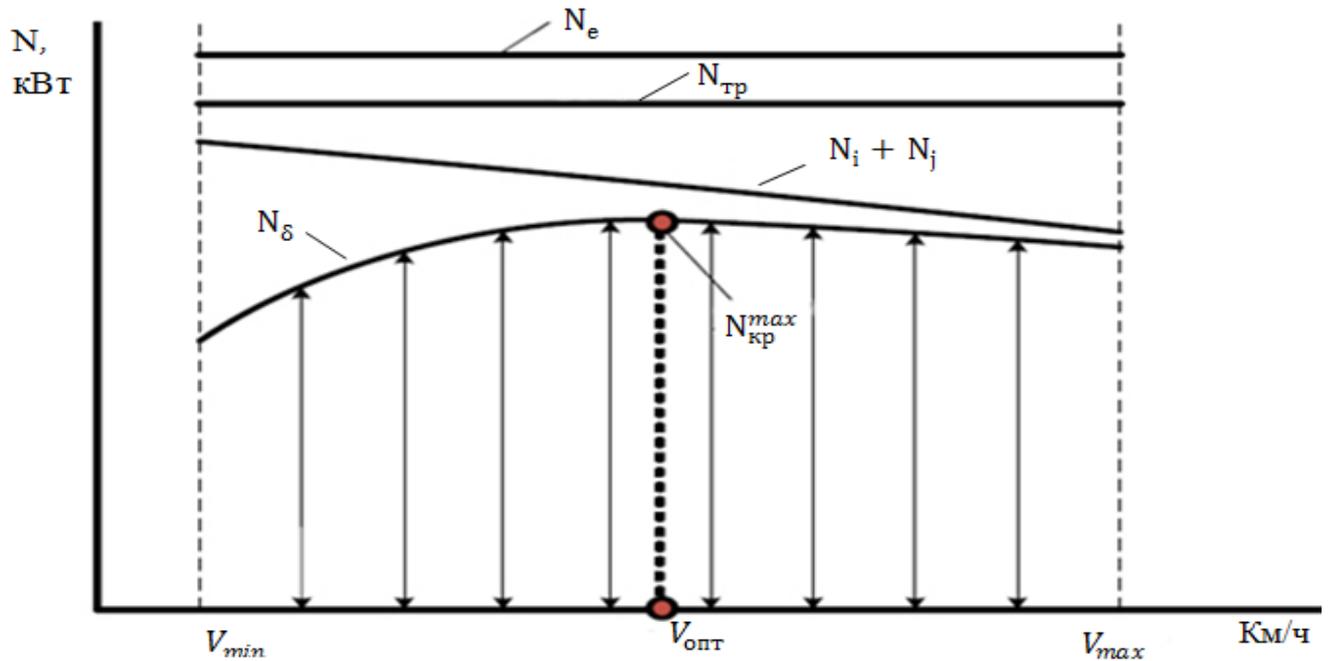


Рисунок 2.6 – График баланса мощности трактора [42]

Можно уточнить экономические показатели, оценивающие характеристики трактора, с целью определения оптимальной эксплуатации трактора, что представлено рисунком 2.7, включающим мощность, от которой машина может получить выгоду,  $N_{кр}$ , которая возрастает при определенной скорости с увеличением тягового усилия  $P_{кр}$  или увеличением нагрузки до определенной степени, а при достижении мощности наибольшего значения  $N_{кр}^{max}$  начинает уменьшаться с увеличением тягового усилия. Буксование  $\delta$  также увеличивается с увеличением тягового усилия, так как было замечено, что самые высокие значения буксования были на малых скоростях. Также мы замечаем, что с увеличением скорости работы  $V$ , буксование уменьшается.

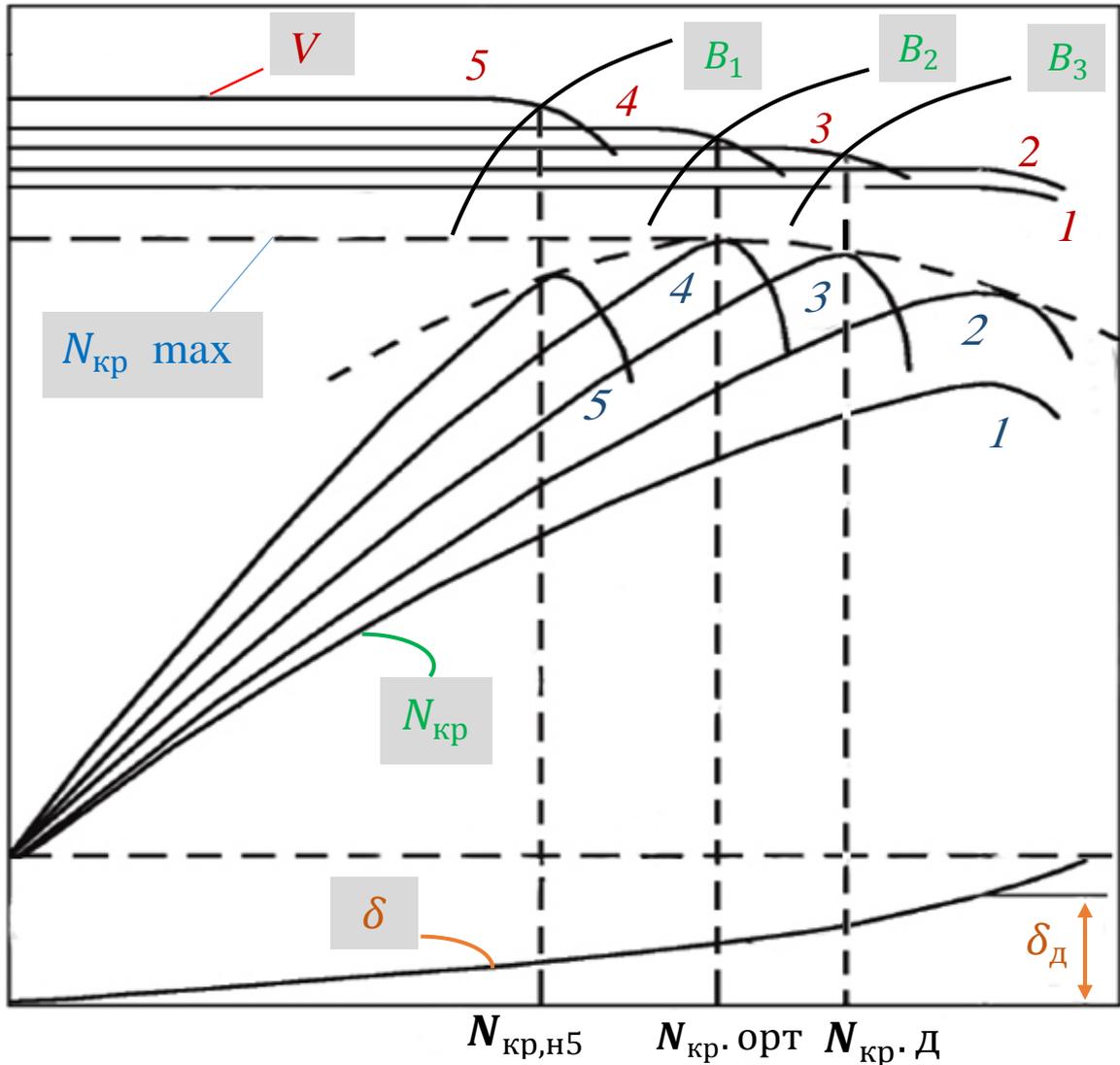


Рисунок 2.7 – Общий вид тяговой характеристики трактора [35]

Лучшим режимом работы двигателя трактора является режим, при котором достигается максимальный коэффициент КБД, который непосредственно сравнивается с допустимым буксованием  $\delta_d$ . Если значения буксования  $\delta$  превысят допустимое скольжение  $\delta_d$ , произойдет увеличение догрузки двигателя, а потому добавляем балласт. На рисунке 2.7 показаны оптимальные режимы работы в зависимости от каждой скорости передачи  $V$  и соответствующей ширины захвата  $B$  для лучшей производительности.

Количество энергии, которое может выделить трактор, называется **энергонасыщенностью трактора  $\mathcal{E}$** , кВт/т [35], которую можно рассчитать по следующему соотношению:

$$\varepsilon = \frac{N_H}{10^3 \cdot m}, \quad (2.19)$$

где:  $m$  – эксплуатационная масса трактора исчисляется в килограммах, куда входит масса нетто трактора и масса балласта в случае добавления балласта;  $N_H$  – номинальная мощность, кВт.

**Оптимальной силы тяги трактора  $P_{KPO}$  [37]:**

$$P_{kpo} = 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot \varphi_{KPO}, \quad (2.20)$$

где:  $\varphi_{KPO}$  – коэффициент использования массы сельскохозяйственного трактора по допустимым значениям скольжения;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>. [35, 37].

Будет определен диапазон мощности трактора, который позволяет экономить ресурсы или затраты.

Практические результаты показали, что различные производственные условия (погодные условия, тип почвы, количество машин, количество механизаторов, длина диапазона) соответствуют оптимальной мощности трактора  $N_{H0}$ , где ресурсы экономятся за счет низкого индекса затрат  $C_{\Pi}$ , руб./га, принимая минимальное значение этого показателя  $C_{\Pi} = C_{\Pi M}$

Иногда оптимальное значение мощности трактора  $N_{H0}$ , соответствующее индексу низкой стоимости, может не соответствовать местным условиям. Здесь может быть принято промежуточное значение  $N_{HK}$ , так как в случае плохой погоды для выполнения работ, соизмеримых с требованиями экономии ресурсов, могут использоваться агрегаты с более высокой производительностью [35, 58].

На графике 2.8 показано среднее значение, где наблюдается, что при приемлемом увеличении  $\Delta C_{\Pi}$  минимальных сниженных затрат  $C_{\Pi M}$  мы получаем мощность  $N_{HK}$ , превышающую идеальную мощность трактора  $N_{H0}$  а также взамен получаем гораздо более высокую производительность  $\Delta W$ , чем производительность в идеальном решении [36, 35].

Увеличение минимальных затрат составило 5%, а взамен мы получили увеличение производительности на 35...40% [35, 58].

$$\Delta C_{\Pi} = 0,05 C_{\Pi\text{М}} , C_{\Pi} = f(N_H), \quad (2.21)$$

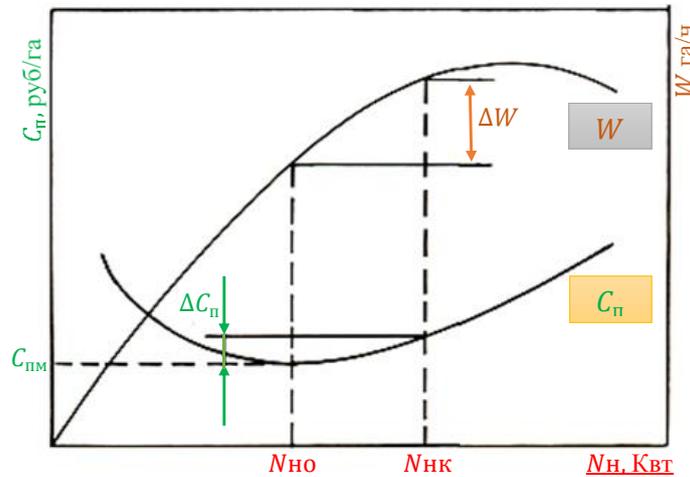


Рисунок 2.8 – соотношение минимальных затрат  $C_n$  производительности  $W$  зависимости от мощности  $N_H$  [77]

Эти ограничения обеспечивают высокую производительность с учетом экономии ресурсов, опираясь на основных классов длины гона  $L$  и принимая во внимание нормировании полевых механизированных работ [36, 47].

Таблица 2.2 – Рекомендуемые диапазоны ресурсосберегающих потребных мощностей двигателей тракторов для выполнения заданных операций [35]

Вид операции	Класс длины гона, м			
	300...400	400...600	600...1000	1000 и более
	Диапазоны мощностей, кВт			
Вспашка легких почв	61...105	65...114	73...132	95...178
Вспашка средних почв	70...124	75...135	84...156	109...213
Вспашка тяжелых почв	76...134	80...145	90...168	117...230
Лушение стерни и дискование	61...110	74...138	83...160	106...217
Боронование средними зубowymi боронами	26...41	32...52	37...61	43...75
Сплошная культивация	55...95	67...119	84...155	99...187
Прикатывание кольчато-шпоровыми катками	30...51	53...62	40...74	47...90
Посев зерновых (узкорядный)	54...87	59...94	62...101	69...114
Культивация междурядная	50...80	56...91	60...99	71...121

Как отмечено в таблице 2.2, в которой представлен диапазон ресурсосберегающих потребных мощностей тракторного двигателя при большой длине гона в соответствии с российскими правилами, который по большей части не соответствует тому, что доступно в Сирии, где должны быть даны рекомендации по диапазону мощности в соответствии с наиболее распространенными тракторами в Сирии в зависимости от длины гона менее 150, 200, 300 мм.

Ресурсы и энергия экономятся во время сельскохозяйственных операций за счет правильного выбора энергосберегающего трактора и определения длины соответствующего длины гона в зависимости от площади участка, наличия достаточного количества механизаторов и соответствующих погодных условий.

Что касается длины гона, то в Сирии нет научной основы для разделения земли на гоне, из-за небольшого размера сельскохозяйственных угодий и их разбросанности, где используется одно измерение, а именно дёнём (0,1 га), так что большие площади преобладают в руках немногих жителей и правительства, например, в случае посевов пшеницы и ячменя операции по вспашке проводятся вдоль земельного участка и полагаются в первую очередь на опыт тракториста, в то время как в случае выращивания картофеля, происходит разделение земельного участка на секторы площадью от 175 до 350 квадратных метров в зависимости от степени наклона [36, 76].

Тракторы средней и малой мощности доступны в результате небольших размеров сельскохозяйственных угодий, а степень разделения возрастает в результате распределения земли между будущими наследниками.

Объем экономии ресурсов для завершения сельскохозяйственной операции определяется с учетом особых условий (сложные погодные условия, сильно уплотненные почвы) так, чтобы трактор был достаточно загружен, что определяется после расчета рабочей скорости и рабочей ширины агрегата с учетом их влияния на тяговое сопротивление машин (рис. 2.9) [36, 76].

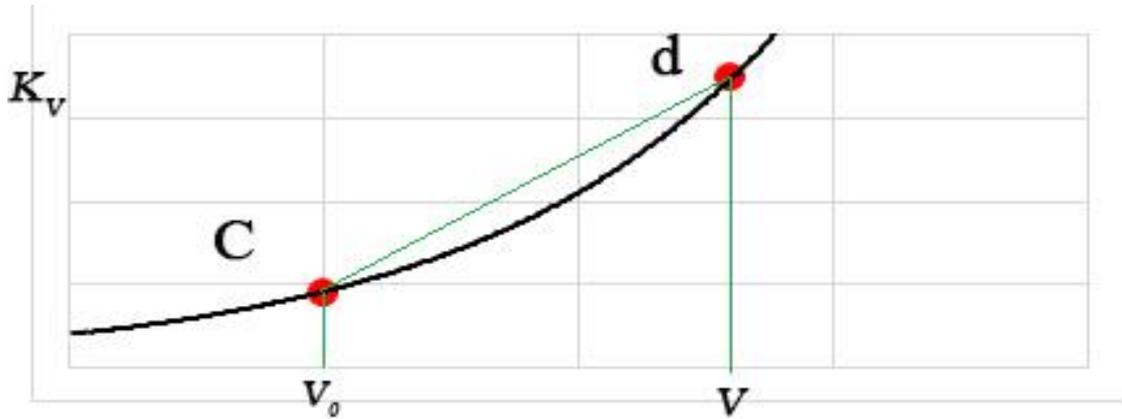


Рисунок 2.9 – Зависимость удельного тягового сопротивления от скорости относительно работы машин [76]

При этом удельное тяговое сопротивление машины в функции скорости имеет вид:  $K_v = f(V)$ . Они взяты в виде прямой линии  $Cd$  для точности оперативных расчетов.

Связи с отсутствием в Сирии справочных материалов по норму выработки мы использовали эти показатели.

Расчет сопротивления сельскохозяйственной машины  $R_M$  и сопротивления агрегата  $R_\alpha$

$$K_v = a_M \cdot K_0 \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_0)] - \text{для плугов различных типов}, \quad (2.22)$$

$$K_v = K \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_0)] - \text{для другой с/х машины} \quad (2.23)$$

где:  $V$  – скорость сельскохозяйственной машины с учетом оптимальной скорости  $V_0 \approx 1,4$  м/с;  $a_M$  – применимая глубина обработки почвы; рекомендуется глубина вспашки для тяжелых и средних почв 0,20 м, для легких почв 0,23 м [58];  $K_0$  – Удельное сопротивление плуга при вспашке, проводимой с учетом рабочей скорости  $V$ , равно оптимальной скорости  $V_0$  (для тяжелых, средних и легких почв  $K_0 = 63...52...42$  кН/м<sup>2</sup>), кН/м<sup>2</sup>;  $\Delta K$  – относительное увеличение удельного сопротивления тяге при увеличении скорости на 1 м/с, При  $V \leq V_0$  принимаем значение  $\Delta K = 0$ .

Необходимо также учитывать влияние изменений рельефа местности на удельное сопротивление [35]:

$$K_{V\alpha} = K_v + 10^{-3} \cdot m_{MY} \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (2.24)$$

где:  $m_{МУ}$  – средний удельный вес плуга для одного типа плугов;  $\alpha$  – угол наклона от горизонта, град; предполагая, что поле ровное, что представляет собой большую часть сельскохозяйственных угодий, разбросанных по Сирии, и принимая средние скорости, мы можем считать  $\alpha = 0$ , и, таким образом, мы имеем  $K_V = K_{V\alpha}$  [35].

Общее тяговое сопротивление прицепной сельскохозяйственной техники  $R_\alpha$  рассчитывают также с учетом тягового сопротивления звена между прицепной машиной и трактором (сцепки) [35]:

$$R_\alpha = K_\alpha \cdot \beta_M, \quad (2.25)$$

где:  $\beta_M$  – ширина захвата прицепной сельскохозяйственной машины;  $K_\alpha$  – удельное сопротивление лобовому сопротивлению, включая сопротивление прицепа и сцепного устройства, кН/м.

Здесь  $K_\alpha$  определяется и рассчитывается по следующему уравнению:

$$K_\alpha = K_{V\alpha} + 10^{-3} \cdot m_{СУ} \cdot g \cdot (f_c \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (2.26)$$

где:  $f_c$  – значение коэффициента сопротивления качению сцепного устройства, которое принимается здесь как среднее значение и равно 0,16;  $m_{СУ}$  – среднее значение удельного веса сцепки или муфты, кг/м.

Среднее значение удельного веса сцепки или сцепки при работе трактора с одной машиной равно нулю.

Расчет и определение соответствующей скорости работы для сельскохозяйственного процесса в значительной степени способствуют повышению производительности и экономии источников энергии.

Оптимальная и подходящая скорость сельскохозяйственной операции рассчитывается с использованием тракторного агрегата, экономя энергию и ресурсы.

Рабочие скорости для работы современной сельскохозяйственной техники определяются в диапазоне [36, 76]:

$$3.3 \geq V \geq 1.4 \text{ (м/с);}$$

$$12 \geq V \geq 5 \text{ (км/ч).}$$

**Расчет оптимальной теоретической скорости**  $V_{T0}$  при работе в идеальных условиях в зависимости от оптимального тягового усилия трактора, рассчитываемого по следующему математическому соотношению:

$$V_{T0} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot \eta_{TP}}{P_{кpo} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot f}, \quad (2.27)$$

где:  $m$  – эксплуатационная масса трактора, кг;  $\varepsilon_N$  – коэффициент нагрузки двигателя трактора и его значение равны 0,90;  $\eta_{TP}$  – КПД, с учетом потерь мощности в передаточных устройствах между рабочими частями двигателя в трансмиссии, равный 0,88;  $f$  – Коэффициент сопротивления качению сцепки и его значение составляет примерно 0,09.

**Рассчитать оптимальную скорость работы процесса**  $V_0$  с учетом влияющих факторов и рассчитать по следующему математическому соотношению, м/с [35, 37]:

$$V_0 = V_{T0} \cdot (1 - \delta_d \cdot \gamma), \quad (2.28)$$

**Оптимальная ширина захвата агрегата**  $B_{P0}$  при выполнении сельскохозяйственной операции рассчитывается по следующему математическому соотношению, м:

$$B_{P0} = \frac{P_{KP}}{K_a}, \quad (2.29)$$

**Расчет количества корпусов плугов**  $n_{КОРП}$ , на которых может работать трактор, исходя из максимальной ширины захвата, рассчитывается по следующему уравнению:

$$n_{КОРП} = \frac{B_{P0}}{B_{КОРП}} \quad (2.30)$$

где:  $B_{корп}$  – ширина захвата корпус, м;  $B_{P0}$  – оптимальная ширина захвата агрегата, м.

**Расчет фактической нагрузки трактора**  $\varepsilon_{кpo}$  основан на оптимальном значении тягового усилия, при этом отметим, что это значение лучше всего находится в диапазоне от 0,85 до 1, что рассчитывается по следующему математическому уравнению:

$$\varepsilon_{\text{кро}} = \frac{R_{\alpha\phi} + 10^{-3} \cdot m \cdot g \cdot \sin \alpha}{P_{\text{кро}}}, \quad (2.31)$$

**Расчет мощности**, необходимой для работы агрегата, затрачиваемого на движение агрегатов, работающих в картофелесажалках, копателях и т.п., отбирающих мощность от вала отбора мощности (ВОМ), рассчитывается по следующему математическому уравнению [35, 37]:

$$N_B = \alpha_N \cdot q = \alpha_N \cdot \beta_M \cdot V \cdot u, \quad (2.32)$$

где:  $\alpha_N$  – удельная мощность на единицу подачи для посадки картофеля она равна 2,25 кВт/(кг/с), а в случае уборки картофеля с помощью комбайнов или картофелекопалок равна 4,00 кВт/(кг/с);  $u$  – он представляет собой удельного количества технологического материала, например посаженных или собранных клубней, на единицу площади., кг/м<sup>2</sup>;  $q$  – секундная подача, кг/с;  $\beta_M$  – ширина захвата агрегата, м [35, 37].

Удельное сопротивление на валу отбора мощности также рассчитывается по следующему математическому уравнению:

$$K_B = \frac{\alpha_N \cdot u \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot (1 - \delta_B)}{\eta_B} \quad (2.33)$$

где:  $\eta_{\text{ТР}}$  – значение тягового КПД трактора, которое берется приблизительно (0,88), представляет собой это значение в рабочем режиме, когда трактор движется по полю во время выполнения технологических работ (рабочего хода); значение  $\eta_B$  равно (0,95) которое будет использоваться в математических расчетах;  $\delta_B = 0,8 \cdot \delta_d$  [35, 36, 37].

**Расчет полной мощности**  $N_M$ , которая представляет собой сумму как мощности, потребляемой на тягу машины  $N_T$ , так и мощности, необходимой для вращения рабочих частей машины  $N_B$ , осуществляется посредством следующего математического соотношения:

$$N_M = N_T + N_B = \frac{R_{\alpha} \cdot V}{\eta_T} + \frac{N_B}{\eta_B} = B_M \cdot V \cdot \left[ \frac{K_{\alpha}}{\eta_T} + \frac{\alpha_N \cdot u}{\eta_B} \right] \quad (2.34)$$

где:  $N_T$  – величина мощности, затрачиваемой на тяговое устройство, кВт;  $N_B$  – величина мощности, затрачиваемой на вал отбора мощности и используемой при

перемещении рабочих частей машины, кВт. Тяговый КПД трактора, принятый за среднее значение, для фона подготовки поля к посадки равен 0,70, а для фона стерня равен 0,60.

**Расчет значения энергопотребления  $E_M$** , затраченного агрегатом на завершение единичной площади, по следующему математическому уравнению, кДж/м<sup>2</sup>:

$$E_M = \frac{N_M}{B_M \cdot V} = \frac{K_\alpha}{\eta_T} + \frac{\alpha_N \cdot u}{\eta_B} \quad (2.35)$$

**Расчет производительности  $W$**  работы агрегата в поле, состоящего из плуга и трактора, осуществляется по следующему математическому уравнению, га/ч [35, 37] :

$$W = 0.36 \cdot K_{OB} \cdot \Pi \cdot k_{CM} = 0.36 \cdot K_{OB} \quad (2.36)$$

где:  $V$  – рабочая скорость, м/с;  $k_{CM}$  – коэффициент использования времени смены в типовых условиях;  $K_{OB}$  – Значение обобщенного поправочного коэффициента в зависимости от условий работы в полевых условиях, который будет определяться в зависимости от условий работы в Сирии;  $B$  – рабочая ширина захвата.

**Расчет производительности агрегата в поле  $W_u$** , состоящего из сельскохозяйственного трактора, картофелесажалки и картофелекопалки, осуществляется по следующему уравнению, т/ч:

$$W_u = 0.36 \cdot K_{OB} \cdot \Pi_u \cdot k_{CM} = 0.36 \cdot K_{OB}; \quad (2.37)$$

$$\Pi_u = B \cdot V \cdot u. \quad (2.38)$$

Производительность агрегата в Сирии определялась также исходя из площади малых полей и коэффициента использования сменного времени.

**Чистое рабочее время из баланса времени смены определяется [77]:**

$$T_{CM} = T_o + T_{ХПР} + T_{Тех.об} + T_{Тех.от} + T_{ОГД} + T_{ЧЕЛ-Ф} + T_{РЕГ} + T_{ЗАП} + T_{КОН} + T_{ПЕР} + T_{заб-р}. \quad (2.39)$$

$$T_o = T_{CM} - T_{ХПР} - T_{Тех.об} - T_{Тех.от} - T_{ОГД} - T_{ЧЕЛ-Ф} - T_{РЕГ} - T_{ЗАП} - T_{КОН} - T_{ПЕР} - T_{заб-р}. \quad (2.40)$$

где:  $T_{CM}$  – время смены,  $T_o$  – чистое рабочее время смены, ч;  $T_{хпр}$  – затраты времени на повороты агрегата, ч;  $T_{Тех.об}$  – затраты времени на технологическое обслуживание агрегата (принимают  $T_{Тех.об} = 0$ , для плуга), ч;  $T_{Тех.от}$  – затраты

времени на технологический отказ, ч;  $T_{ОТД}$  – затраты времени на физиологические нужды и отдых, ч;  $T_{ЧЕЛ-Ф}$  – затраты времени на человеческий фактор;  $T_{РЕГ}$  – затраты времени на регулировки, ч;  $T_{ЗАП}$  – затраты времени на заправки, ч;  $T_{КОН}$  – механизатор на проверку качества, ч;  $T_{ПЕР}$  – затраты времени на переезды агрегата, ч;  $T_{заб-р}$  – затраты времени на забивание рабочих органов, ч.

**Время на холостые повороты**, в течении смены найдем по формуле [77]

$$T_{ХПР} = T_{прох} \cdot n_{прох1} \text{ ,} \quad (2.41)$$

где:  $T_x$  – затраты времени на совершение агрегатом одного поворота, ч;  $n_{прох1}$  – количества холостых поворотов.

**Количество проходов,  $n_{прох}$**  [77]:

$$n_{прох} = \frac{B_y}{B_p} \text{ ,} \quad (2.42)$$

где:  $n_{прох}$  – количество проходов;  $B_y$  – ширина поля, м;  $B_p$  – ширина захвата, м.

**Коэффициент использования времени смены,  $k_{см}$**  по формуле [77]:

$$k_{см} = \frac{T_0}{T_{см}} \text{ ,} \quad (2.43)$$

где:  $T_0$  – чистое рабочее время смены;  $T_{см}$  – время смены, ч.

**Производительность  $W$ , га/час** [77, 110] найдем по формуле:

$$W_0 = 0.1 \cdot V_p \cdot B_p \text{ ,} \quad (2.44)$$

$$W_{см} = W_0 \cdot k_{см} \text{ ,} \quad (2.45)$$

где:  $W_0$  – чистая производительность, га/час;  $W_{см}$  – сменная производительность (га/час);  $V_p$  – скорость (км/ч).

Кроме того, производительность агрегата  $W_{uF}$ , картофелесажалки, картофелекопалки или картофелеуборочного комбайна рассчитывается в зависимости от единицы обрабатываемой площади в час, согласно следующему математическому соотношению, га/ч:

$$W_{uF} = W_u / u \text{ ,} \quad (2.46)$$

**Расчет оптимального энергосбережения рабочего агрегата  $E_p$** , по минимальному удельному энергопотреблению за период работы агрегата в полевых условиях по следующему математическому соотношению:

$$E_p = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B \cdot V} \rightarrow \min \quad (2.47)$$

где:  $N_H$  – номинальная мощность трактор, кДж/м<sup>2</sup>;  $N_H$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $B$  – ширина захвата агрегата, м;  $\varepsilon_N$  – коэффициент загрузки двигателя;  $V$  – скорость рабочего агрегата при выполнении рабочего хода, м/с;  $B$  – ширина захвата агрегата.

**Расчет расхода топлива агрегата  $\theta$**  при осуществлении сельскохозяйственного процесса, со следующим математическим уравнением:

$$\theta = \frac{G_{TP}}{W} \cdot V_\theta = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot g_e \cdot V_\theta}{10^3 \cdot W} \quad (2.48)$$

где:  $\varepsilon_N$  – значение коэффициента загрузки двигателя трактора при сельскохозяйственной работе, а его значение составляет 0,9 [35];  $g_e$  – значение удельного расхода топлива двигателя трактора равно в среднем 256 г/кВт · ч.

Что касается расчета расхода топлива картофелесажалок, картофелекопалок и картофелеуборочных комбайнов, то он рассчитывается с использованием следующих двух математических соотношений, где первое соотношение представляет расход топлива  $\theta_u$  в кг/т, а второе соотношение представляет расход топлива  $\theta_{uF}$  в кг/га [35, 36, 37]:

$$\theta_u = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot g_e \cdot V_\theta}{10^3 \cdot W_u} \quad (2.49)$$

$$\theta_{uF} = \theta_u \cdot u, \quad (2.50)$$

**Обработанная площадь поля в сутки  $F$**  для осуществления технологического процесса, со следующим математическим уравнением [77]:

$$F = n \cdot D \cdot W \cdot T_{cm}, \quad (2.51)$$

где:  $n$  – количество тракторов, шт.;  $T_{cm}$  – коэффициент использования времени смены в типовых условиях (в большинстве стран Ближнего Востока продолжительность рабочей смены составляет 8 часов);  $D$  – количество дней

выполнения сельскохозяйственной операции;  $W$  – производительность машины, га/час.

#### **2.4. Оптимизация состава машинно-тракторных агрегатов при возделывании картофеля по методике ASABE (Американское общество инженеров сельского хозяйства и биологии)**

Чтобы оценить полученные показания, мы были сопоставлены со стандартами Американского общества инженеров сельского хозяйства (ASABE Standard) для определения оптимальных значений для эксплуатации сельскохозяйственного трактора, для оценки тягового усилия, необходимого для сельскохозяйственной техники, было принято в качестве следует:

***Теоретическая производительность T.F.C (га/час) [162, 166]:***

$$T.F.C = 0,1 \cdot V_p \cdot W, \quad (2.52)$$

где:  $V_p$  – скорость рабочего агрегата (км/час);  $W$  – ширина захвата (м).

***Фактическая производительность E.F.C (га/час):***

$$E.F.C = 0,1 \cdot V_p \cdot W \cdot E, \quad (2.53)$$

где:  $E$  – эффективность работы в полевых условиях (%), значение полевой эффективности  $E$  взято в соответствии с выводами Американского общества агрономов (ASABE Standard), для обработки почвы и рыхления 80%, а для сажалки картофеля 65% [128, 162, 166].

***Сопротивление (ASABE) D (кН) [162,166]:***

$$D = F_i \cdot [A + B \cdot V + C(V^2)] \cdot W \cdot d, \quad (2.54)$$

где:  $F_i$  – константа, связанная с типом почвы (текстура почвы), которая представляет собой три табличных значения для почв (тяжелые почвы со значением  $F_1 = 1$ , средние почвы  $F_2 = 0,7 \dots 0,95$  и легкие почвы  $F_3 = 0,45 \dots 0,92$ ), принята  $F_1 = 1$  и является преобладающей текстурой почвы, возделываемые в Сирии и Ираке [162];  $A, B, C$  – константы, относящиеся к типу сельскохозяйственной машины, взяты из таблицы (ASABE Standard), значение  $B$  не учитывается, поскольку оно равно нулю, когда машины для подготовки почвы

и рыхления а также машина для посадки картофеля убираются из таблицы ASABE Standard;  $S$  – рабочая скорость из таблицы ASABE Standard (км/час);  $W$  – ширина захвата машина(м);  $d$  – глубина процесса (см).

Предварительные оценки из таблицы, являются средними и могут варьироваться на плюс или минус проценты, указанные в крайнем правом столбце таблицы.

В таблице 2.3 приведены значения этих констант  $A$ ,  $B$ ,  $C$  для машин, используемых при подготовке почвы и выращивании картофеля.

Таблица 2.3 – значения констант, скоростей и эффективности в эксперименте (ASABE. стандарт ) [156, 162, 166]

Тип машины, ширина захвата	Тип почвы	$A$	$B$	$C$	Оптимальная скорость, км/ч	Полевая эффективность, %	Диапазон, ±%
Лемешный плуг, 90см	Тяжелая почва	652	0	5,1	5...10	70...90	40
Культиватор с твердыми зубьями, 210см	Тяжелая почва	600	0	0	8...13	70...90	30
Двухрядная картофеле-сажалка, 120см	Тяжелая почва	500	0	0	6,5...11	50...75	25
Двухрядная картофеле-копалка, 140см	Тяжелая почва	400	0	0	2,5...6,5	55...70	25

Как применить уравнение (2.47) зная мощность сельскохозяйственного трактора, которая совпадает с мощностью, доступной на ВОМ, и зная состояние почвы (твердая, вспаханная, взрыхленная), мощность, доступная на заднем приводном валу, преобразуется в мощность, доступную на натяжную планку или навесной системы.

$$P_{dp} = P_{PTO} \cdot K, \quad (2.55)$$

$$P_{dp} = \frac{D_I \cdot V}{3.6}, \quad (2.56)$$

где:  $P_{dp}$  – мощность навесной системы (Квт);  $P_{PTO}$  – мощность на ВОМ (Квт);  $K$  – константа, связанная с сельскохозяйственным процессом и ее значением для вспашки – 0,67, рыхление – 0,56 и посадки картофеля – 0,48 [128, 156, 162].

Используя уравнение (2.54) и с учетом оптимальной скорости сельскохозяйственного процесса, приведенной в таблице 2.3 и извлеченной из таблиц (стандарт ASAE), было рассчитано возможное тяговое усилие, обеспечиваемое трактором, необходимое для тяги сельскохозяйственной машины.

После применения общего уравнения (2.54) теоретическая оптимальная ширина захвата сельскохозяйственной машины была рассчитана в соответствии с оптимальной скоростью, доступной производительностью тягового вала и глубиной используемого сельскохозяйственного процесса.

**Оптимальный расход топлива  $F_{oco}$  (л/час) [156, 162, 166]:**

$$V_{oco} = TC \cdot 0.25 \cdot K, \quad (2.57)$$

где:  $TC$  – мощность трактора (л.с.);  $K$  – константа, связанная с сельскохозяйственным процессом и ее значением для вспашки – 0,67, рыхление – 0,56 и посадки картофеля – 0,48 [162, 156, 166].

**Оптимальный расход топлива  $V_{oco}$  (л/га):**

$$V_{oco} = \frac{F_{oco}}{E \cdot F \cdot C}, \quad (2.58)$$

**Оптимальное количество потребляемой энергии ОАЕС (кДж/га):**

$$ОАЕС = \frac{V_{oco}}{E \cdot F \cdot C} \cdot CVD, \quad (2.59)$$

где:  $CVD$  – максимальная теплотворная способность дизельного топлива примерно равна  $\approx 40695$ ) (Calorific Value of Diesel) (кДж/л) [156, 162, 166].

**Коэффициент эксплуатации показатель  $COI$  %:**

$$COI = \frac{FV}{OV} \cdot 100, \quad (2.60)$$

где:  $FV$  – полевое или экспериментальное значение (Field value);  $OV$  – рассчитанное оптимальное значение (Optimum value) [162, 156, 166].

**Потери по каждому из показателей  $L$ :**

$$L = FV - OV, \quad (2.61)$$

Коэффициент эксплуатации показатель  $COI\%$ , так и потери по каждому из показателей  $L$  можно использовать для оценки расхождения результатов расчет.

Необходимо определить наиболее эффективный способ движения механизма в полевых условиях, чтобы обеспечить максимальную экономию энергии, которая заключается в сокращении оборотов и холостых ходов, что способствует сокращению расхода топлива и времени при обеспечении высокого качества работы и простоты выполнения [35, 37, 47]. На рисунке 2.9 показано способ движение почвообрабатывающих агрегатов при вспашке.

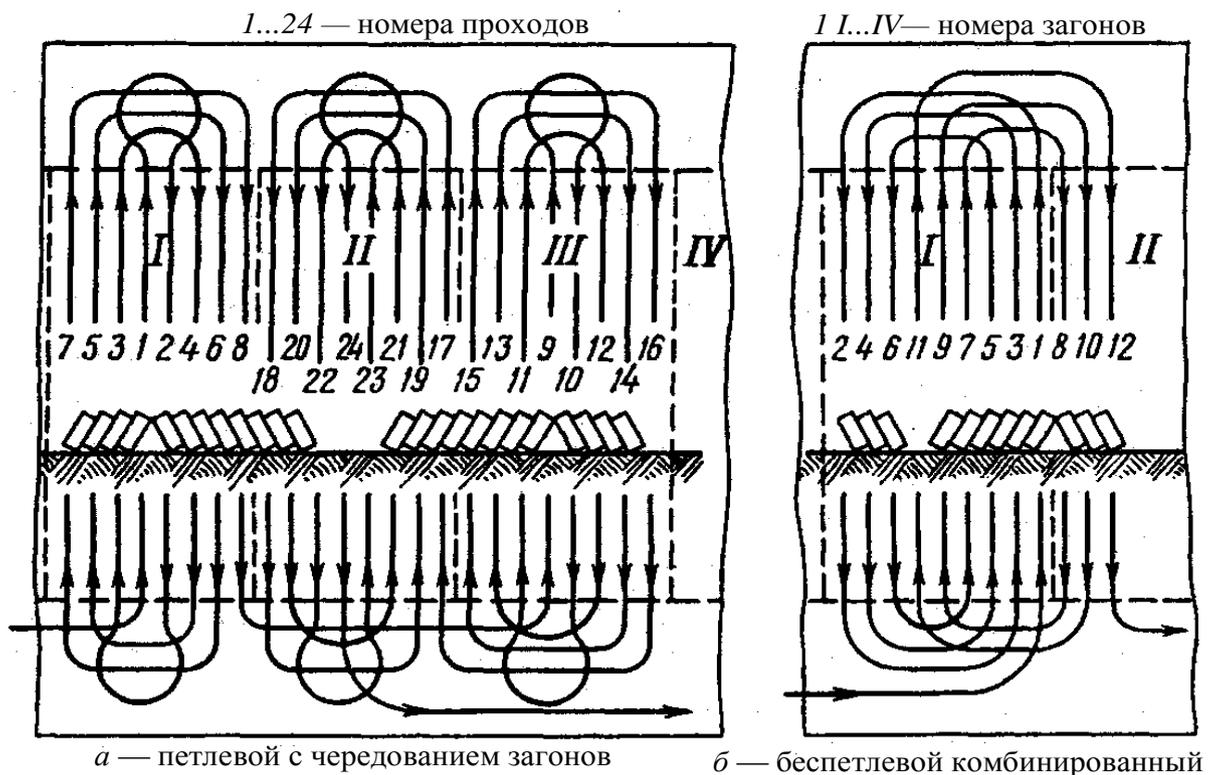
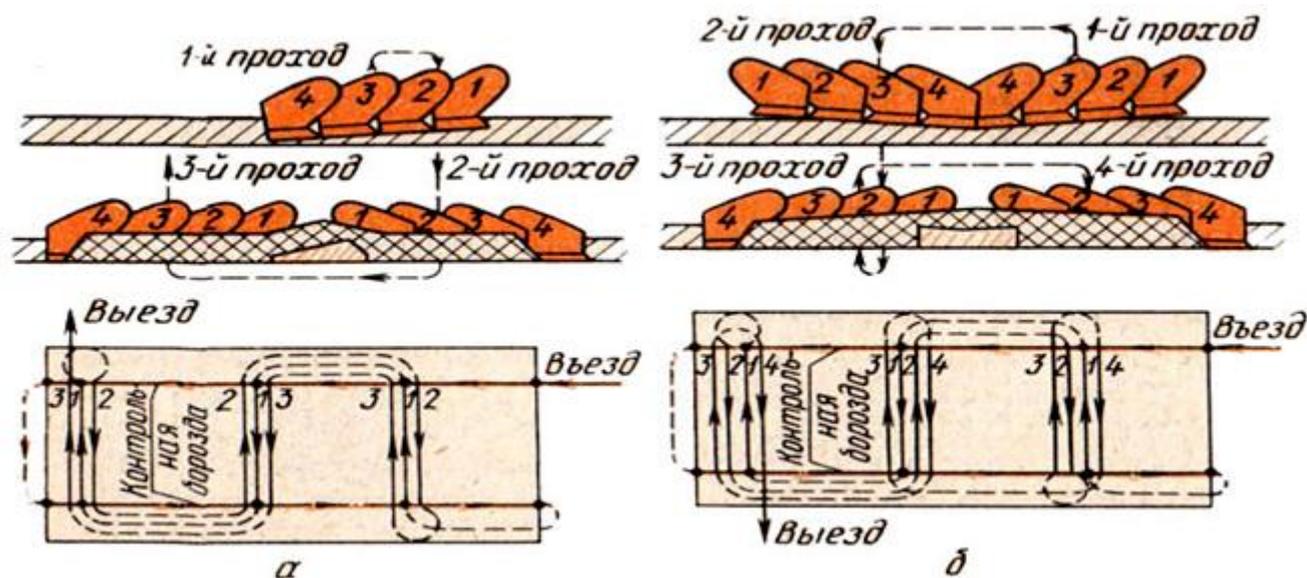


Рисунок 2.10 – Способы движения пахотного агрегата [15]

Для регулировки движения лемешного плуга по полю, агрегат начинает движение двумя способами: свал с 3-х проходов или с 4-х проходов, при этом трактор устанавливается параллельно линиям вспашки. При 3-х проходном, первый проход начинают на половину глубины вспашки, при этом почву поворачивают вправо до конца загон, затем поворот производят со стороны пахоты и устанавливают трактор в месте стенки борозды. Формирование начинают со второго прохода не по борозде, а сверху бороздой. При этом вспашка

производится вторым проходом на половину глубины, затем третьим проходом, где плуг устанавливается на полную глубину и продолжаем пахать в обычный способ (рис. 2.11 – а).



а. Вспашка 3-х проходным – свал б. Вспашка 4-х проходным – вразвал  
 Рисунок 2.11 – Основные способы движения агрегатов по полю [15]

Что касается 4-х проходов, свальный гребень, то первый проход формируется на половину глубины до конца участка, затем делается поворот и продолжается второй проход, но не на вспаханном участке, а на чистом поле, и второй проход начинают с другой стороны по борозде также на половину глубины, и повторяют то, что было сделано во втором проходе, с другой стороны, чтобы вернуть ее в сторону открытой и образовавшейся борозды. При этом по время четвертого прохода повторяется первый проход, и таким образом мы получаем равномерность почвы. (рис. 2.11 – б).

Движение трактора в поле регулируется для обеспечения регулярной работы и линий равного расстояния между ними, и для этого используется маркер, концы которого закреплены стержнем шарнира, длина которого может быть изменена, и этот стержень шарнира закреплен на боковой стороне машины [15].

Что касается второго конца, он будет в форме диска, который движется по поверхности почвы, что приводит к рисованию линии, которая помогает

водителю трактора корректировать траекторию трактора при возвращении на следующую колею, таким образом, одно из колес трактора движется по линии, проведенной диском, обеспечивая равномерность линий и промежутков между линиями [35, 37, 58]. С каждой стороны на машине имеется маркер, позволяющий поднять один из них, а другой использовать [153] (рис. 2.12).

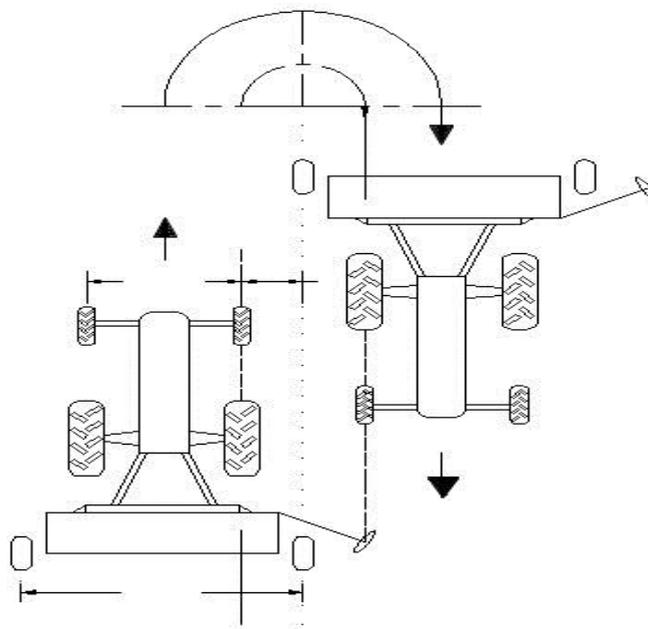


Рисунок 2.12 – Отрегулирование траекторию движения трактора в поле с помощью маркера [153]

Однако предпочтение одного метода перед другим зависит от обстоятельств каждого фермера, характера его земли, наличия рабочей силы в этом районе, цен на использованные семена и других факторов [15].

Движение рабочих органов или единиц в поле при обработке между рядами или при бороновании процесса. Челночное движение «грушевидное» используется, когда ширина поворотных полос равна радиусу поворота или больше, но если ширина поворотных полос меньше радиуса вращения агрегата, то применяется загонный метод. В этом методе перед началом работы поле необходимо разделить на загоны так, чтобы пределы загонов находились на стыковых междурядьях, так как количество загонов определяется по количеству рядов [35, 58].

В странах Ближнего Востока до сих пор распространены традиционные методы управления движением тракторов в поле, помимо опоры на опыт операторов, которому зачастую не хватает эффективности и точности. Что касается развитых стран, таких как Россия, Соединенные Штаты Америки, Китай и страны Европы, навигационные системы используются при выполнении различных сельскохозяйственных операций на тракторах, таких как вспашка, посев, комбайны, а также внесение удобрений и пестицидов. для создания карт полей и определения рабочих ходов, которые машина будет выполнять в поле, так как многие компании внедрили такие системы, как: ГЕОМИР-ПИЛОТ, RAVEN Cruiser II, Trimble EZ guide 250, Topcon X14, S-Lite Outback Guidance и Trimble EZ pilot CFX 750 CenterPoint RTX [83].



Рисунок 2.13 – Система параллельного вождения [2, 6]

Все они полагаются на передовые технологии с использованием спутников (GPS), которые способствуют повышению эффективности и производительности, а также снижению затрат.

Принцип их работы (рис. 2.14) заключается в приеме сигнала со спутника через приемник, определении точного местоположения сельхозтехники внутри поля, а также экране, установленном в кабине трактора, который позволяет трактористу определять пути для направления движения (рис. 2.14). единицу в поле, а также предоставляет информацию о времени и расстоянии, пройденном для сельскохозяйственной операции, а также о траекториях, по которым движется единица, что снижает помехи и повышает эффективность. Эти системы могут измерять изменения в диапазоне 1...2 см по контрольной точки.

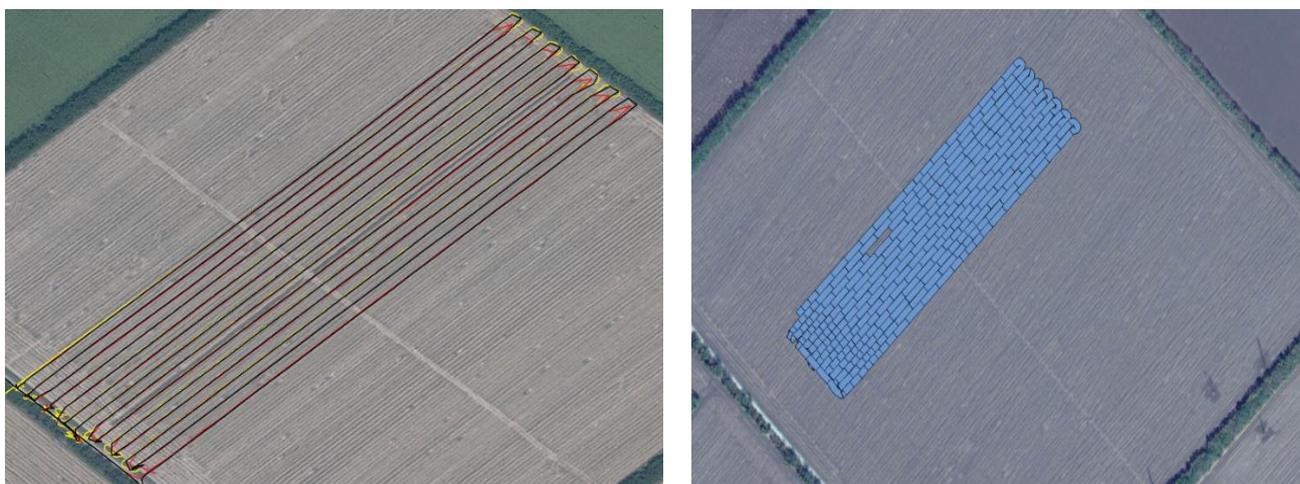


Рисунок 2.14 – Трек движения техники, с учётом прицепного ширины [6]

Также можно напомнить, что продолжительность установки навигационной системы на трактор и ее настройки для начала работы требует около 16 рабочих часов, тогда как время установки базовой станции, принимающей сигналы со спутника, составило около 10 рабочих часов. Было также отмечено, что ширина захвата отклоняется от фактической или заданной ширины при движении агрегата со скоростью 8...12 км/ч и не превышает 1...2 см [57], также наблюдалось отклонение при использовании системы навигации в картофелесажалке ГЛ-34Г – отклонение от контрольной точки на 2,8... 3,0 см [9].

## ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1. Методика экспериментального определения показателей твердости и сопоставление с данными пенетрометрических испытаний

Твердость также измерялась в Сирии в зонах климатической стабильности II и III на глинистых почвах с помощью пенетрометра американского производства с конусным наконечником типа DICKEY-john® (рис. 3.1), где к устройству прикреплены два конуса, головка первого диаметром 1/2 дюйма (1,27 см) и головка второго диаметром 3/2 дюйма (1,905 см), где устройство рассчитано на фунт/дюйм<sup>2</sup> и КН/м<sup>2</sup> (1 фунт/дюйм<sup>2</sup> = 6,895 КН/м<sup>2</sup>). На экране устройства отображается область зеленым цветом 0-200 фунтов/дюйм<sup>2</sup> (0-1379 КН/м<sup>2</sup>), желтым – 200-300 фунтов/дюйм<sup>2</sup> (1379–2068 КН/м<sup>2</sup>), красным – 300 дюймов и выше (>2068 КН/м<sup>2</sup>).



Рисунок 3.1 – Пенетрометр типа DICKEY-john®, используемый в Сирии

На одном из полей Тимирязевского университета площадью около 1,4 га были проведены измерения некоторых физических и механических свойств почвы, основными из которых являются плотность и твердость почвы, которые показывают влияние передвижения сельскохозяйственной техники по полю на площадь распространения картофеля корни и клубни, где были проведены

измерения по диаметру поля, как показано на рисунке 3.2. Отметим, что поле было засажено рапсом, а замеры проводились 20 сентября 2023 года.

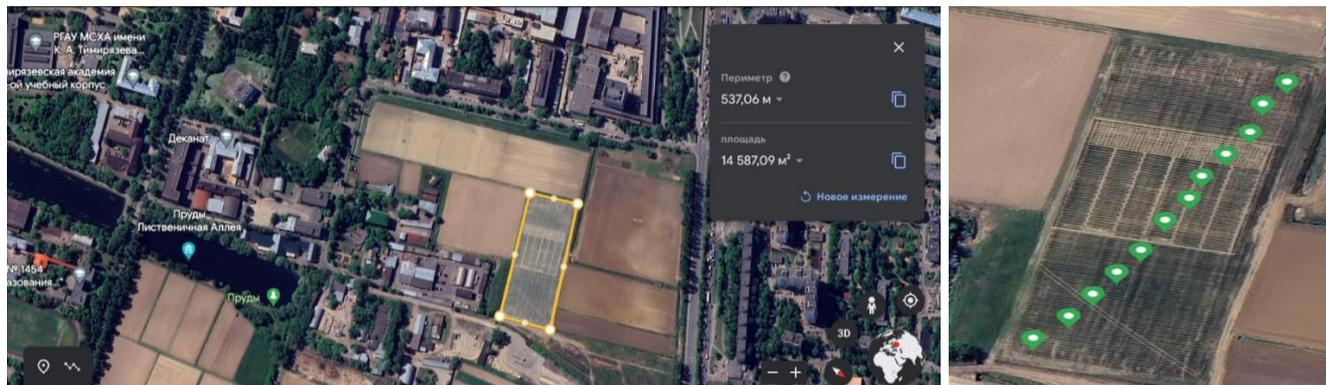


Рисунок 3.2 – Географическое положение и места отбора проб

**Цилиндр плотности:** корпус цилиндра содержит три цилиндра, высота которых составляет 22,3 см, диаметр цилиндра составляет 7,7 см, высота каждого цилиндра составляет 5 см, было взято 6 повторителей, и каждый повторитель представлял собой 3 пробы из разных мест по полю, и каждая проба взвешивалась в лаборатории используются электронные весы, как показано на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Отбор проб с помощью цилиндра плотности

Каждый проб был упакован в нейлоновые пакеты и доставлен непосредственно в лабораторию для измерения веса, чтобы не потерять влагу, как показано на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Взвешивание образцов почвы в лаборатории

Плотность почвы  $\rho_b$ , г/см<sup>3</sup> рассчитывается по соотношению [87]:

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_t}, \quad (3.1)$$

$$V_t = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l, \quad (3.2)$$

где:  $m_s$  – масса цилиндра, г;  $V_t$  – объем цилиндра, см<sup>3</sup>;  $d$  – диаметр цилиндра, см;  $l$  – высота цилиндра, см.

**Твердость почвы – были использованы следующие устройства:**

Пенетрометр *Spot On*®, американского производства, цифровой измеритель уплотнения почвы представляющий собой цифровую версию пенетromетра с циферблатом, сочетает в себе прочный дизайн и простоту в эксплуатации. Его стальной конус диаметром 0,505 дюйма (12,827мм) и стержень из нержавеющей стали отмечены через каждые 4 дюйма (10 см) для удобства определения глубины. Конструкция электронного тензодатчика позволяет точно измерять все типы почв без необходимости изменения размеров наконечника, сохраняя при этом соответствие стандарту уплотнения ASABE S313.3. Максимальное значение уплотнения автоматически отображается на большом цифровом дисплее при извлечении зонда из почвы. В дополнение к показаниям в фунтах на квадратный дюйм или кПа, измеритель также показывает степень уплотнения зеленым /желтым / красным цветом [5] (рис. 3.5).

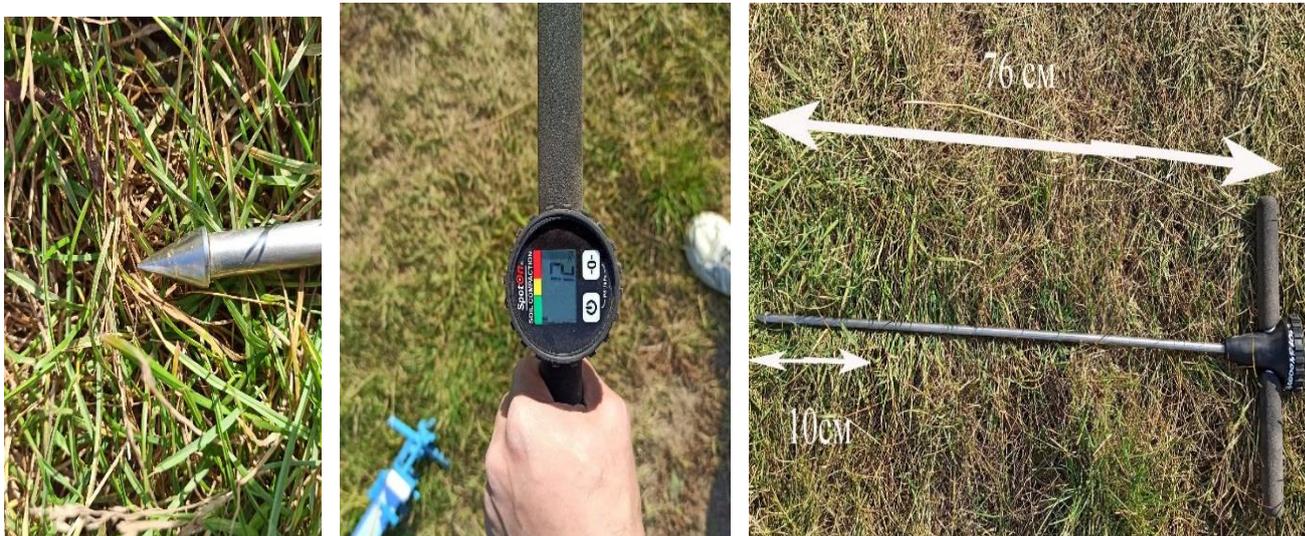


Рисунок 3.5 – Устройство измерения сопротивления почвы пенетромтр *Spot On*®

Где измерение проводилось с помощью пенетромтра с глубины от 5 до 30 см, с количеством измерений 25 раз для каждой глубины по диаметру поля, где прибор показывает значения твердости в ( $\text{КН}/\text{м}^2$ ) в разных точках поля.

#### **Статистический расчет значений измерений для каждой глубины**

Был проведен статистический анализ для каждой глубины от 5...30 см, где были рассчитаны значения среднего арифметического, дисперсии и стандартного отклонения, также было проведено исследование для каждой глубины в поисках грубых ошибок, затем была проверена случайность выборки, затем была проведена статистическая обработка большой выборки. Выполняется для каждой глубины и значения каждой глубины подчиняются закону распределения случайной величины.

Стандартный спектральный анализ и синтез рассчитывались с помощью Mathcad и MS-Excel для решения и рисования диаграмм, Спектральный анализ и синтез помогают анализировать изменения взаимодействия рабочих органов в почве с разницей в ее плотности, что приводит к разнице в значениях энергии, затрачиваемой трактором, и, таким образом, помогает понять характеристики почвы и проанализировать воздействие рабочих органов. статистический анализ для каждой глубины включал набор математических законов, как показано в следующей таблице:

Таблица 3.1 – Статистические методы, используемые для каждой глубины измерения с помощью пенетromетра [56]

Статистический анализ	Математическое уравнение	
Среднее значение $x$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{25}$	(3.3)
Дисперсия	$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$	(3.4)
Среднее квадратическое отклонение	$S_x = \sqrt{S_x^2}$	(3.5)
коэффициент вариации	$V = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$	(3.6)
Проверка выборки на грубые ошибки	$V_{p \max} = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{S_x}$	(3.7)
	$V_{p \min} = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{S_x}$	(3.8)
Проверка случайности выборки	$C_x^2 = \frac{1}{2(n-1)} \times \tau_p = \frac{C_x^2}{S_x^2}$	(3.9)
Проверка достаточности выборки	$n_p = \left( \frac{t_{\gamma} S_x}{\Delta \bar{x}} \right)^2$	(3.10)
Статистическая обработка выборки большого объема	$d = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m}$	(3.11)
	$\bar{x}_2 = \sum x_i P_i$	(3.12)
	$S_2^2 = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \times P_i$	(3.13)
	$\Delta \bar{x} = \frac{ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 }{\bar{x}_1} \Delta S_x^2 \times 100$	(3.14)
	$\Delta_{S_x^2} = \frac{S_1^2 - S_2^2}{S_1^2} \times 100$	(3.15)
Выбор закона распределения случайной величины	$\chi_p^2 = \sum \frac{(p^* - f(x_i))^2}{f(x_i)}$	(3.16)
	$D_i =  F^*(x_i) - F(x_i) $	(3.17)
Стандартный спектральный анализ и синтез	Mathcad	(3.18)

Программа Mathcad была использована для расчета стандартного спектрального анализа и синтеза для каждой глубины отдельно и целых 25 раз для каждой глубины, что показывает изменение точки (рис. 3.6).

Программа Microsoft Excel использовалась для составления диаграмм, расчета и анализа данных, связанных с измерениями плотности и твердости почвы в Сирии и России, и сравнения их со значениями твердости в Ираке.

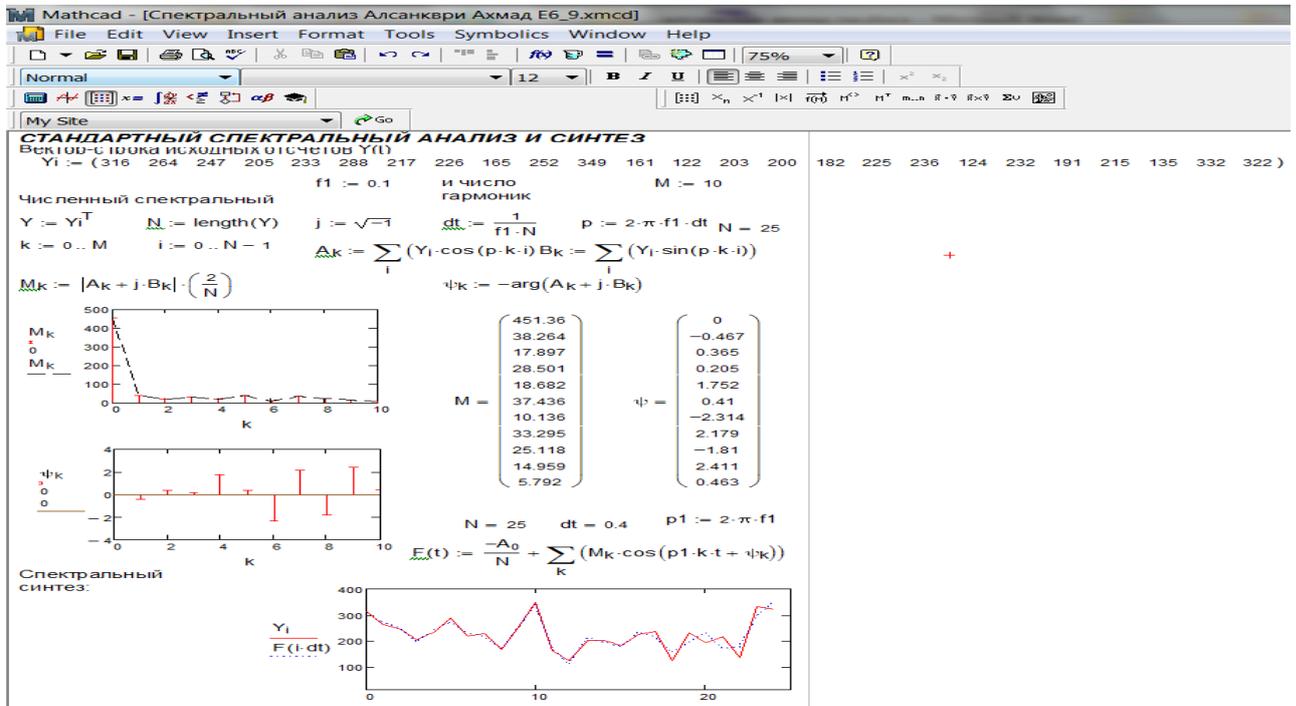


Рис. 3.6 – Стандартный спектральный анализ и синтез в программе Mathcad

### Твердомер Ю.Ю. Ревякина (круглая головка)

Этот прибор широко используется для определения твердости почвы, состоит он из двух направляющих штанг 1, телескопической штанги 2 со сменным наконечником 3, пружины 4, планки 5 для крепления бумаги, записывающего устройства 6 и нажимных рукояток 7 [69, 87].

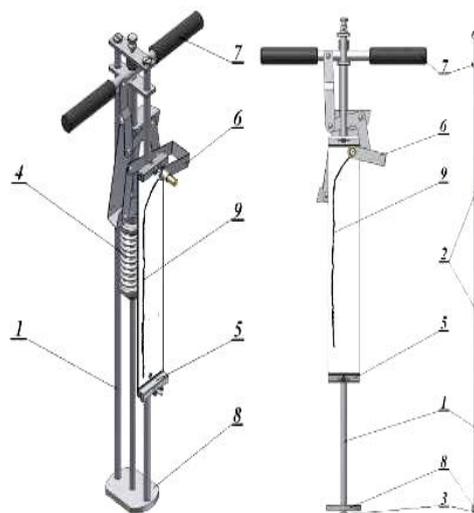


Рисунок 3.7 – Схема твердомера Ю.Ю. Ревякина

1 – штанга направляющая; 2 – штанга телескопическая; 3 – наконечник сменный; 4 – пружина; 5 – планка для бумаги; 6 – устройство записывающее; 7 – рукоятка; 8 – основание; 9 – диаграмма [69, 87].

Где использовался круглая головка диаметром 2 см, где было проведено 15 измерений из разных точек по диаметру поля, как показано на рисунке 3.7, где устройство нарисовало линию графика на миллиметровой бумаге как показано на рисунке 3.8, а затем была проведена прямая линия, представляющая средние точки графика линией, а затем с помощью транспортира измеряли угол наклона  $\gamma$  линии от горизонта.

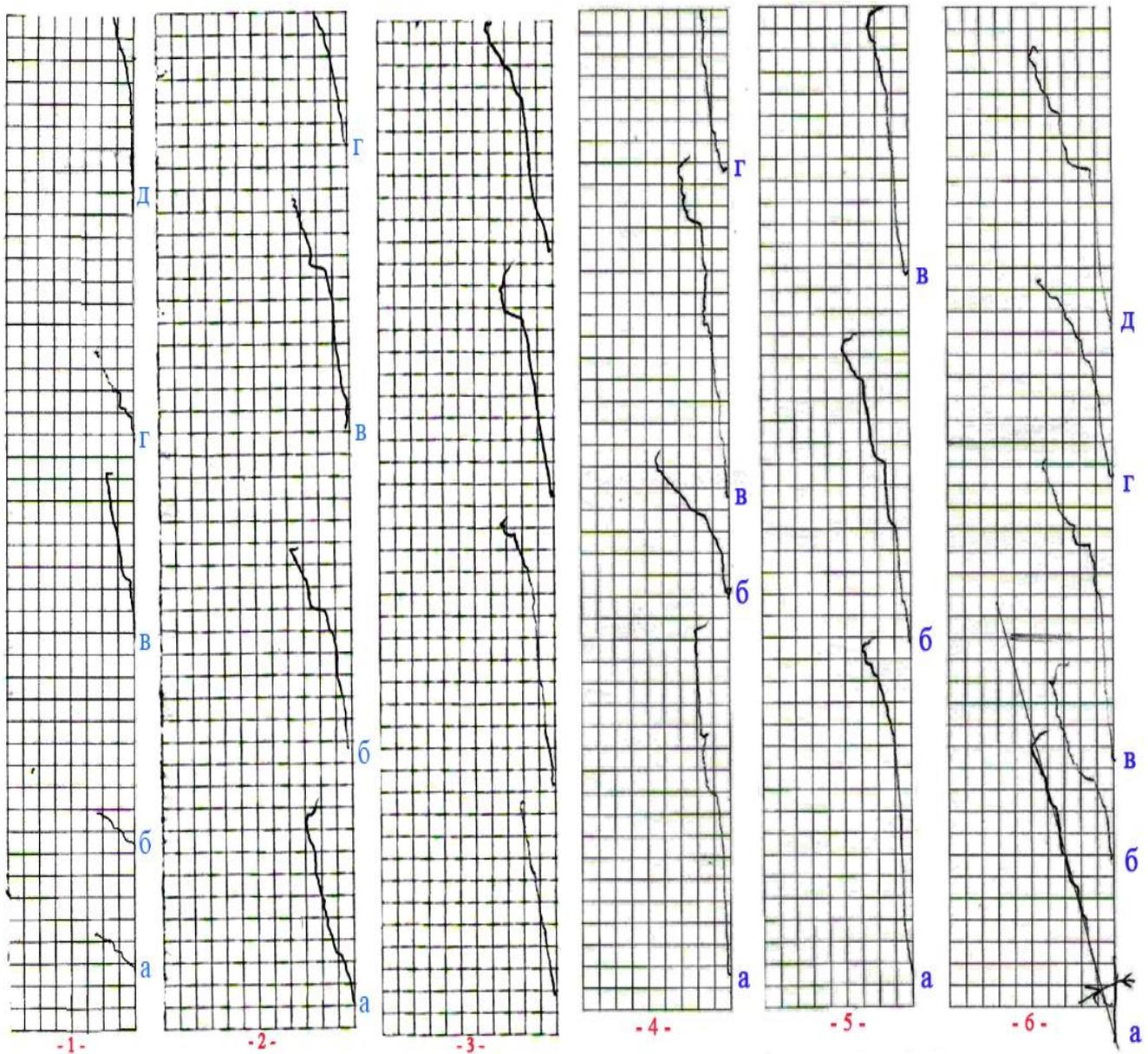


Рисунок 3.8 – Измерения прибора (круглая головка) на миллиметровой бумаге.

График десяти измерений на рисунке 3.8 показывает колебание значений твердости в зависимости от значений приложенного давления, а также увеличение значений твердости с глубиной.

### **3.2. Проверка по результатах тяговых испытаний.**

Дифференциальная модель также была применена к ряду испытаний на тягу для *МТЗ-80А*, эксплуатационная масса 3860 кг, 4х2, фон – асфальтированная дорога (влажность 62% – 21С°), стерня пшеницы (влажность 63% – 23С°) и поле, подготовленное под посев (влажность 56% – 23С°). Также на тракторе *Джон Дир-ХР50*, эксплуатационная масса 5822 кг, 4х4, фон – стерня озимой пшеницы (влажность 64% – 21С°) и (влажность 83% – 20,5С°). Трактор *Джон Дир-4430*, эксплуатационная масса 7500 кг, 4х4, Фон- стерня озимой пшеницы, (влажность 34% – 23С°). Трактор *ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)*, фон – подготовленное под посев, фон – стерня колосовых, эксплуатационная масса 8400кг [23].

Данные о буксования и тяговом усилии основывались на гостовских испытания, превышающих 15...20 точек. Для каждого фона необходимо определить взаимосвязь между буксованием и тяговым усилием, чтобы проверить надежность дифференциальной модели, описанной выше [23].

### **3.3. Проверка по результатах энергетических оценки МТА**

Экспериментальная проверка методики проводилась по результатам исследования энергетических затрат проведенных в 2011-2012 гг (таб. 3.2). На участке земли, который не обрабатывался в предыдущем сезоне, тип почвы суглинок. Агрегат в составе: трактор New Holland S8000 мощностью (82 л.с., масса – 3080 кг) с чизельным плугом шириной захвата 2160 мм производства Государственного машиностроительного завода (Ирак). Опыты проводились для трех уровней влажности почвы: 11...13; 14...16 и 17...19%. Вторым фактором была глубина обработки почвы на трех уровнях (см): 12...15; 17...20 и 22...25.

Таблица 3.2 – Технические характеристики тракторов и плугов использованных в эксперименте

Трактор New Holland		Чизельный плуг	
Описание		Описание	
Мощность двигателя, л.с.	82 л.с. [59,7 кВт], (4x4)	Ширина захвата 1125	2160
Марка двигатель	New Holland S 8000 – Дизель, четырехтактный, 4 цилиндровый	Количество орудий	11
Размер шин:	Передняя шина: 18.4 · 30 Задняя шина: 12.4 · 24	Длина (мм)	1216
Трехточечная навеска	Задний Тип: II	Высота (мм)	1125
Общий вес, кг	3080	Общая ширина (мм)	2208
Количество передач	12 вперед и 12 назад	Максимальная глубина вспашки (мм)	300

Определены энергетических показателей, мощности и расхода топлива, а также силы тяги в зависимости от устройства динамометра для тяги трактора с другим трактором без груза (без обработки почвы) и с грузом [54].

Таблица 3.3 – Показатели работы пахотного агрегата

Содержание влаги, %	Глубина обработки, см	Буксование, %	Расход топлива, л/га	Сила тяги, кгс	Мощность тяги, л.с.
11-13	12-15	4,6	50,8	490,1	8,4
	17-20	9,1	56,4	1360,2	10,2
	22-25	12,1	63,2	1750,1	12,3
14-16	12-15	6,8	53,1	970,4	9,5
	17-20	11,2	58,1	1490	11,6
	22-25	18,2	66,2	1780,3	13,2
17-19	12-15	9,3	55,3	1030,1	10,2
	17-20	13,1	61,3	1600	11,9
	22-25	20,9	68,9	1810,5	14,3

В таблице 3.3 приведены значения энергетических показателей агрегата в зависимости от глубины обработки, соответствующие каждому значению значения расхода топлива, расчетная мощность, а также соответствующие значения тягового усилия. Отметим также из таблицы 3.3 данные буксования, к которым применялась обобщенная дифференциальная модель после ее проверки в тяговых испытаниях.

Здесь мы объясняем приемную методику для оценки тягово-сцепных свойств для небольших объемов данных, сопоставимых тяговым испытаниям.

**Математическое уравнение** – для каждого значения буксования рассчитывался натуральный логарифм  $\ln \delta$ , и эти значения были представлены на оси координат (Y), а на оси (X) был представлен коэффициент использования веса трактора  $\varphi$ :

$$y = a + vx \quad (3.19)$$

где:  $x = \varphi$ ,  $Y = \ln \delta$ ;

$$\ln \delta = a + vx; \quad (3.20)$$

$$\delta = a \cdot e^{vx}. \quad (3.21)$$

Здесь мы должны рассчитать и определить значения эмпирических коэффициентов  $a$  и  $B$ , и для выполнения этой задачи мы опирались на метод наименьших квадратов, где была проведена линейная зависимость и ее натуральный логарифм  $\ln \delta = \ln a + b(\varphi - \varphi_0)$ , и из него мы получили уравнение прямой линии или следующего линейного представления:

**Экспоненциальное уравнение** – рассчитано из уравнения прямой линии, полученного в программе Excel, где:  $x = \varphi$ ,  $y = \delta$ .

Эмпирические коэффициенты определяем по методу наименьших квадратов. Для этого линеаризуем зависимость (6) прологорифмировав ее  $\ln \delta = \ln a + b(\varphi - \varphi_0)$  и представим в линейном виде  $Y = a^1 + bx$  [58, 54].

Мы рассчитали значения натурального логарифма буксования ( $y$ ) и рассчитали значения коэффициента использования трактора ( $x$ ), затем с помощью программы Excel построили графики, чтобы получить уравнение прямой, которое был выведен по модели к уравнению кривой линии.

Затем рассчитывались значения коэффициента дисперсии для каждого уровня влажности относительно расчетного уравнения  $S_{ag}^2$ , индекс корреляции  $\mathcal{P}_{xy}$ , и критерия Фишера  $F_{ЭМП}$  [51]. Тесноту нелинейной связи случайных величин оценим индексом корреляции  $\rho_{xy}$ , а оценку статистической значимости уравнения проверим по критерию Фишера.

$$S_{ag}^2 = \frac{1}{f_{ag}} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \delta_{расч})^2, \quad f_{ag} = N - 2. \quad (3.22)$$

$$\mathcal{P}_{xy} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad 0 \leq \mathcal{P}_{xy} \leq 1 \quad (3.23)$$

$$F_{ЭМП} = \frac{\mathcal{P}_{xy}^2}{1 - \mathcal{P}_{xy}^2} (n - 2) = \frac{R^2}{1 - R^2} (n - 2). \quad (3.24)$$

Для оценки фактического значения статистики  $F$  факт сравниваем с критическим (табличным) значением  $F$  табл. критерия Фишера при уровне значимости 0,05 и числу степеней свободы  $K_1 = 1$  и  $K_2 = (n - 2)$ . Фактическое значение статистики Фишера равно отношению удельных (рассчитанных на одну степень свободы) факторной и остаточной дисперсий.

### 3.4. Выбор способов движения для агрегатов

Определение основных способов движения агрегатов в поле направлено на обеспечение высоких стандартов эффективности полевых работ, в том числе безопасности и снижения потерь времени при холостых пробегах, что повышает производительность и снижает расход топлива, что считается важным показателем оптимального использования трактора, при выборе способа движения агрегата необходимо учитывать безопасность вращения, качество технологического процесса и обоснованность выбора этого способа.

Рекомендуется при проведении всех видов почвообрабатывающих работ выбирать способы всвал и вразвал перекрытием как отдельно, так и с чередованием (при большей ширине захвата МТА, когда выполнение петлевых поворотов затруднительно), беспетлевой комбинированный, а также круговой (рис. 3.9).

При беспетлевом комбинированном методе трудно разделить поле на загоны, но мы получаем меньшую ширину полос поворотной, а круговой метод обеспечивает меньше холостых ходов и рекомендуется, когда ширина работы невелика и на небольших полях со сложными формами полей, но это оклеветанная потеря времени на разделите поле на загоны [35, 36, 37, 47].

Предлагается использовать челночный при движении агрегата в поле, с круговыми движениями на концах поля в процессе посадки картофеля [35, 36, 37].

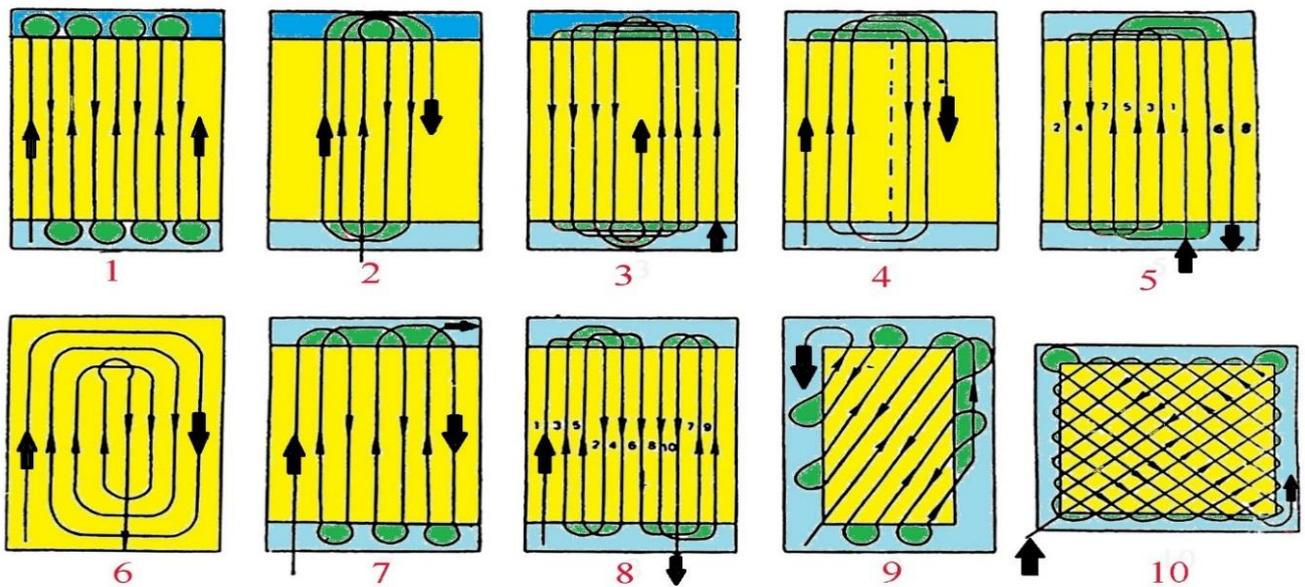


Рисунок 3.9 – Основные способы движения агрегатов по полю

1 – челночный, 2 – всвал, 3 – вразвал, 4 – перекрытием, 5 – комбинированный, 6 – круговой, 7 – челночный односторонний, 8 – пропашка, 9 – диагонально-челночный, 10 – диагонально-перекрестный [15, 76].

Российские методы были использованы при расчете способов движения агрегата, приведенных в таблице 3.4, и применены к наиболее распространенным и используемым в Сирии агрегатам, в число которых входили трактор Фураат 470 и три различных плуга: лемешный – 105см, дисковый 140 см и чизельный.

Количество поворотных полосы в с.-х. поле определялось по уравнениям, приведенным в таблице 3.4, и для каждого способа движения с учетом использования уравнений, приведенных на рисунке 3.10, для каждого способа.

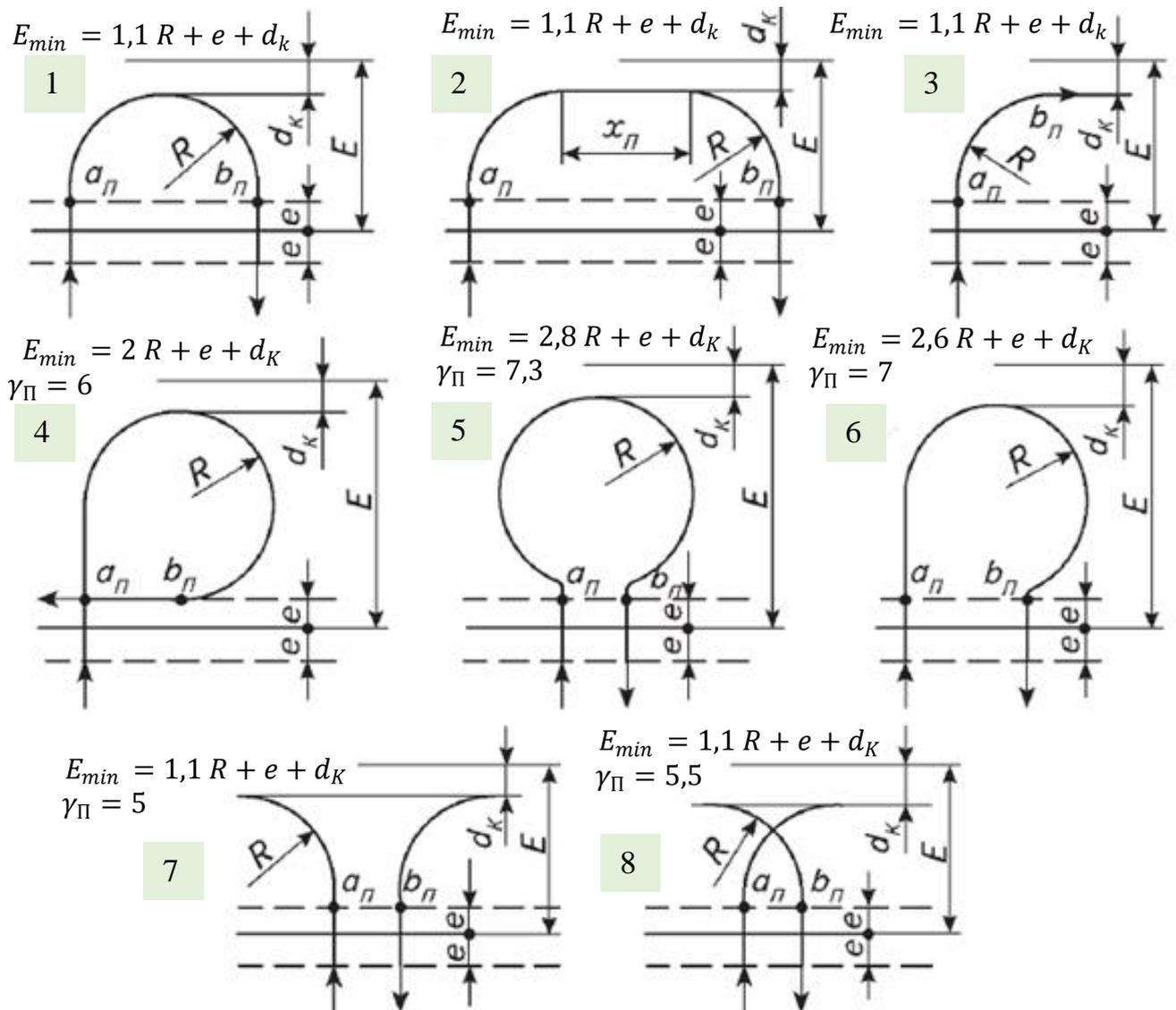


Рисунок 3.10 – 1 – беспетлевой на  $180^\circ$ ; 2 – беспетлевой с прямолинейным участком; 3 – беспетлевой на  $90^\circ$ ; 4 – перекрестно-петлевой; 5 – петлевой грушевидный; 6 – петлевой односторонний; 7 и 8 – грибовидные с открытой и закрытой петлей.

Где для анализа и расчета способов движения агрегата используются следующие математические уравнения

Таблица 3.4 – Используемые математические уравнения [35, 36]

Показатели	форма	
Средний радиус поворота агрегата $R$	$R = a_{RO} * a_{RV} * B = a_R * B$	(3.25)
Длина выезда $e$	$e = a_{eo} * a_{ek} * B = a_e * B$	(3.26)

Фактическая ширина поворотной полосы, $E$ при не менее $E_{min}$	$d_k = v_E \cdot B$	(3.27)
	$h = \lambda_E \cdot R$	(3.28)
Количество поворотных полосы в с.-х. поле	$E_{min} = \lambda_E \cdot R + V_E \cdot B + a_e \cdot B$	(3.29)
	$E_{min} = B \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_E + a_e)$	(3.30)
	$n_{HP} = \frac{E_{min}}{B}$ , где -Нечетное число при $n_H \geq n_{HP}$ ; четное число при $n_H \geq n_{HP}$ .	(3.31)
Рациональной ширины поворотной полосы	$E = n_H \cdot B$	(3.32)
Оптимальная ширина загона	$C_{OPT} = B \sqrt{\frac{1}{E_{XO}} \left( A_X + \frac{Z \cdot T_{BC} \cdot V_X}{3,6 \cdot B} \right)}$	(3.33)
Оптимальная ширина загона по минимуму длины холостого хода	$C_{SOP} = \sqrt{\frac{A_X}{E_X}}$	(3.34)
значения $A_X, D_X, E_X$ для всвал и вразвал	$A_X = (2,14a_R + 2a_e) \cdot Z + 2a_R^2(\gamma_{\Pi} - 2,14) - (1 + n_{\Pi K}) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2a_e) + \beta_p \cdot m_D \left( \frac{L}{B} + \gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2a_e \right) + 2\mu_{\Pi}(\lambda_E \cdot a_R + V_E \cdot a_e) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2a_e)$ $D_X = (\beta_3 - 0,5) \cdot Z + 1,14 \cdot a_R + 2a_e; E_X = 0,5$	(3.35)

Определение предыдущих параметров обеспечивает минимальное пространство, необходимое для работы машины по типу трактора Фурат 470, что помогает оператору сократить время вращения и эффективно реализовать его, тем самым повышая производительность и снижая расход топлива.

### **3.5. Методика экспериментальной проверка обобщённой модели буксования для агрегатов выполнение в конкретные операции для малого объёмом информации.**

Получены ограниченные данные о значениях тягового и скольжения картофелесажалок, распространённых на территории Республики Египет.

Полученные данные о буксовании в зависимости от тягового усилия (таб.3.5) для трех механических картофелесажалок  $M_1, M_2$  и  $M_3$ , и диапазона

скорости движения от 3 до 7 км/час, ширина захвата 140...150...180 см, соответственно, в зависимости от глубины посадки (3, 5 и 7 см) [131]. Дифференциальная модель была обобщена на эти картофелесажалки на ограниченных данных по коэффициенту буксования и тяговому усилию. Ограниченные данные по производителям картофеля  $M_2$  и  $M_3$  представлены в Приложении.

Таблица 3.5 – Статистическая обработка опытных данных  $M_1$

3 см		5 см		7 см	
$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %
13,942	2,68	15,577	4,29	15,962	8,57
15	3,21	15,962	4,61	16,923	10,71
15,962	3,75	16,923	6,96	17,981	13,39
16,923	4,39	17,981	8,57	18,942	15
17,981	5,36	18,942	10,71	-----	-----
18,942	6,43	19,904	12,32		
19,904	7,50	-----	-----		
20,962	8,57				

Значения, приведенные в таблице, представляют собой значения тягового усилия самоблокировки для картофелесажалки  $M_1$  на глубинах 3, 5 и 7 см соответственно, широко распространенные на Ближнем Востоке, где и проводились измерения и для трех картофелесажалок  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  в Египте.

### 3.6. Хронометражные наблюдения

С целью оценки производительности агрегата в Сирии в городе Тальдара при проведении пахотных работ была проведена эксплуатационная оценка трактора Фурат 470. Хронометрические наблюдения включали четыре рабочие смены (таб. 3.6) по ГОСТ 24055-2016 (не менее трех контрольных смен).

Таблица 3.6 – Баланс времени смены при нормативной продолжительности

Наименование показателя	Значение показателя			
	данном испытаний			
	вид работы			
	1	2	3	4
Период проведения оценки (дата)	01-10-23	13-10-23	25-12-23	07-01-24
Место проведения	Сирия - г,Хама- Саламия- Тальдара			
Условия проведения оценки	почва :, средняя, рельеф: "ровный,погода: " ясно"		почва :, легкая, рельеф: "ровный,погода: " пасмурно ясно"	
Состав агрегата (Трактор Фурат 470)	дисковый	дисковый	культиватор	
Культура (предшественник)	тмин	ячмень	ячмень	тмин
Технологическая операция	вспашка		Сплошная культивация	
Режим работы	08:00-15:15	05:00-22:15	07:00-17:30	07:00-11:10
Скорость движения, км/ч(м/с)	6(1,67)	6(1,67)	8(2,22)	7(1,94)
Рабочая ширина захвата, м	0,9		2,10	2,25
Производительность за 1 ч времени, га				
основного	0,54	0,54	1,57	1,68
технологического	0,26	0,27	0,67	0,74
сменного	3	3,5	10,5	3
Удельный расход (электроэнергии, газа) за топлива сменное, л	57	55,8	75,25	27
Удельный расход топлива (электроэнергии, газа) за сменное время на единицу наработки, кг/га	14,76	12,3	5,33	6,56
Удельный расход вспомогательных материалов, кг/ед. наработки	5л масло и 1фильтр	3л масло	4,5л масло и 1фильтр	2л масло
Рабочих ходов	198	250	114-76-120	80
Размеры поля, м <sup>2</sup>	337*89	315,5*112	500*120 80*250 200*125	337*89
Технологического обслуживания	Очистка рабочих органов и заливка радиатора водой и смазкой.			
Надежности техно-ого процесса	Операторы имеют опыт работы не менее 10 лет, в дополнение к проверке и регулировке глубины обработки почвы и целостности рабочих органов			
Использования техно -ого времени	Большие потери происходят из-за личных факторов и из-за небольших полей			
Использования сменного времени	Высокая температура, низкая производительность и небольшие площади поля ограничивают эффективность использования рабочего времени			

Где хронометражные наблюдения проводились с участием операторов трактора Фурат, поскольку количество операторов на тракторе составляет всего один.

Рабочая смена зимой отличается от летней, зимой и из-за того, что погода холодная, работа продолжается без перерыва, в то время как летом работа прекращается во второй половине дня из-за высоких температур и для сохранения двигателя трактора.

При проведении наблюдения за вспашкой с использованием агрегата (Фурат 470 Ebro+дискового плуга), который является наиболее распространенным и используемым в Сирии, ширина захвата составляет 0,9 м, рабочая скорость – 6 км/ч, глубина вспашки – 25...30 см.

Отмечается, что производительность дискового плуга на легких почвах составила 0,33 га/ч, и 0,25 га/ч на тяжелых почвах, кроме того, форма поля и количество поворотной полосы влияют на производительность.

*Определение значений обобщенного поправочного коэффициента* с целью определения производительности агрегата (трактор Фурат + группа машин, используемых в технологических процессах выращивания и уборки картофеля) по российскому методу по полевым условиям в Сирийская Арабская Республика

$$K_{OB} = K_K \cdot K_H \cdot K_C \cdot K_{П} \cdot K_P , \quad (3.36)$$

Поправочные коэффициенты определяются по таблицам 3.7, 3.8, 3.9 и 3.10 и анализируется характер сирийских сельскохозяйственных полей в пяти зонах климатической стабильности.

Таблица 3.7 – Значения поправочных коэффициентов на каменистость,  $K_K$

Вид работы	Степень каменистости			
	Отсутствует	Слабая	Средняя	Сильная
Пахотные	1,00	0,98	0,92	0,85
Непахотные	1,00	0,99	0,93	0,82
Кошение трав	1,00	0,90	0,85	-

Таблица 3.8 – Поправочных коэффициентов на высоту над уровнем моря,  $K_h$ 

Высота над уровнем моря, м	Длина гона и вид работы					
	менее 200 м		200 – 600 м		более 600 м	
	пахот.	непахот.	пахот.	непахот.	пахот.	непахот.
До 500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
500 – 1000	0,95	0,98	0,94	0,97	0,93	0,96
1000 – 1500	0,91	0,96	0,89	0,95	0,8	0,94
1500 - 2000	0,88	0,94	0,85	0,93	0,82	0,92

Таблица 3.9 – Значения поправочных коэффициентов на сложность конфигурационных полей,  $K_c$ 

Группа контур а	Длина гона и вид работы									
	менее 200 м		200 – 400 м		400 – 600 м		600 – 1000 м		более 1000 м	
	пахот	неп	пахот	неп	пахот	неп	пахот	неп	пахот	неп
I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
II	0,97	0,96	0,98	0,97	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
III	0,91	0,92	0,95	0,94	0,97	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00
IV	0,81	0,83	0,87	0,89	0,93	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
V	0,75	0,79	0,84	0,86	0,88	0,92	0,96	0,98	1,00	1,00

Таблица 3.10 – Значения поправочных коэффициентов на изрезанность полей препятствиями,  $K_{\Pi}$  [35, 37, 51, 101].

Вид работы	Площадь, занимаемая препятствиями, %							
	0	до 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35
Пахотные	1	0,96	0,92	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74
Непахотные	1	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77

Значения поправочных коэффициентов на рельеф,  $K_p$ : при угле склона 1...3 град.:  $K_p = 0,97$  – на пахотные работы;  $K_p = 0,95$  – на непахотные работы [35, 37, 51, 101].

Преыдушие поправочные коэффициенты представляют собой важную справочную информацию, которую можно использовать в будущем при переносе российских методов, представляющих собой результаты российских знаний и опыта.

## ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 4.1. Проверка методики оценки физико-механических свойств почв

В исследовании, проведенном на севере Сирии с целью сравнения ресурсосберегающего земледелия (Нулевая обработка почвы) с традиционным сельским хозяйством (чизельный плуг) с использованием трактора Фураат 470, в второй зоне, с суглинистой глинистой почвой, измерение сопротивления почвы к проникновению (твердость), с помощью пенетromетра DICKEY-john (американского производства), с конической головкой. Измерение плотности также проводилось на разных глубинах в соответствии со значениями, указанными в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Плотность исследуемой почвы

Глубина (см)	Плотность, г / см <sup>3</sup>	
	Традиционная обработка почвы (чизельный плуг)	Нулевая обработка почвы
0-10	1,17	1,25
10-20	1,18	1,26
20-30	1,24	1,28
30-40	1,26	1,30

Сравнивая значения из таблицы 4.1, отмечается, что значения плотности в поверхностном слое уменьшаются в обоих случаях, что связано с влиянием движения агрегата, и также было отмечено, что значения плотности при обработке чизельным плугом ниже, что связано с его ролью в рыхлении почвы.

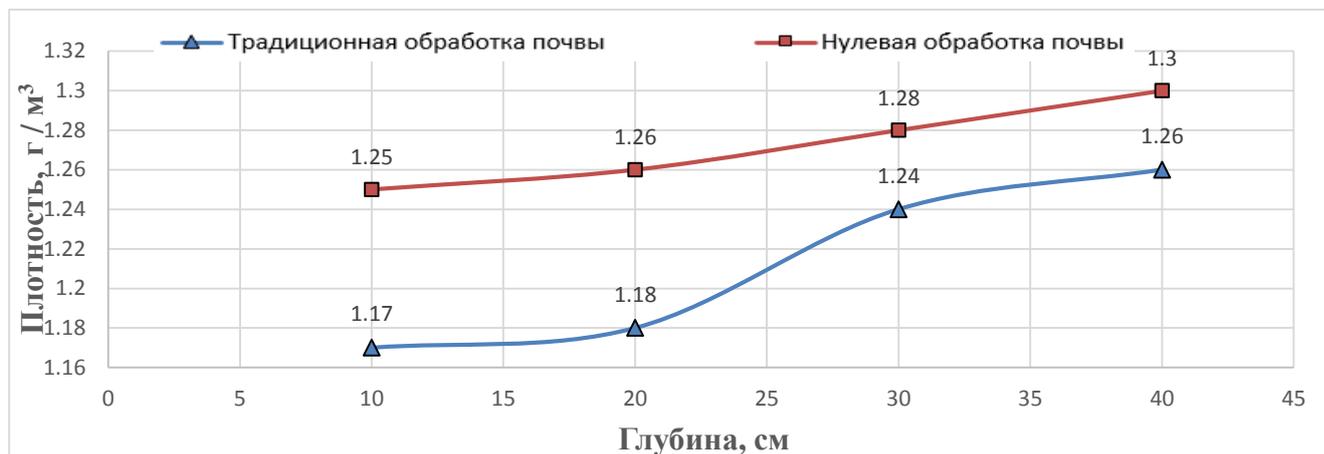


Рисунок 4.1 – Схема изменения плотности с глубиной (Сирия)

В следующей таблице 4.2 приведены результаты измерения пенетromетра при нулевой обработке почвы и вспашке обычными методами, с глубины 0...50 см, и результаты были такими, как показано в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Сопротивления почвы проникновению с помощью пинтromетра

Глубина (см)	Сопротивление проникновению в почву, (кН/м²)	
	Традиционная обработка почвы (чизельный плуг)	Нулевая обработка почвы (Посев без обработки почвы)
0	450	470
5	1180	1190
10	1850	1920
15	2270	2360
20	2440	2670
25	2530	2720
30	2640	2730
35	2680	2740
40	2770	2870
45	2810	2900
50	3200	3580

Устройство зафиксировало наибольшее значение твердости на глубине 50 см, составляющее 3200 кН/м² при обычной обработке почвы, в то время как

нулевая обработка почвы зафиксировала 3580 кН/м<sup>2</sup>. Также отмечается, что значение твердости увеличивалось с увеличением глубины, где при обычной обработке почвы регистрировались значения ниже нулевой обработки почвы на всех глубинах.

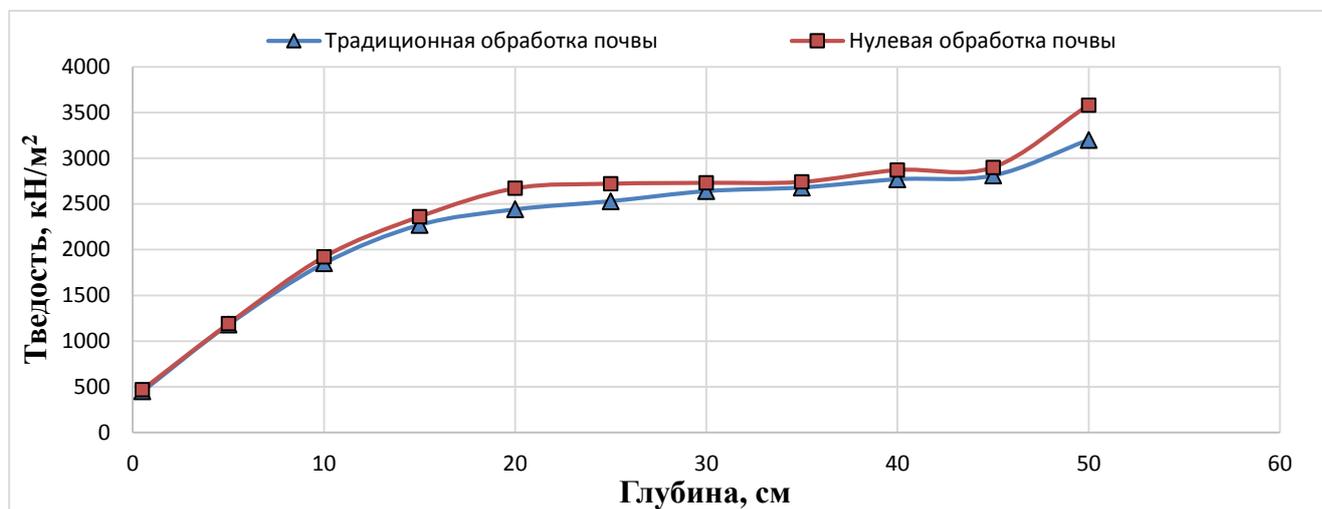


Рисунок 4.2 – Схема изменения твердости, кН/м<sup>2</sup> с глубиной, см

Эксперимент также проводился в третьей зоне стабильности в Сирии с суглинистой глинистой почвой. Сопротивление проникновению почвы измерялось на глубине 0...20 см, с помощью ручного прибора для измерения сопротивления проникновению с конической головкой, и это было перед вспашкой в среднем 1441.578 кН/м<sup>2</sup>. Почву вспахивали дисковой бороной, так как сопротивление почвы проникновению увеличивалось с увеличением глубины, а сопротивление проникновению уменьшалось с увеличением скорости трактора, но сопротивление увеличивалась, когда скорость превышала 7,71 км/ч, до 10,22 км/ч [97, 130].

Сопротивление почвы проникновению (твердость) измеряли в глинистой почве с использованием вышеупомянутого пенетрометра после вспашки с использованием глубокорыхлителя на глубине 30, 40 и 50 см, лемешного плуга на глубине 25 см, чизельного плуга и обработки поверхности на глубине 5 см, и значения были как показано в таблице 4.3 [155].

Таблица 4.3 – Сопротивление почвы проникновению (твердость)

Измерение глубины, см	Сопротивление проникновению, кН/м <sup>2</sup>				
	Глубокорыхлитель			Лемешный	Чизельный
	Глубина обработки почвы, см				
	30	40	50	25	10-15
0-15	799,68	755,19	790,79	780,78	1368,03
15-30	1008,23	1027,69	1031,59	1523,74	1619,39
30-40	1917,47	1047,68	1132,24	1926,37	2013,12
40-50	2246,69	2175,51	1171,73	2268,93	2328,99

Из таблицы 4.3 мы отмечаем, что с увеличением глубины твердость увеличивается во всех процессорах в результате увеличения насыпной плотности, где глубокорыхлитель зафиксировал самое низкое значение твердости на глубине 50 см по сравнению с остальными процессорами.

Его также измеряли в суглинистой почве с влажностью 10,5% с использованием устройства (Hydraulic cone penetrometer) для измерения сопротивления проникновению, состоящего из гидроцилиндра с внутренней площадью 0,000705 м<sup>2</sup>, внутренним диаметром поршня, содержащий конус, диаметр конуса составляет 1,66 см, и углом наклона его основания от головки 30 градусов, где давление составляло навес вертикально, давление, необходимое для проталкивания конуса на требуемую глубину, измеряется манометром в устройстве, и рассчитал силу проникновения (кН). Затем, используя соотношение (2.2), мы получаем значение твердости.

Твердость измеряли в аллювиальной суглинистой почве [116], вспаханной дисковым плугом типа NARDI-TODN-500C. Результаты приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Сопротивление почвы проникновению (твердость)

Среднее содержание влаги (%)	Глубина обработки, см			Ср. знач. сопротивления, кН/м <sup>2</sup>
	10	15	20	
13	1553.7	1815.5	1899.2	1756.1
17	1038.6	1097.7	1346.0	1160.7
21	717.7	852.8	1030.2	866.9
Среднее сопротивление	1103.3	1255.3	1425.1	

Самое низкое значение твердости зарегистрировано при влажности 21% и глубине 10 см, в то время как самое высокое значение зарегистрировано при влажности 13% и глубине 20 см, наблюдается, что твердость увеличивается с увеличением глубины и уменьшается с увеличением влажности.

Вспашка также проводилась с использованием лемешного плуга в суглинистой глинистой почве при двух скоростях вспашки 3,5...4,5 км/ч и двух уровнях влажности (16...18 и 18...20%) и трех глубинах (10, 15, 20 см), для измерения сопротивления почвы проникновению с помощью пенетromетра (rocket penetrometer). Полученные результаты показаны в таблице 4.5 [119].

Таблица 4.5 – Изменение твердости почвы в зависимости от глубины, влажности и скорости движения агрегата

Глубина обработки (см)	Скорость обработки почвы (км / ч)			
	3,5		4,5	
	Содержание влаги (%)			
	16	20	16	20
	Сопротивление проникновению в почву (кН /м <sup>2</sup> )			
10	1833,84	820,82	2277,10	1384,69
15	1908,37	1103,25	2383,99	1502,38
20	2074,11	1324,88	2524,23	1654,38

При вспашке со скоростью 4,5 км/ч зафиксировал более высокое значение твердости 16,87 кг/см<sup>2</sup> по сравнению с 3,5 км/ч при той же глубине 20 см и влажности 20%, с помощью пенетromетра. Причина в том, что уменьшение процента влажности приводит к уменьшению толщины слоя воды вокруг поверхностей частиц почвы, что приводит к увеличению силы притяжения (сцепления) между частицами, т. е. увеличение их твердости, а также увеличение сил трения между поверхностями частиц почвы, что увеличивает их сопротивление проникновению [106].

Также мы замечаем увеличение значений твердости с увеличением скорости вспашки. Это связано с увеличением скорости выдавливания глинистых масс, что

увеличивает скорость их воздействия на почву и увеличивает их фрагментацию, а значит, уменьшает их. Таким образом, увеличивается объемная плотность, что вызывает рост значений твердости [117, 118].

При анализе результатов измерения плотности и твердости почвы в зоне размножения клубней на поле, ранее засеянном картофелем, в Тимирязевском государственном аграрном университете в следующей таблице приведены значения, полученные после проведения измерений и взвешивания в лаборатории института и использования математических уравнений.

В таблице 4.6 приведены значения плотности на разных глубинах и в разных точках месторождения:

Таблица 4.6 – Результаты измерения веса и соответствующей плотности с использованием цилиндра плотности в Тимирязеве.

Глубина, см	масса Обр, г						Сред. Значения
	Проба 1	Проба. 2	Проба. 3	Проба. 4	Проба .5	Проба. 6	
5-10	290	350	270	310	330	340	315
10-15	380	390	300	370	410	400	375
15-20	400	410	380	440	420	410	410
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>							
5-10	1.246	1.503	1.160	1.331	1.417	1.460	1,35
10-15	1.632	1.675	1.288	1.589	1.761	1.718	1,61
15-20	1.718	1.761	1.632	1.890	1.804	1.761	1,76

Из таблицы 4.6 мы отмечаем, что вес увеличивается с увеличением глубины и что значения плотности на глубине 5–20 см находились в пределах 1,35...1,76 г/см<sup>3</sup>. На рисунке 4.3 показан диапазон средних значений плотности для 18 образцов в зависимости от глубины. 5-20 см.

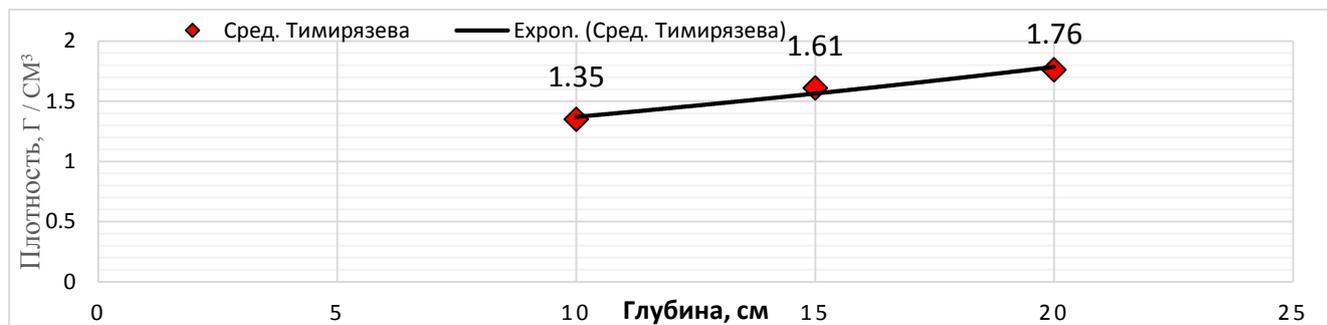


Рисунок 4.3 – Схема изменения сред- плотности, г/см<sup>3</sup> с глубиной, см (Тимирязев)

Результаты анализа сравнения значений плотности на глубине 0-20 см показали, что значение плотности в Сирии показало в среднем около 1,3 г/см<sup>3</sup> в пяти зонах стабильности климата, по сравнению с Россией, которая показала в среднем 1,5 г/см<sup>3</sup>.

В таблице 4.7 приведены результаты измерений пенетрометром типа Spot On® для глубин 5...30 см из расчета 25 измерений на каждую глубину в Тимирязеве по диаметру поля.

Таблица 4.7 – Измерение твердости с помощью пенетрометра в Тимирязеве.

Проба	Глубина, см					
	5	10	15	20	25	30
1	97	158	316	382	232	516
2	109	197	264	312	547	421
3	81	177	247	242	421	357
4	124	241	205	286	323	523
5	65	232	233	215	247	413
6	35	178	288	197	472	573
7	52	238	217	213	360	452
8	103	244	226	252	262	167
9	96	114	165	231	225	309
10	31	236	252	350	236	319
11	128	178	349	248	284	291
12	48	137	161	217	286	250
13	46	216	122	264	216	385
14	164	224	203	276	405	510
15	210	227	200	435	296	230

16	155	217	182	291	217	413
17	150	168	225	294	252	276
18	122	232	236	321	232	361
19	91	162	124	403	305	306
20	123	197	232	333	200	298
21	33	104	191	247	239	321
22	124	147	215	359	298	190
23	42	138	135	329	292	173
24	64	251	332	404	251	178
25	209	188	322	276	470	237
<b>сред</b>	100.08	192.04	225.68	295.08	302.72	338.76

Отметим из таблицы 4.7, что средние значения сопротивления почвы проникновению или твердости находились в пределах 100,08... 338.76 кН/м<sup>2</sup>, для глубины 5...30 см соответственно. Отмечается, что значения твердости увеличиваются с увеличением глубины, а на рисунке 4.4 показано распределение этих средних значений с глубиной.

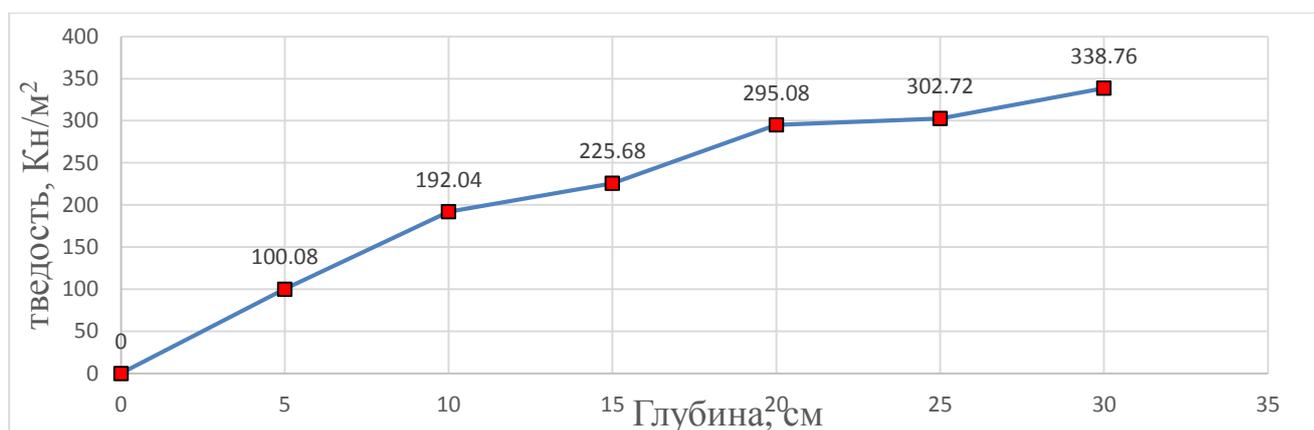


Рисунок 4.4 – Схема изменения сред- твердости, кН/м<sup>2</sup> с глубиной, см  
(Тимирязев)

Поскольку в таблице 4.8 приведены результаты измерений сопротивления почвы круглого плоского плунжера твердомера Ю.Ю. Ревякина, и после построения графика для каждого измерения, определения угла  $\gamma$  и применения

математического формула (2.3) мы получаем значения твердости почвы относительно глубины, как показано в таблице 4.8, значения углов были определены для 25 точек, распределенных по 6 листам, где отмечено, что среднее значение точек составило  $\gamma_{\text{сред}} = 19.46^\circ$ .

Таблица 4.8 – твердости с использованием твердомера Ю.Ю. Ревякина.

Номер листа	Проба	Угол наклона $\gamma^\circ$	Твердость почвы, $\text{кН/м}^2$
1	1	15,6	139.9
	2	12,9	114.1
	3	16,5	148.1
	4	33	324.7
	5	26,8	252.6
2	6	18	162.4
	7	15	133.9
	8	12	106.3
	9	15	133.9
3	10	14	124.7
	11	11,5	101.7
	12	15	133.9
	13	18	162.4
4	14	27,6	261.4
	15	30	288.6
	16	28,4	270.2
	17	18	162.4
5	18	18,8	170.2
	19	13	115.4
	20	30	288.1
6	21	20	181.9
	22	20	181.9
	23	21,5	197.2
	24	19	172.1
	25	17	152.8
<b>Сред</b>		<b>19.46</b>	<b>179.23</b>

Из таблицы 4.8 отмечено, что среднее значение твердости почвы достигало  $179,23 \text{ кН/см}^2$ , а минимальное и максимальное значения достигали  $101,7...324,7 \text{ кН/ м}^2$  соответственно.

После проведения измерений полученные результаты анализировались статистическими методами, указанными в таблице 3.1, для каждой глубины, то есть для каждых 25 измерений в отдельности, как для пенетрометра типа Spot On® с коническим концом, включавшего пять глубин, так и для плунжер Ю.Ю.

Ревякина с плоским круглым концом, включающий одну глубину. Это показано в Таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Рассчитанные статистические анализ данные для глубин от 5 до 30 см

Рассчитанные статистические данные	Пенетрометр типа Spot On®						Ю.Ю. Ревякина
	Глубина, см						
	5	10	15	20	25	30	
проверка выборки на грубые ошибки							
$\bar{x}$	100,08	192.04	225.68	295.08	302.72	338.76	179.23
$S_x^2$	2682,993	1849.873	3863.56	4385.83	8552.38	13695.19	4112.67
$S_x$	51,798	43.01	62.2	66.2	92.5	117.0	64.1
$v, \%$	51,757	22.396	27.542	22.443	30.549	34.546	35.781
Проверка случайности выборки							
$C_x^2$	2012,667	1996.5	3164.375	3092.208	7051.125	8193.313	2480.137
$\tau_p$	0.750	1.079	0.819	0.705	0.824	0.598	0.603
$n_p$	23.25	21.348	32.285	21.437	39.719	50.790	15.25
Статистическая обработка выборки большого объема							
$\bar{x}_2$	99,02	192.788	226.42	295.056	301.324	344.016	181.088
$S_2^2$	2153,155	1598.72	3820.978	8259.735	6735.20	13039.187	4252.028
$\Delta\bar{x}, \%$	1,059	0.389	0.328	0.008	0.461	1.552	1.036
$\Delta S_2^2, \%$	19,748	13.577	10.374	12.879	21.248	4.790	3.388
Выбор закона распределения случайной величины							
$\chi_p^2$	0,245	0.481	0.352	0.284	0.282	0.517	0.393
$\lambda_p$	0.129	0.483	0.284	0.280	0.259	0.259	0.239

Здесь мы имеем в таблице 4.9 результаты статистических расчетов для глубин от 5 до 30 см, и для пенетрометра, и для Ю.Ю. Ревякина, так как на всех глубинах мы не обнаружили грубых ошибок, мы принимаем случайность выборки и то, что случайная величина подчиняется законам нормального распределения.

На рисунках 4.5 и рисунке 4.6 мы замечаем частоту значений твердости и общее распределение, а также обнаруживаем различия и изменения значений твердости почвы с глубиной. Он представляет собой простой и легкий способ визуализировать распределение значений твердости и оценить эффективность систем обработки почвы, что способствует пониманию структуры почвы и ее пригодности для выращивания сельскохозяйственных культур.

Здесь показаны гистограммы распределения и эмпирическая функция плотности распределения для каждой глубины от 5 до 30 см, и для пенетрометра Spot On®, как показано на следующих рисунках (рис. 4.5).

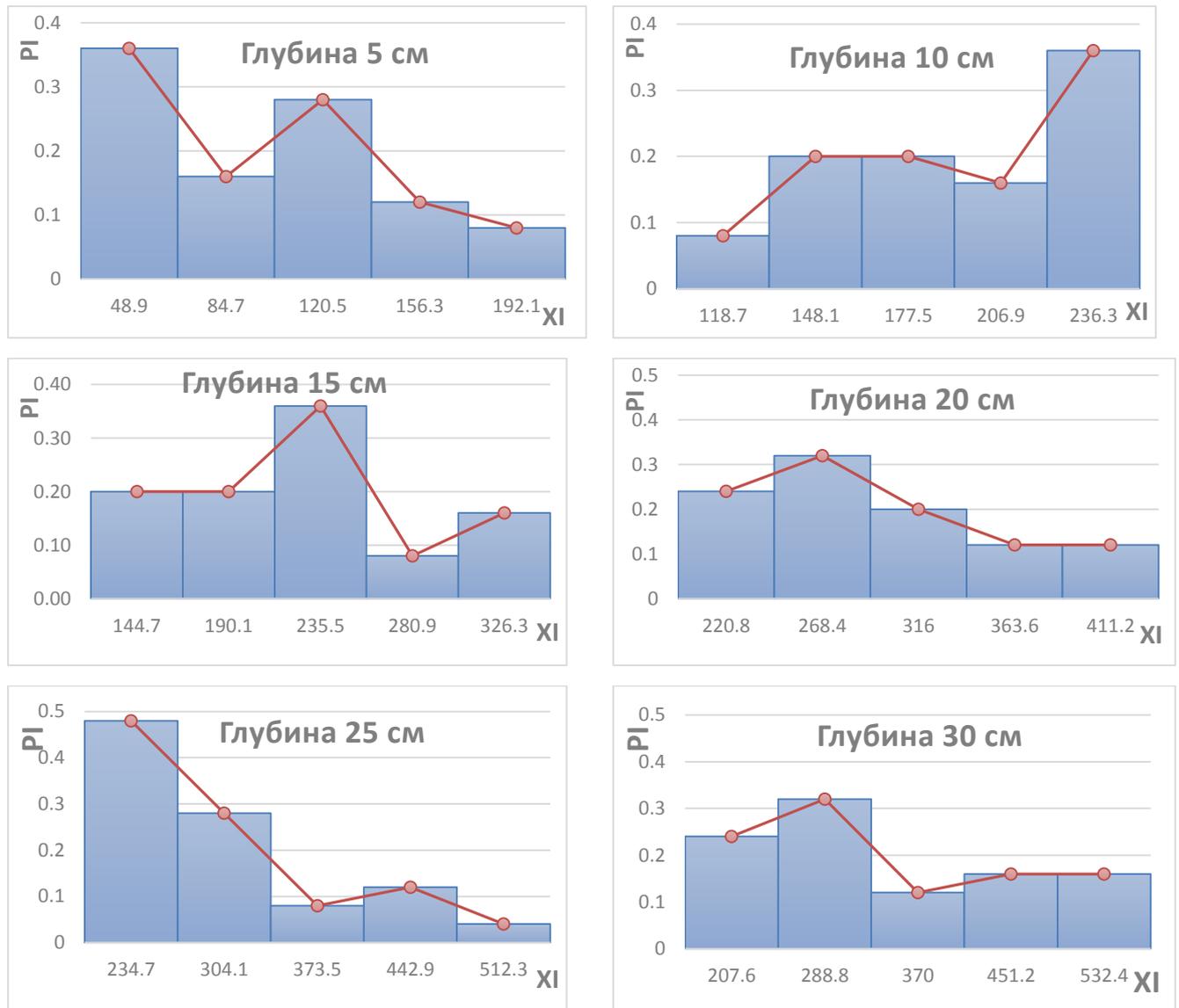


Рисунок 4.5 – Гистограмма распределения и опытная функция плотности распределения пенетрометра Spot On®

Здесь показан график эмпирической (кумулятивной) функции распределения для каждой глубины от 5 до 30 см, и для пенетрометра Spot On®, как показано на следующих рисунках (рис. 4.6).

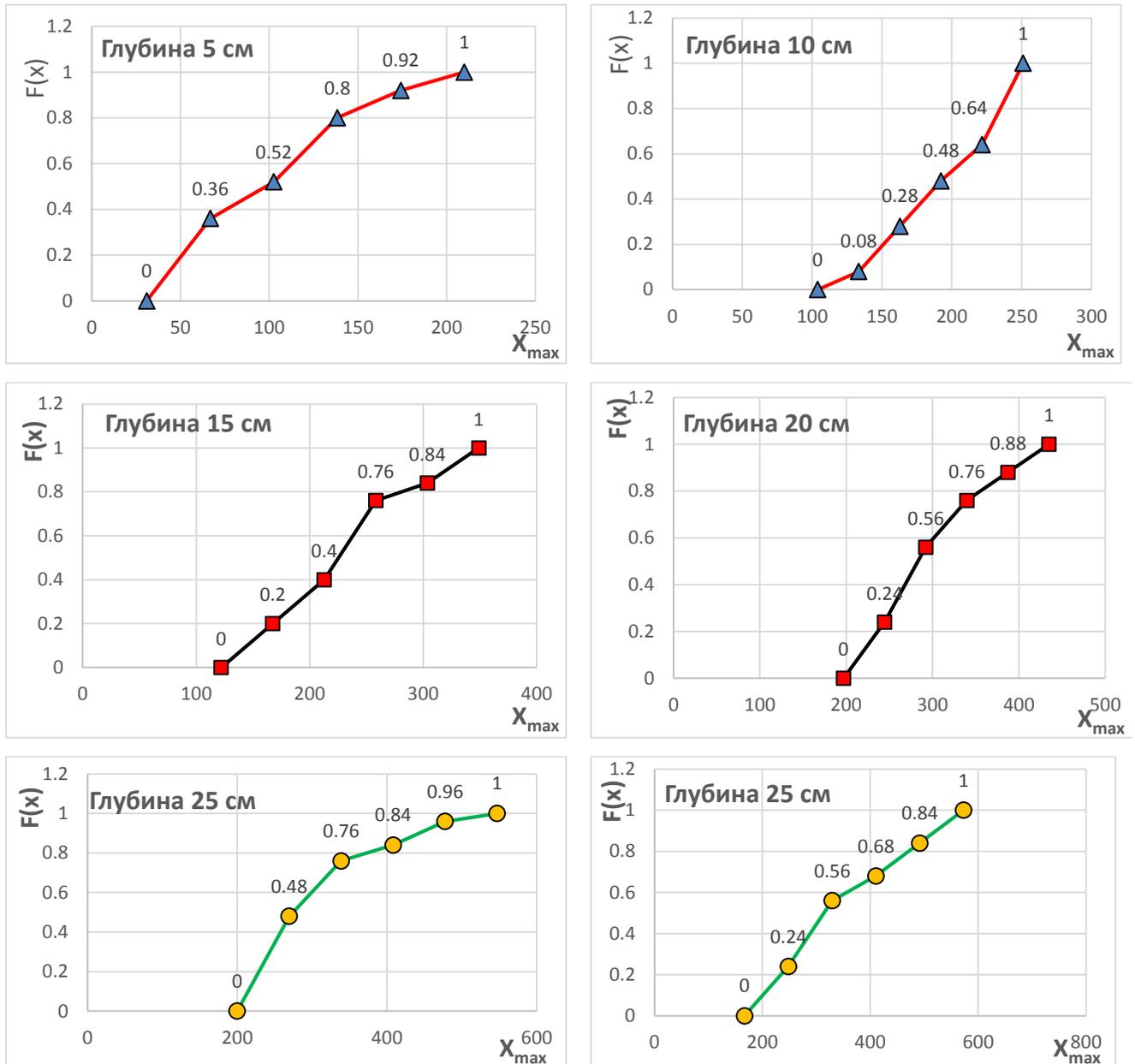


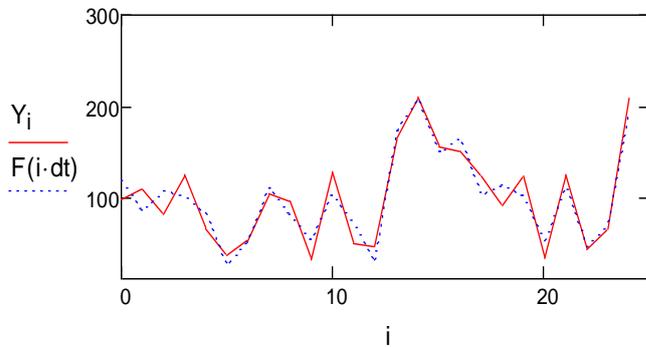
Рисунок 4.6 – Опытная функция распределения (кумулята) пенетрометра Spot On®

Также по каждой глубине произведен расчет стандартного анализа и синтеза измерений пенетрометра, что способствует оценке эффективности сельскохозяйственных операций в поле и взаимодействия рабочих органов с почвой и оценке влияния способа вспашки на значения твердости. Таким образом определяя механические свойства почвы, а также моделируя и разрабатывая стратегии повышения устойчивости почвы к эрозии и давлению.

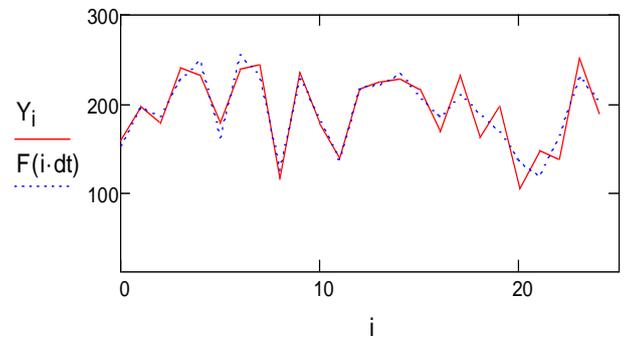
На следующих рисунках представлены результаты стандартного спектрального анализа и синтеза, основанные на расчетах с использованием

программы MathCAD для каждой глубины от 5 до 30 см, и для пенетрометра Spot On®, как показано на следующих рисунках. Также приведена математическая форма распределения значений твердости для глубин 5...30 см.

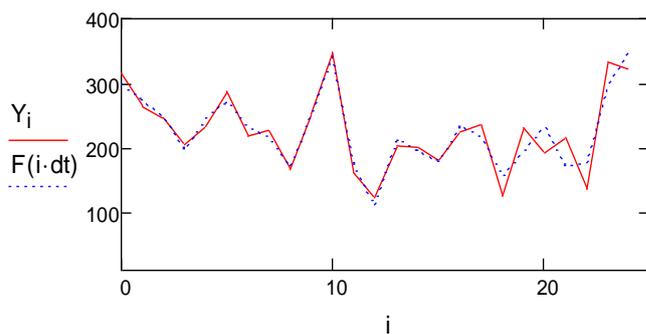
$$F = \frac{-A_0}{N} + \sum_k (M_k \cdot \cos(p1 \cdot k \cdot t + \psi_k)) - d_t = 0.4; p1 = 2 \cdot \pi \cdot f1$$



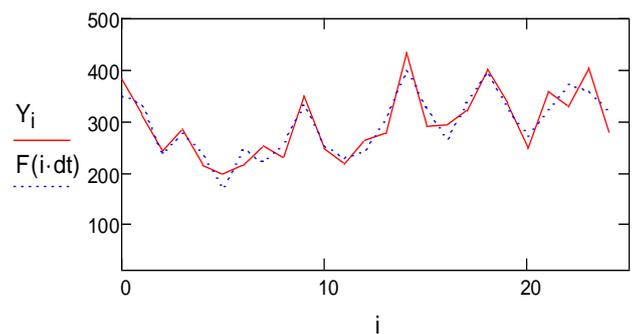
Глубина 5 см



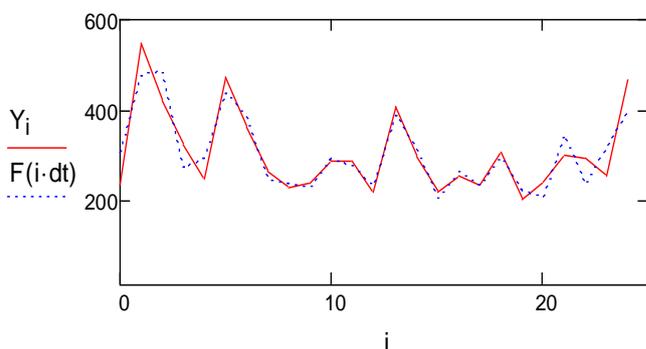
Глубина 10 см



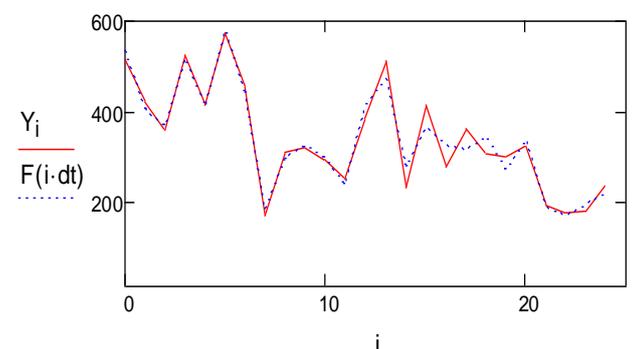
Глубина 15 см



Глубина 20 см



Глубина 25 см



Глубина 30 см

Рисунок 4.7 – Стандартный спектральный анализ и синтез пенетрометра

Значения Амплитуда  $M$  для пенетрометра Spot On® (таб. 4.10), полученные в результате расчета и для каждой глубины с помощью MathCAD, обеспечивают более широкий анализ механических свойств почвы, поскольку большие цифры указывают на большую емкость и, следовательно, сложные условия для роста корней, поднимать различные слои почвы. Что касается значений фазовых смещениях  $\psi$  (таб. 4.10), то они способствуют выяснению вязкоупругих свойств почвы, таких как способность деформироваться под воздействием сельскохозяйственных операций, и определению степеней давления и плотности, что способствует принятию более эффективных решений по совершенствованию сельскохозяйственных операций.

Таблица 4.10 – Амплитуда и фазовый смещения пенетрометра от 5 до 30 см

5 см		10 см		15 см		20см		25 см		30 см	
M	$\psi$										
200,16	0	384,08	0	451,36	0	590,16	0	605,44	0	677,52	0
24,381	2,031	16,307	-1,951	38,264	-0,467	55,055	1,427	59,982	-0,581	58,6	-1,408
32,002	-0,794	21,859	-1,322	17,897	0,365	18,576	0,325	44,31	-0,683	92,094	-1,436
23,576	0,764	15,206	1,555	28,501	0,205	22,855	0,383	8,106	2,748	32,966	-2,29
14,105	-1,488	8,961	1,416	18,682	1,752	11,867	-1,806	27,627	-0,058	39,306	0,22
18,879	1,402	19,75	2,355	37,436	0,41	27,685	1,988	18,91	-1,321	35,582	0,315
8,777	2,06	12,605	-2,786	10,136	-2,314	30,784	-1,727	47,113	-1,85	49,028	-0,491
29,31	0,988	12,958	2,027	33,295	2,179	20,175	0,082	32,437	2,432	28,597	3,106
4,24	-1,992	16,321	-0,626	25,118	-1,81	11,294	0,328	29,63	2,76	40,299	0,46
25,792	2,017	26,82	-2,025	14,959	2,411	22,094	-1,278	40,517	2,192	26,684	-0,489
14,152	-2,874	15,078	2,397	5,792	0,463	11,774	-2,745	27,574	-2,311	60,336	-0,588

На основе статистических результатов плунжера Ю.Ю. Ревякина с круглой плоской головкой или концом на глубине 5 см, полученных в таблице 4.9, построены гистограмма, экспериментальная функция плотности распределения, экспериментальная функция распределения (кумулятивная) и были проанализированы стандартные графики спектроскопического анализа и синтеза, которые показаны на рисунках 4.8 и 4.9. который анализирует изменения

значений твердости и частоту этих значений в соответствии с распределением и анализом поверхностной структуры почвы, вызванной поршнем с круглым концом.



Рисунок 4.8 – Схема Гистограмма распределения и опытная функция плотности распределения (Ю.Ю. Ревякина)

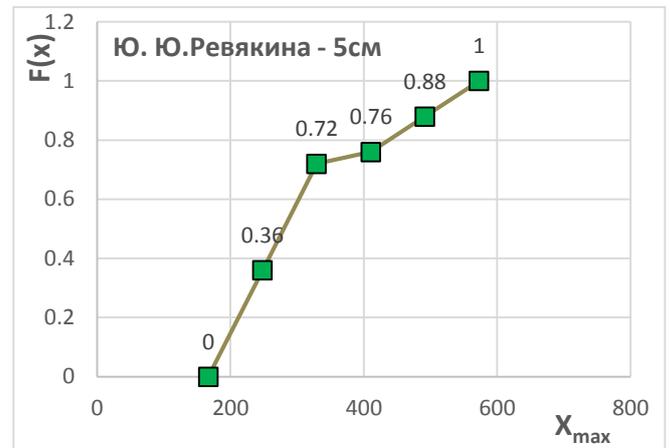


Рисунок 4.9 – Схема Опытная функция распределения (кумулята - Ю.Ю. Ревякина)

На рисунке 4.10 представлены результаты анализа расчетов стандартного и спектрального анализа с использованием программы Mathcad для глубины 5 см плунжера Ю.Ю. Ревякина.

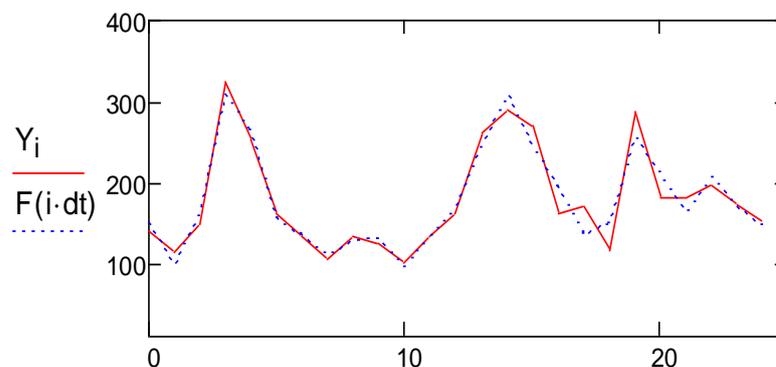


Рисунок 4.10 – Схема стандартный спектральный анализ и синтез (Ю.Ю. Ревякина)

В таблице 4.11 также показаны значения Амплитуда  $M$  и фазовый смещения  $\psi$  для более широкого анализа твердости и моделирования процесса в поверхностном слое, вызванном плоской круглой головкой плунжера.

Таблица 4.11 – Амплитуда и фазовый сдвиг Ю.Ю. Ревякина - 5см

М	ψ
358,464	0
23,128	1,72
38,924	-1,415
45,861	2,933
23,07	-2,329
39,517	1,625
15,004	1,892
7,713	-0,207
17,285	-0,378
19,47	-0,024
5,923	2,988

После анализа результатов и измерений пенетрометров различных типов и диаметров и в разных условиях из первой и второй зон стабильности Сирии и некоторых районов Ирака до и после пахоты, помимо анализа результатов и измерений в России, было проведено сравнение можно провести между средними значениями этих значений.

В таблице 4.12 показано сравнение средней твердости почвы в Сирии, Ираке и России до проведения работ по подготовке почвы.

Таблица 4.12 – Сравнение твердости, кН/м<sup>2</sup>, как в России, так и на Ближнем Востоке с использованием пенетрометра.

Проба	Глубина, см			
	0-5	5-10	10-15	15-20
Сирия -1	870	1320	1720	2540
Сирия -2	790	1280	1390	2490
Сирия -3	910	1390	2510	2730
Сирия -4	790	1160	2080	2670
Сирия -5	770	1110	1650	2620
Сирия -6	820	1260	2990	3040
Сирия -7	640	1070	1310	2570
Сред – Сирия	798.57	1227.14	2025.71	2665.71
Сред – Россия	100.08	192.04	225.68	295.08
Сред – Ирак	780	1539.79	-----	1993.8

Мы замечаем из таблицы 4.12, что сирийские значения твердости достигли самых высоких значений, за ними следуют иракские значения, а затем российские, что показывает влияние влажности и разницу в диаметре конца.

При средних значениях твердости на глубине 10 см Ирак превзошел средние показатели Сирии на той же глубине, а Россия зафиксировала значительную разницу в значениях твердости по сравнению с Сирией и Ираком.

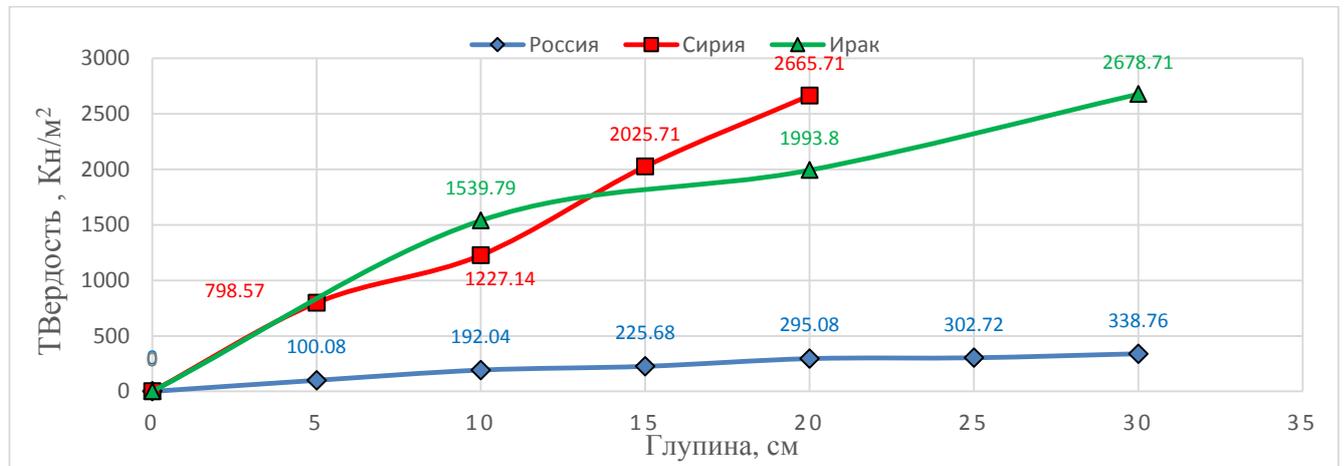


Рисунок 4.11 – Сравнение твердости, КН/м<sup>2</sup>, как в России, и на Ближнем Востоке

Из графика мы замечаем, что существует разница в значениях твердости между Россией и Сирией и причина этого в учете использования одного и того же прибора-пенетromетра. Причина этого связана с использованием разных диаметров конца головка коническая, так как диаметр в России составляет 1,28 см, а диаметр головки в Сирии – 1,905 см, так как с увеличением диаметра, помимо влияния влажности, увеличивается и твердость сечения. Мы указали, что с увеличением влажности значения твердости уменьшаются, так как влажность почвы в России высокая по сравнению с Сирией и Ираком. Также на графике мы замечаем сближение и перекрытие значений твердости между Сирией и Ираком в результате сближения по влажности значения и диаметр конусной головки.

Можно воспользоваться измерениями, выполненными с помощью плунжера Ю.Ю. Ревякина в России на глубине 5 см с использованием методов Шарова для определения сравнения деформационных свойств почвы между Россией и Ближним Востоком, и соответствующего значения, измеренного с помощью пенетromетра на глубиной 5 см для одной и той же почвы и в одно и то же время, что можно через эти значения, а также значения, полученные по ГОСТ 20915,

вычесть своеобразный поправочный коэффициент между значениями плунжера и пенетromетра. Таким образом мы можем провести сирийские и иракские значения твердости с помощью пенетromетра с конической головкой разного диаметра, принимая во внимание, что сила давления, приложенная к диаметру в килоньютонах, одинакова в зависимости от типа диаметра, и соответствующее получается с использованием методов Шарва для диаметра с плоской и круглой головкой, создавая таким образом своеобразную связь между круглой головкой диаметра по методам Шарва и конической головкой пенетromетра.

На рисунке 4.12 показаны средние значения данных, измеренных в Сирии для второй и третьей зон стабильности в соответствии с различными культурами, выращиваемыми с использованием пенетromетра с конической головкой, а также значения, измеренные в России также с использованием пенетromетра с конической головкой в дополнении к иракским значениям для того же устройства и соответствующие средние значения, измеренные с помощью поршня и средние значения ГОСТ 20915.

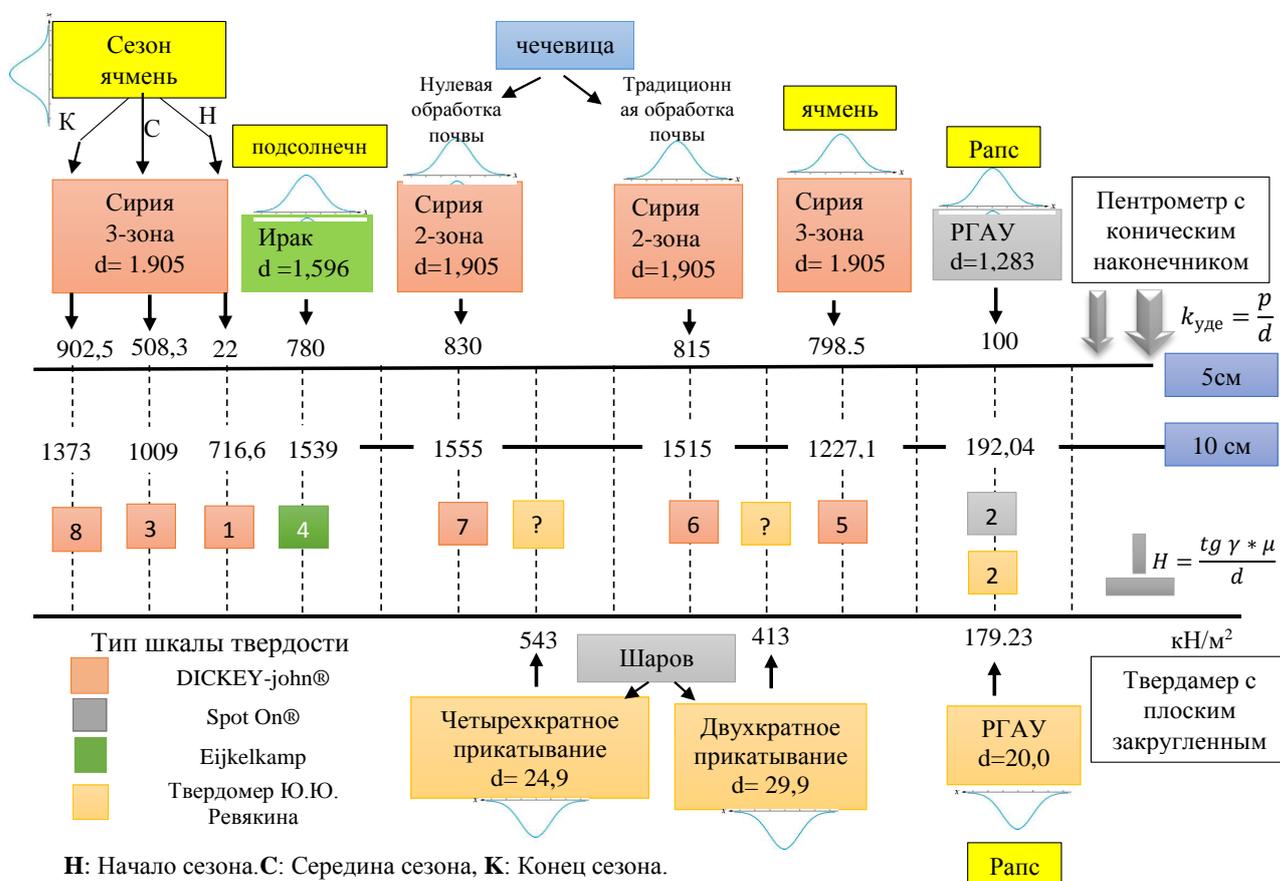


Рисунок 4.12 – Сравнение твердости, кН/м², в России и на Ближнем Востоке

Путем проведения анализа значений в обоих приборах, расчетов и сравнения был получен поправочный коэффициент, связывающий значения двух приборов в виде фрагмента шкалы твердости, представленной на рисунке 4.13, с помощью которого деформационные характеристики сирийской почвы можно получить по плунжеру с круглым концом на глубину 5 см.

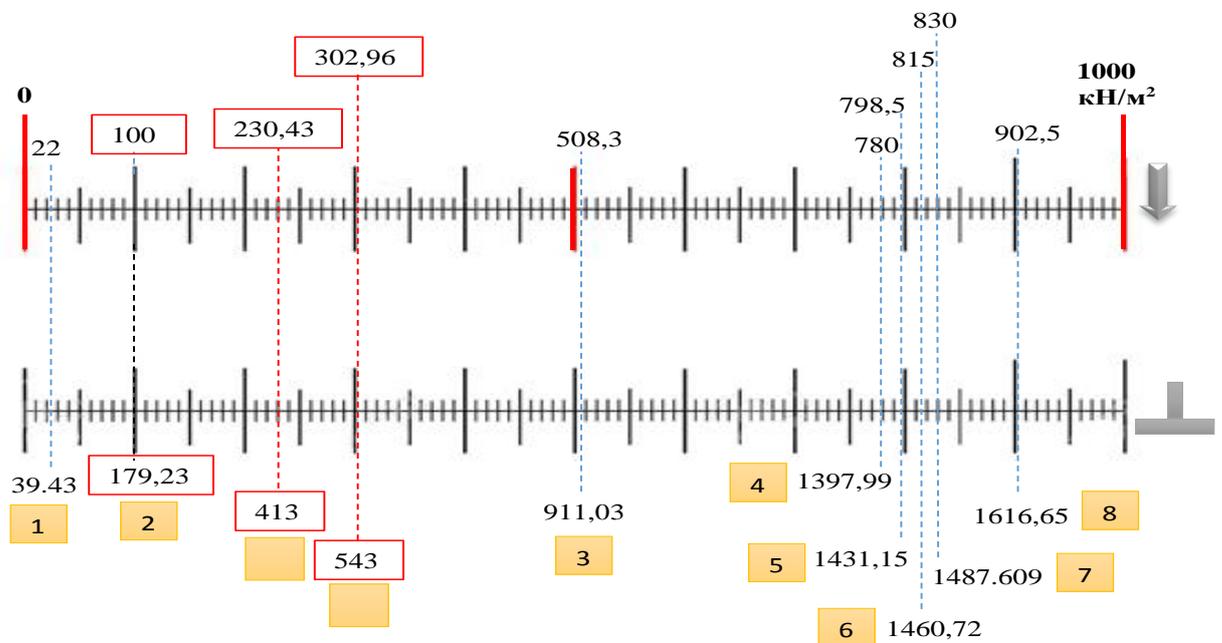


Рисунок 4.13 – Фрагмент шкалы твердости в соответствии с поправочным коэффициентом

В таблице 4.13 показаны результаты средних значений твердости  $\text{кН/м}^2$ , полученных для второй и третьей зон стабильности в Сирии, в дополнение к средним иракским значениям, на основе поправочного коэффициента.

Таблица 4.13 – Результаты данных рассчитаны между устройством пенетрометра и устройством плунжера Ю.Ю. Ревякина в соответствии с поправочным коэффициентом.

Шкала сред	По глубине 5 см- уравнение поправочного коэффициента, $H = 1,792 \cdot P$									
	Сирия 3-зона			Ирак	Сирия 2-зона		РГАУ	Шаров		
↓	22	508,3	902,5	798,5	780	830	815	100	230,43	302,96
⊥	39,43	911,03	1616,7	1431,15	1397,99	1487,61	1460,72	179,23	413	543

Поэтому метод Шарова может быть применен и внедрен в Сирии как новый метод изучения деформационных свойств почв, помимо возможности получения значений твердости по поправочному коэффициенту.

#### 4.2. Результаты проверки экспресс оценки тягово-сцепных свойств тракторов при выполнении полевых работ

Исходные данные для проверки модели буксования использовали данные тяговых испытаний трактора МТЗ-80А (таб. 4.14). Температура окружающего воздуха 23С°, барометрический давление 740 мм рт ст, относительная влажность 63%, эксплуатационная масса 3860кг, фон – стерня пшеницы.

Таблица 4.14 – Исходные данные тяговых испытаний трактора МТЗ-80А

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0.57e^{5.68x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	1850	25,84	3.25	0,68	27,03	1.416
2	1800	24,92	3.22	0,66	24,13	0.624
3	1740	20,76	3.03	0,64	21,54	0.608
4	1680	18,00	2.89	0,62	19,23	1.513
5	1570	15,69	2.75	0,58	15,33	0.130
6	1425	11,07	2.40	0,53	11,54	0.221
7	1370	11,53	2.44	0,51	10,30	1.513
8	1240	6,92	1.93	0,46	7,76	0.706
9	1225	8,31	2.12	0,45	7,33	0.960
10	1010	4,15	1.42	0,37	4,65	0.252
11	880	4,61	1.53	0,32	3,50	1.232
12	860	3,23	1.17	0,31	3,31	0.006
13	670	2,03	0.71	0,25	2,36	0.109

В таблице 4.14 приведены значения тяговых испытаний, причем большинство расчетных значений буксования согласуются со значениями скольжения тяговых испытаний по дифференциальной модели. [54]

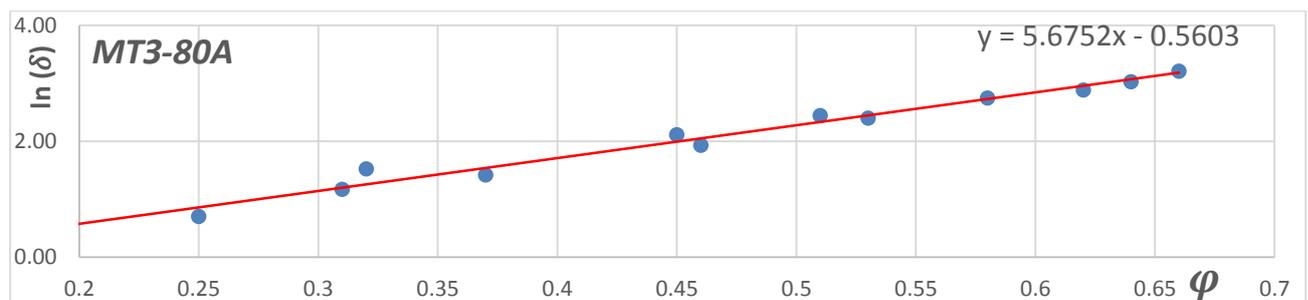


Рисунок 4.14 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования

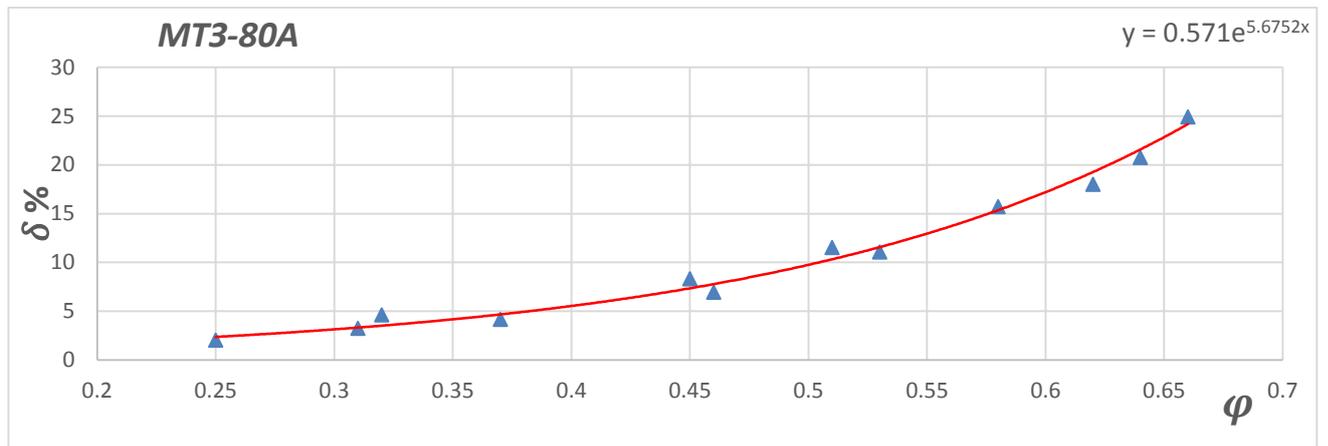


Рисунок 4.15 – Зависимость буксования от тягового усилия по новой модели

Из графика и с помощью уравнения прямой было получено уравнение кривой линии для значений буксования, рассчитанных по дифференциальной модели.

Результаты проверки дифференциальной модели для 11 тестовых запусков на разных фонах по данным тяговых испытаний представлены в **приложении А**. Значения эмпирических коэффициентов по дифференциальной модели, примененные к четырем тракторам и разной фоновой подготовке, приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Статистическая обработка опытных данных

трактор	Фон	$a$	$B$	$S_{ag}^2$	$P_{xy}$	$F_{эмп}$
МТЗ-80А 3860кг, 4к2	асфальтированная дорога.	0,53	2,96	0,143	0,946	314.88
	стерня озимой пшеницы	0,57	5,68	0,844	0,977	467.26
	поле, подготовленное под посев	0,85	6,51	0,337	0,982	872.80
ДжонДир-XR50, масса 5822 кг 4к4	стерня озимой пшеницы. 64%, 21С°, 742 мм	1,46	6,91	0,697	0,992	1612
		0,32	8,79	0,929	0,988	1070.3
ДжонДир-XR50, масса 5435 кг г 4к4	стерня озимой пшеницы. 83%, 20,5С°, 743 мм	1,79	6,30	0,783	0,995	2587
Джон Дир-4430, масса 7500 кг	стерня озимой пшеницы. 34%, 23С°, 743,5 мм	0,44	9,01	0,811	0,982	872.80
ХТЗ-150К-09, (ГОСТ-7057), масса 8400кг	поле, подготовленное под посев	1,16	6,10	0,908	0,995	995
		0,68	5,94	0,725	0,995	995
	Фон- стерня колосовых	0,99	5,16	0,095	0,999	4995
		0,61	4,79	0,058	0,998	4995

Сравнивая расчетные значения буксования по дифференциальной модели со значениями буксования по тяговым испытаниям по вариациям адекватности отметим, что значение не превысило 0,929, что доказывает надежность дифференциальной модели. Критическое значение критерия Фишера  $F_{кр} = 4,844$  при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы  $K_2 = 11$  и  $K_1 = 1$ .

Что касается результатов проверки экспресс-оценки тяговых характеристик трактора Newholland с чизельным плугом по обобщенной дифференциальной модели, как показано в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Статистическая обработка опытных данных чизельного агрегата на базе трактора New Holland S8000 (Ирак)

Влажность почвы, %	Эмпирические коэффициенты		Дисперсия адекватности, $S_{ag}^2$	Индекс корреляции, $P_{xy}$	Расчетное значение критерия Фишера, $F_{эмп}$
	<i>a</i>	<i>b</i>			
Для чизельного агрегата					
11-13	3,162	2,372	0,117	0,999	999
14-16	2,088	3,649	0,637	0,976	40,4
17-19	3,373	2,911	0,827	0,885	7,673
Для тяговых испытаний					
19,0	0,571	5,675	0,844	0,977	467,261

Сравнение дисперсий адекватности для испытаний чизельного агрегата в сравнении с данными для тяговых испытаний по критерию Фишера приведено в таблице 4.16. Критическое значение критерия Фишера  $F_{кр} = 4,844$  при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы  $K_2 = 11$  и  $K_1 = 1$ .

Значения дисперсий при влажности почвы 14...16% и 17...19% – однородны (имеют сопоставимую вариацию), а для влажности 11...13% дисперсии существенно отличаются, что можно объяснить более устойчивым взаимодействием колеса с почвой (выше твердость и меньше буксование). Следует отметить, что при увеличении влажности дисперсия адекватности

увеличивается, что говорит об увеличении вариации значений буксования. При средней влажности 14...16% динамика приращения буксования при увеличении коэффициента использования тягового усилия выше по сравнению с данными для менее влажной и более влажной почвы (рис. 4.16).

На следующей диаграмме (рис 4.16) показано совпадение значений буксования при трех уровнях влажности 12...15...19 % и совместимость этих значений с тяговым усилием, что подтверждает надежность дифференциальной модели и сокращает время и усилия по сравнению с испытаниями на сцепление. Используя модель, он записал значения дисперсии на трех уровнях влажности (0,114-0,637-0,828) соответственно.

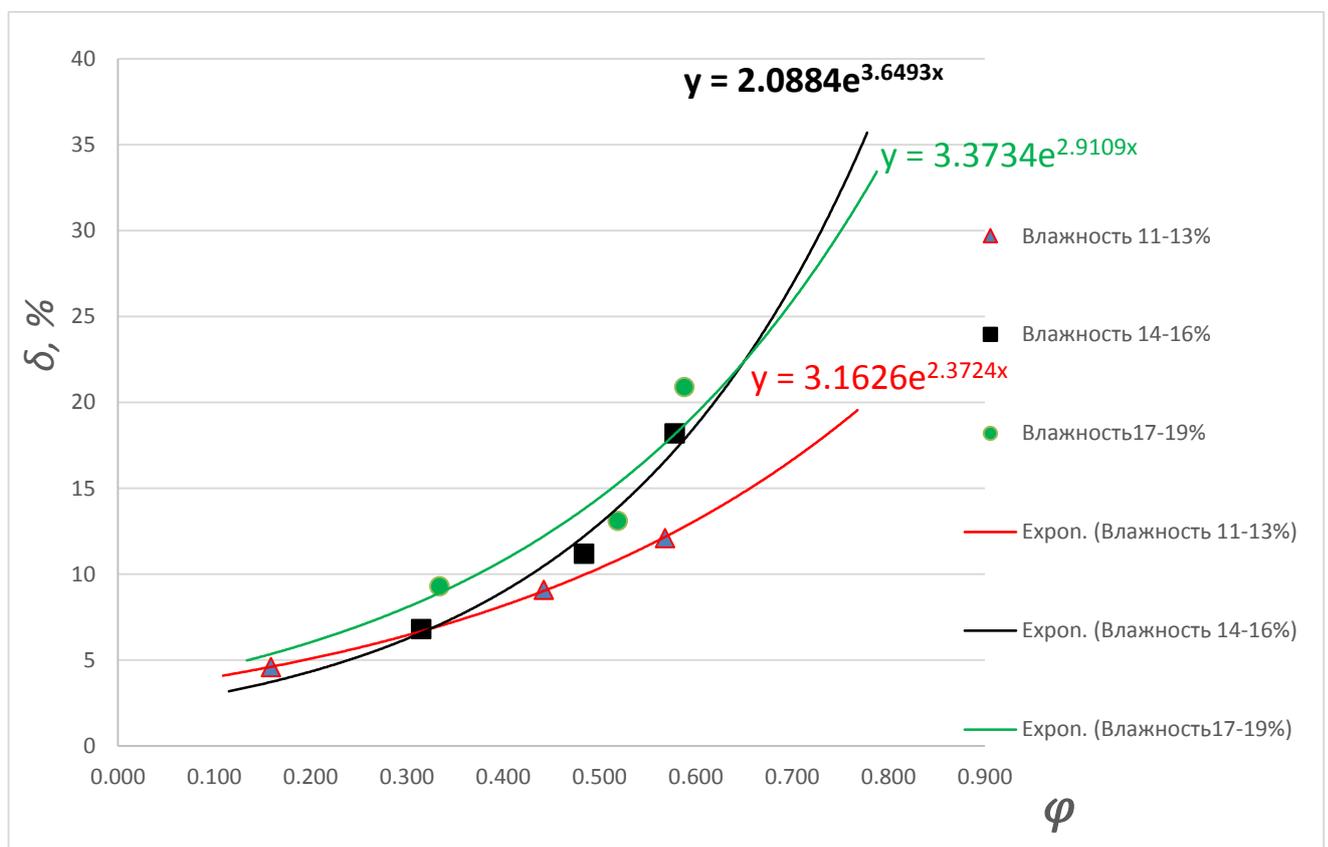


Рисунок 4.16 – Схема взаимосвязи между буксованием и тяговым усилием при разных уровнях влажности

В таблице 4.17 приведены расчетные данные для посадки картофеля  $M_1$  на глубинах 3, 5 и 7 с использованием обобщенной дифференциальной модели в пределах небольшого объема данных.

Таблица 4.17 – Статистическая обработка опытных данных  $M_1$  по глубине 3, 5, 7

см

$M_1$ - 3см			$M_1$ -5 см			$M_1$ -7 см		
$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,252e^{3,55x}$	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,134e^{4,75x}$	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,586e^{3,581x}$
0,99	0,667	2,684	1,456	0,744	4,606	2,148	0,763	9
1,17	0,717	3,206	1,528	0,763	5,042	2,371	0,809	10,612
1,32	0,763	3,774	1,940	0,809	6,273	2,595	0,860	12,738
1,48	0,809	4,444	2,148	0,860	7,993	2,708	0,906	15,019
1,68	0,860	5,325	2,371	0,906	9,946	----	----	----
1,86	0,906	6,270	2,511	0,952	12,376	----	----	----
2,01	0,952	7,382	----	----	----	----	----	----
2,15	1,002	8,815	----	----	----	----	----	----

Были определены эмпирические коэффициенты трех картофелесажалок (таб. 4.18), что позволяет определить взаимосвязь между буксованием и тяговым усилием, поскольку из таблицы 4.17 отмечено, что значения дисперсии не превышали 0,99 (таб. 4.18).

Таблица 4.18 – Значения дисперсии для картофелесажалок

Тип машины	Глубина	$a$	$b$	$S_{ag}^2$	$\mathcal{P}_{xy}$	$F_{\text{ЭМП}}$
$M_1$	3	0,25	3,55	0,017	0,988	2994
	5	0,13	4,75	0,574	0,980	294
	7	0,59	3,58	0,520	0,993	851.143
$M_2$	3	0,17	4,13	0,865	0,962	147.846
	5	0,45	3,58	0,053	0,991	660.6
	7	1,02	2,99	0,670	0,992	744
$M_3$	3	0,39	3,02	0,667	0,964	160.6
	5	3,12	2,69	0,900	0,976	244
	7	4,33	2,83	0,628	0,991	550.5

На рисунках (4.17, 4.18, 4.19) показаны результаты использования обобщенной дифференциальной модели на ограниченном количестве данных о буксовании и тяговом усилии для трех различных механических картофелесажалок  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , развернутых в нескольких странах Ближнего Востока на глубине (3...5...7) см соответственно.

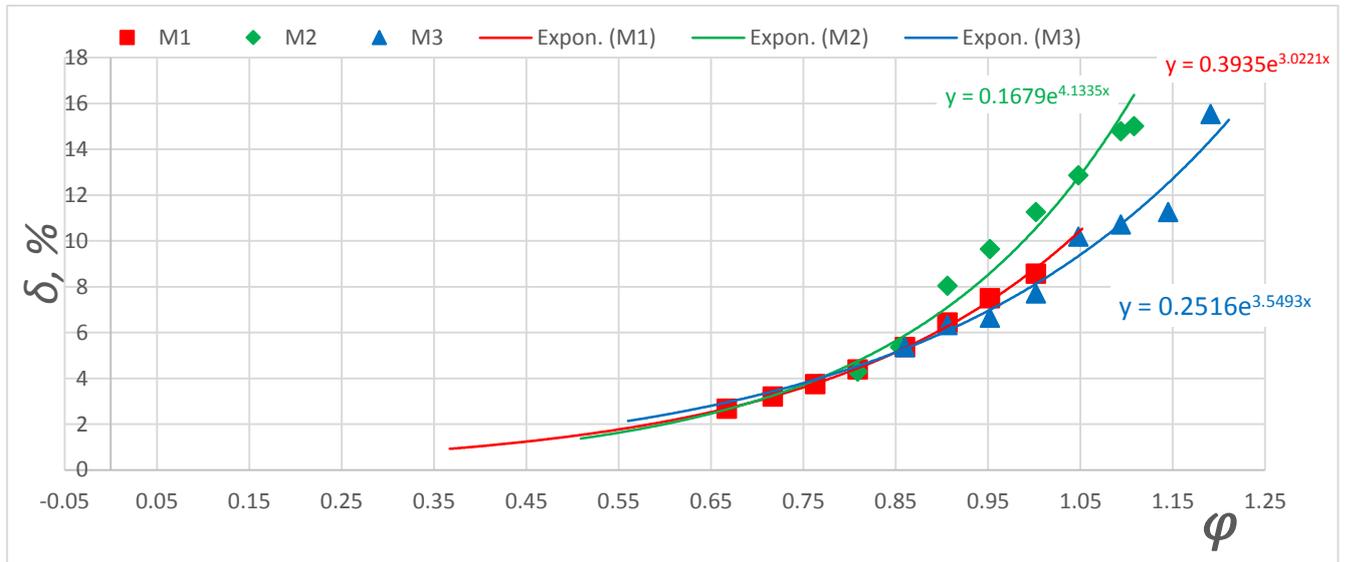


Рисунок 4.17 – Зависимость буксования от тягового усилия на глубине 3 см.

Мы отмечаем на диаграмме перекрытие значений буксования трех картофелесажалок, где было замечено, что значения буксования соответствуют тяговому усилию на трех глубинах через полученные значения дисперсии, в дополнение к тому, что значения буксования росли с увеличением глубины, поскольку эта дифференциальная модель позволила нам получение бесконечных значений.

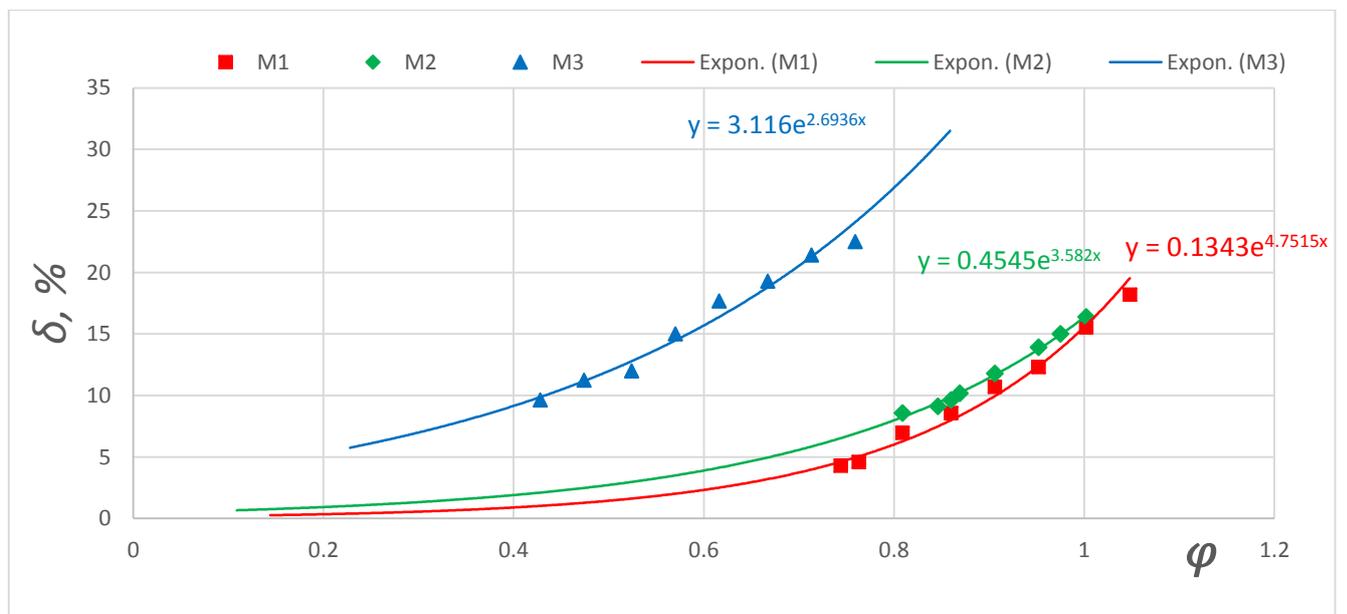


Рисунок 4.18 – Зависимость буксования от тягового усилия на глубине 5 см.

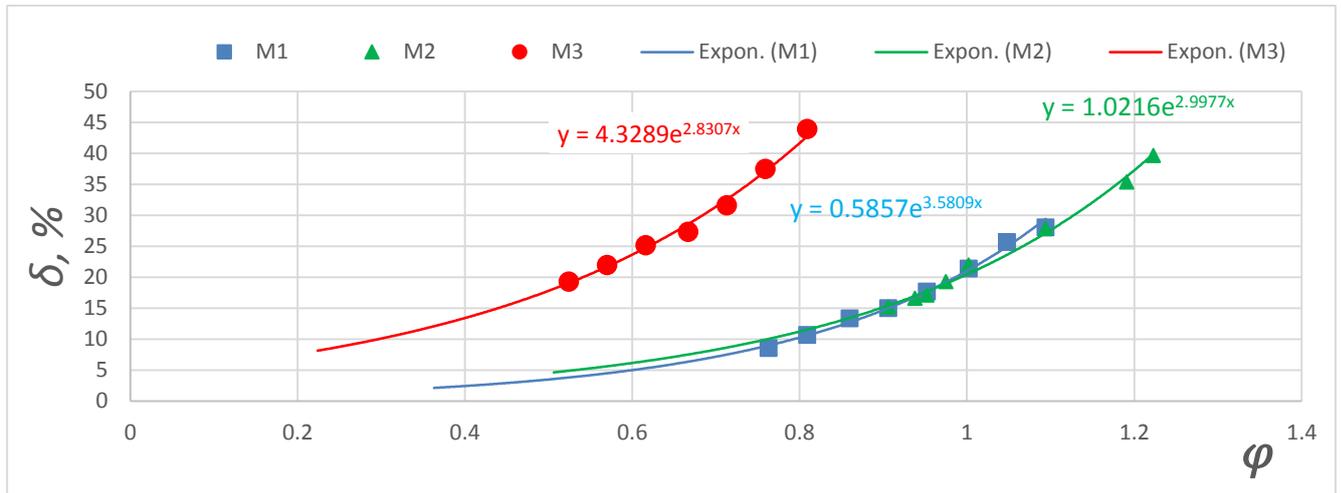


Рисунок 4.19 – Зависимость буксования от тягового усилия на глубине 7 см.

Значения эмпирических коэффициентов по дифференциальной модели, примененные к трем картофелесажалкам  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$ , приведены в таблице 4.17, а расчетные значения проскальзывания по дифференциальной модели сопоставлены со буксованием. Значения рассчитаны в полевых условиях, и их значение  $S_{ag}^2$ , не превышало 0,900, что доказывает надежность дифференциальной модели. Это экономит время и силы, низкие значения буксования помогают уменьшить количество потерянных семян в линии и регулярность интервалов между посадками в линии, принимая во внимание, что значения буксования не превышают 15%.

### 4.3. Результаты хронометражных наблюдений

Также было опрошено большое количество работников трактора, и, подводя итог, большинство отметило, что рабочая смена зимой отличается от летней. Зимой из-за того, что погода холодная, работа продолжается без перерыва, в то время как летом работа прекращается во второй половине дня из-за высоких температур и для сохранения двигателя трактора, и возвращением к работе после 16:00...17:00.

В таблице 4.19 приведены результаты наблюдения за четырьмя сменами, включая чистое рабочее время  $T_o$ , коэффициент использования времени смены  $k_{см}$  и расход топлива.

Таблица 4.19 – результаты хронометражных наблюдений

Показатель	Сплошная культивация			Дисковый плуг		Сплошная культивация	Дисковый плуг
	500*120	250*80	200*125	315,5*112			
Площадь, м				315,5*112		337*89	
$V_p, км/ч$	8	8	8	6		7	6
$B_p, см$	210			90		225	90
$B_y, м$	120	80	125	112		89	89
$n_{прох}, ш$	57	38	60	125		40	99
$T_{ХПР}, час$	0,79	0,53	0,93	2,22		0,53	1,93
$T_{Тех.от}, час$	0,20	0,07	0,03	0,17	0,25	0,10	0,15
$T_{ОТД}, час$	0,22	0,10	0,05	0,26	0,33	0,23	0,42
$T_{ЧЕЛ-Ф}, час$	0,25	0,05	0,03	0,16	0,27	0,12	0,28
$T_{КОН}, час$	0,12	0,07	0,05	0,10	0,15	0,08	0,18
$T_{заб-р}, час$	0,23	0,06	0,04	0,12	0,20	0,15	0,23
$T_o, час$	3,11	0,62	0,94	3,27	4,47	1,78	3,98
$T_{СМ}, час$	10,5			11,22		4,17	8,25
$k_{СМ}$	0,44			0,49		0,43	0,48
$W_o, га/ч$	1,68			0,54		1,57	0,54
$W_{СМ}, га/ч$	0,74			0,27		0,67	0,26
Расход топлива, л/га	6,5			15		8	18

Из таблицы 4.19 отметим, что производительность дискового плуга колебалась в пределах 0,26...0,27 га/ч при норме расхода топлива 15...18 л/га, а значение коэффициента использования времени смены колебалось в пределах 0,48...0,49, что касается сплошной обработки почвы, то производительность колебалась в пределах 0,67...0,74 га/ч при норме расхода топлива 6,5...8 л/га, а значение коэффициента использования рабочего времени колебалось в пределах 0,43...0,44. Причину снижения  $k_{СМ}$  по сравнению с Россией можно объяснить малыми пространствами, которые приводят к увеличению потерь в рабочем ходе по сравнению с Россией.

Норма расхода топлива при использовании агрегата (трактор + чизельный плуг) составляла от 6...8 л/га в зависимости от характера участка, характера почвы, глубины и типа почвы, скорости работы и ширины захвата. Производительность также варьировалась от 1...1,5 га/час в зависимости от формы поля.

Норма расхода топлива агрегатом (трактор + дисковый плуг) варьировалась от 1...1,5 л/га для одних и 1,5...2 л/га для других. Производительность составляла

0,3...0,4 га/ч на некоторых протяженных полях, а количество оборотов было минимальным, в то время как производительность не превышала 0,1...0,15 га/ч в случае сложного рельефа и большого количества оборотов.

#### 4.4. Рекомендации по технологическому комплексу для возделывания картофеля

Площади сельскохозяйственных полей определялись на основе программы Google Earth в пяти регионах климатической устойчивости с целью определения размеров поля, а также определения их процентного содержания по отношению к общей площади возделываемых полей в Сирии. В таблице 4.20 показаны образцы двадцати типов полей.

Таблица 4.20 – Мелкоконтурных полей в Сирии

Длина поля, м	Ширина поля, м	Площадь, га	Длина поля, м	Ширина поля, м	Площадь, га
530	73.57	3.89	395,5	65	2.57
440	26.52	1.17	371,85	73.47	2.73
185	20	0.37	400	35	1.40
418,2	55.51	2.32	300	44.45	1.33
480,03	84.50	4.06	250	32	0.80
340,94	64	2.18	565	30.39	1.71
737,46	64	4.72	500	120	6.00
240	33.78	0.81	250	80	2.00
450	27.83	1.25	315,5	112	3.53
440,85	41	1.81	337	89	2.99

$K_k$  – частный поправочный коэффициент на каменистость. Большая часть сельскохозяйственных угодий в Сирии вспахана от слабых до средних камней в большинстве районов, в то время как в других районах она отсутствует, поэтому расчетное значение берется в среднем ( $K_k \approx 0,94$ );  $K_h$  – частный поправочный коэффициент на высоту над уровнем моря. Большая часть сельскохозяйственных угодий расположена на высоте 0...500 м над уровнем моря, а часть земель расположена на высоте 500...1000 м ( $K_h \approx 0,98$ );  $K_c$  – частный поправочный коэффициент на сложность конфигурации полей. Нет никаких сложностей в формах земель, где большинство из них имеют форму прямоугольника. ( $K_c \approx 1$ );

$K_{II}$  – изрезанность полей препятствиями. Площадь, занимаемая препятствиями, 0-5% ( $K_c \approx 1$ );  $K_p$ - частный поправочный коэффициент на рельеф до  $1^\circ$ , ( $K_p = 1$ ). (рис. 4.20).

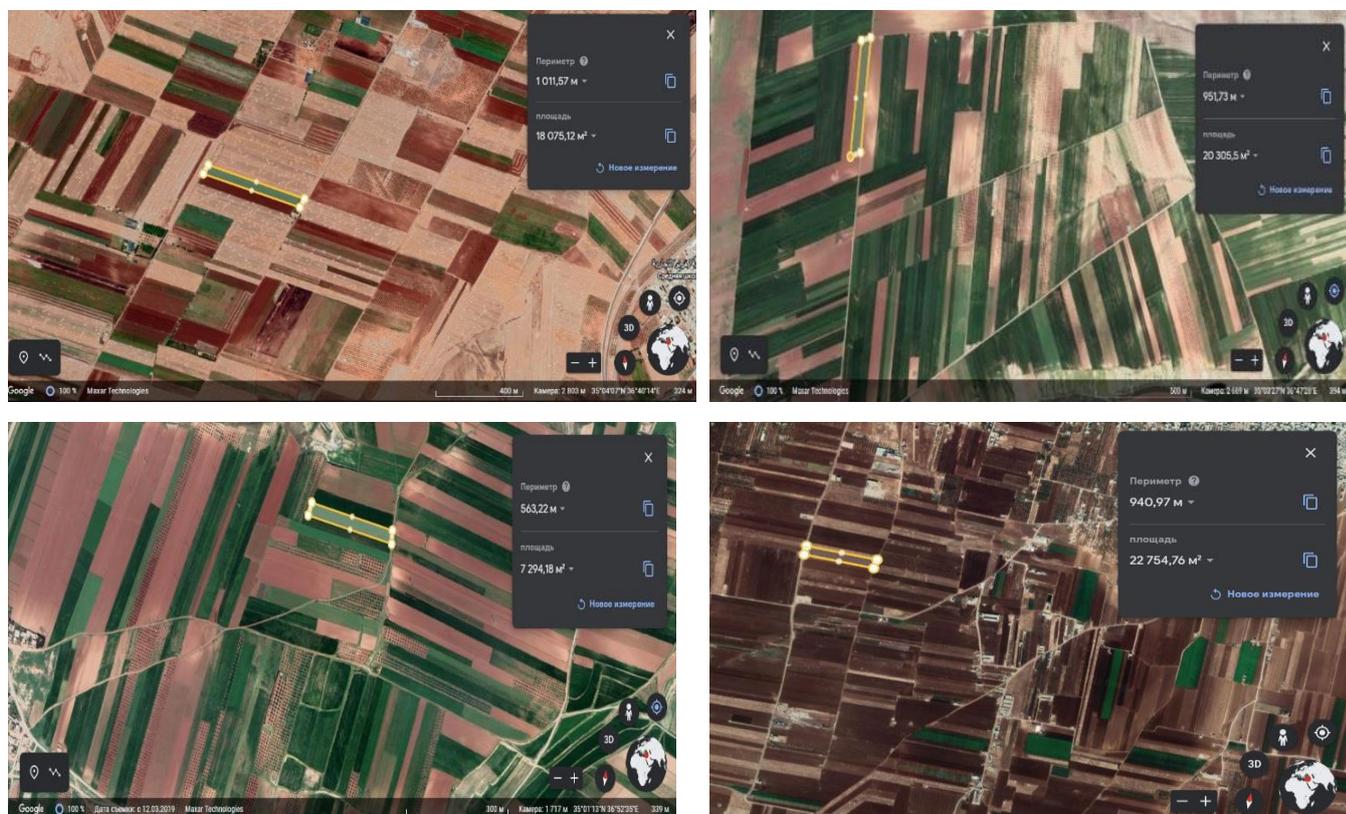


Рисунок 4.20 – Распределение сельскохозяйственных полей в Сирии

На рисунке 4.20 представлена большая часть значений поправочного коэффициента, так как отмечено отсутствие камней, хотя они имеются в небольших количествах на других полях, при отсутствии препятствий.

Было проведено обследование более 50 земельных участков в пяти зонах климатической стабилизации, и были определены размеры сельскохозяйственных полей и их площадь на основе программы Google Earth, которая измеряет приблизительные значения площадей сельскохозяйственных полей, разбросанных по Сирии и используемых при выращивании стратегических культур и картофеля.

После проведения межевания были определены соотношения площадей по общей площади сельскохозяйственных полей %, что и показано на рисунке 4.21.

Из рисунка 4.21 мы замечаем, что 98% площадей сельскохозяйственных полей колеблются в пределах  $F= 0,1...4,80$  га, и это дает четкое представление о размерах малых аграрных хозяйств, при этом доля площадей 4,8...6 га не превышает 2% от общей площади, принадлежащей государству или очень небольшой группе населения.

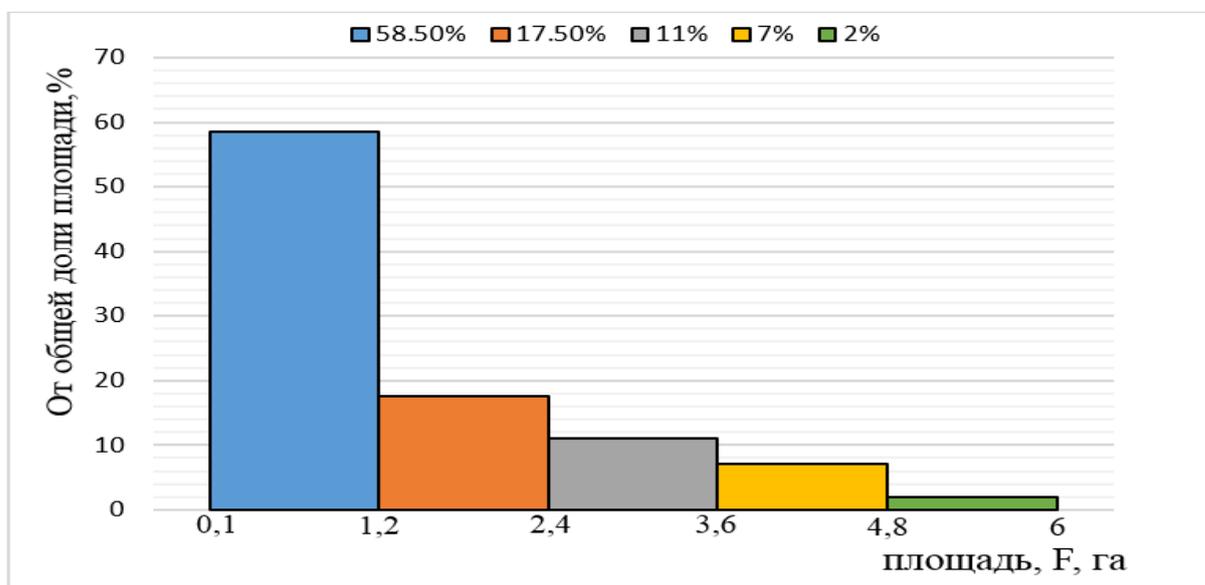


Рисунок 4.21 – Участки сельскохозяйственных угодий, разбросанные по Сирии

Размерные измерения этих полей проводились также для определения длины гона с помощью измерительной линейки в программе Google Earth, путем расчета пропорций длины гона от общей площади полей %, что показано на рисунке 4.22.

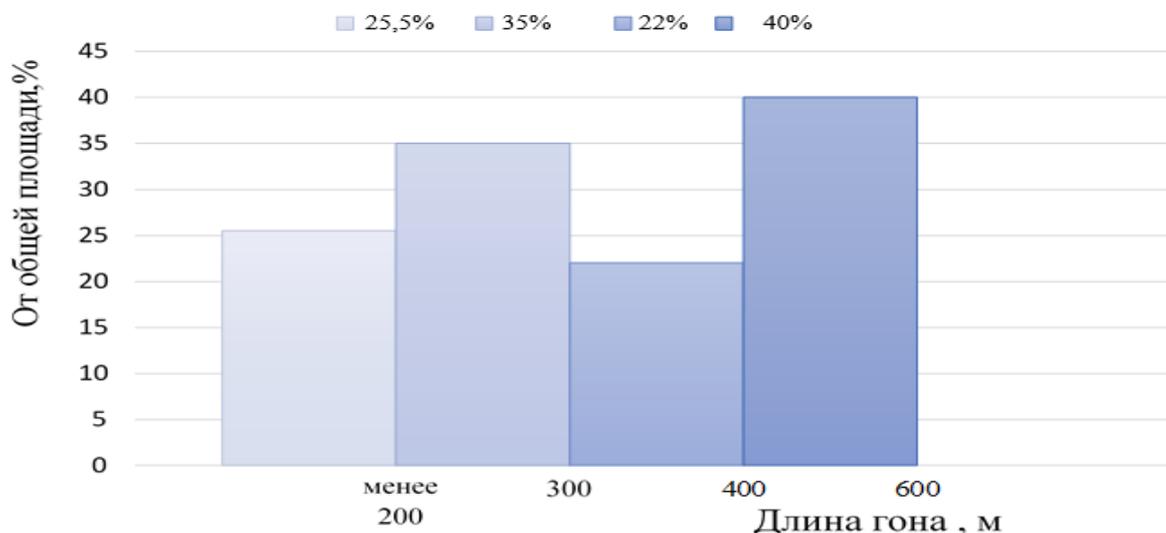


Рисунок 4.22 – Процент длины гона в Сирии от общей площади полей %

Как видно из рисунка 4.22, мы делаем вывод, что большинство сельскохозяйственных полей в Сирии имеют большую длину по сравнению с шириной поля. Возможно, причина кроется в разделах, которые происходят на полях наследниками между детьми владельца, так как они разделены продольно, то мы замечаем, что наибольшие доли длины гонов в пределах 400...600 м, что достигало 40% от общего числа полей, а доля длины гонов 200-300 достигала 30%.

После определения характеристик сельскохозяйственных полей Сирии приступаем к расчету состава агрегата, разбросанных по территории Сирии.

В результате мы рассчитали энергонасыщенность и оптимальные теоретические и практические скорости тракторов (таб. 4.21), развернутых на Ближнем Востоке (Сирия и Ирак).

Таблица 4.21 – Значения теоретической и практической скоростей в соответствии с буксованиями

Трактор	Энегонасыщенность, кВт/т	$P_{KPO}$ , кН	$V_{TO}$ , м/с	$V_o$ , м/с
Фурат (684-E)	19,84	15,3	2,68	2,2
New Holland TT75	22,64		2,54	2,08
Foton 704	15,19		2,26	1,85
Фурат 470	21,13	8,29	2,35	1,93
	13,44	13,024	2,19	1,80
Mahendra MDI	17,32	10,35	2,42	1,98
BENYE 224	13,74		2,33	1,91
MF-240.s	18,28		2,23	1,83
Universal 445	16,54		2,20	1,80

Из таблицы 4.21 видно, что значения оптимальных теоретических скоростей варьировались в пределах 2,19...2,68 м/с, оптимальные рабочие скорости составляют 1,80...2,2 м/с, в зависимости от среднего оптимального значения  $P_{KPO}$ , в зависимости от номинальной мощности трактора.

При вычислении оптимального значения тягового усилия, в зависимости от буксования трактора Фурат 470 без балласта и с балластом мы замечаем уменьшение оптимального значения тягового усилия от среднего значения.

Отметим также, что с увеличением веса трактора (добавлением балласта) значение  $V_{TO}$ ,  $V_T$  уменьшается.

Также были представлены предварительные расчетные данные, исходя из российской базы ресурсосберегающих потребных мощностей для выполнения механических операций в поле в зависимости от длины гона по наиболее распространённым тракторам в Сирии, как показано в таблице 4.21.

В таблице 4.22 показано, что мы предлагаем необходимую мощность в зависимости от длины гона для тракторов, для выполнения технологических операций.

Таблица 4.22 – Исходные данные ресурсосберегающих потребных мощностей двигателей тракторов Фураг для выполнения механизированных работ

Вид операции	Трактор	Класс длины гона, м			
		Менее 200	200...300	300...400	400...600
		Диапазоны мощностей, кВт			
Вспашка легких почв	470- 684-Е	47...88	51...96	61...105	65...114
Вспашка средних почв	684-Е	55...92	60...113	70...124	75...135
Вспашка тяжелых почв		66...112	72...123	76...134	80...145
Лушение стерни и дискование	Фураг 470 Foton 704	35...74	48...92	61...110	74...138
Боронование средними зубовыми боронами	Mahendra MDI- BENYE- 224 MF-240.s- Universal 445	14...23	20...32	26...41	32...52
Сплошная культивация		32...44	43...68	55...95	67...119
Прикатывание кольчато- шпоровыми катками		14...29	22...40	30...51	53...62
Посев зерновых (узкорядный)	Фураг 470 Foton 704	43...73	48...80	54...87	59...94
Культивация междурядная		38...56	44...68	50...80	56...91

Трактор Фураат 470 (Евро) занимает не менее 76% тракторного парка Сирии, так как собран в Сирии в городе Алеппо, а потому будет одобрен в расчетах, связанных с технологическими операциями.

В таблице 4.23 приведен расчет сопротивления лемешных плугов с Ближнего Востока в зависимости от значений удельного сопротивления лемешных плугов на тяжелых, средних и легких почвах  $K_0$ , 63...52...42 кН/м<sup>2</sup>.

Таблица 4.23 – Рассчитанные данные сопротивления для ряда лемешных плугов

Вид операции	Название плуга	$V$ , м/с	$b_m$ , м	$K_v$ , кН/м	$K_{va}$ , кН/м при $\alpha=0$	$R_m$ , кН
Вспашка тяжелых почв	Модель (1)	1,25	1,05	12,19	12,19	12,80
	Модель (2)	0,64	0,87	11,16	11,16	9,71
	AYDIN PULLUK	0,89	0,82	11,02	11,02	9,04
Вспашка средних почв	Модель (1)	1,25	1,05	10,12	10,12	10,63
	Модель (2)	0,64	0,87	8,98	8,98	7,81
	AYDIN PULLUK	0,89	0,82	9,44	9,44	7,74
Вспашка легких почв	Модель (1)	1,25	1,05	8,17	8,17	8,58
	Модель (2)	0,64	0,87	7,25	7,25	6,31
	AYDIN PULLUK	0,89	0,82	7,63	7,63	6,26

Также было предложены плуги, машины для подготовки и различные механические процессы в полевых условиях (для внесения минеральных удобрений, опрыскиватель, борона зубовая, фреза, катки, культиватор-окучник, разравниватель, картофелесажалки и картофелекопатели) и ряд картофелесажалок и машин для уборки клубней в соответствии с мощностью тракторов, используемых на Ближнем Востоке. Зубчатые и гибкие гребни рекомендуются для использования на каменистых почвах и на заросших травой землях.

Механические характеристики с точки зрения рабочей ширины и удельного сопротивления были использованы для плугов, аналогичных тем, которые распространены на Ближнем Востоке и используются в российской базе данных типов ПЛН-3-35, ЗЗТ-1.4 и ПНД-3.

Лемешный плуг Модель (1) производства Сирии зафиксировал самые высокие значения сопротивления плугу  $R_M$  на трех почвах где значение  $R_M$  на тяжелых почвах 12,8 кН и легких почвах 8,17 кН, по сравнению с плугом *Audin Pulluk*, развернутым в Ираке, со значением 9,04 и 6,26 кН соответственно, это показывает влияние ширина захваты на значения сопротивления плуга  $R_M$ .

В таблице 4.24 приведены результаты расчета оптимальной ширины захвата агрегата *Bo Фурат 470* + лемешный Модель (1), 105см, количества корпусов  $n_{корп}$  и коэффициента загрузки трактора  $\mathcal{E}_{кpo}$  в зависимости от типа почвы.

Таблица 4.24 – Рассчитанные данные агрегата *Фурат470* + лемешный плуг.

лемешный плуг	$K_v$ , кН/м	$K_{va}$ , кН/м при $\alpha=0$	$R_M$ , кН	$B_{PO}$	$n_{корп}$	$\mathcal{E}_{кpo}$
тяжелых почв	12,19	12,19	12,80	1,07	3	0,98
средних почв	10,12	10,12	10,63	1,29	3	0,82
легких почв	8,17	8,17	8,58	1,60	4	0,66

Лемешный плуг зафиксировал максимальное значение сопротивления  $R_M$  составил 12,8 кН, кол-во корпусов 3 на тяжелых и средних почвах, и 4 на легких почвах, где ширина корпусов 35 см, Значения  $\mathcal{E}_{кpo}$  также снизились на легких почвах, что позволило нам увеличить скорость.

Также были проведены расчеты рабочих показателей для лемешного плуга, широко распространенного в Сирии и Ираке и используемого для подготовки поля к посадку картофеля, глубина обработки 22 см, рабочая скорость 2,22 м/с, значение удельного сопротивления зафиксировано  $K_v = 16,315$  кН/м, и по данным ширина захвата 90 см, зафиксировано сопротивление  $R_M = 14,68$  кН, мощность тягового процесса зафиксирована  $N_M = 46,586$  кВт, при значении энергозатрат на единицу площади  $E_M = 23,307$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W = 0,61$  га/час, расход топлива  $\theta$  составил 16,653 кг/га, оптимальная ширина захвата по трактору *Фурат 470* зафиксирована  $B_{op} \approx 0,9$  м. Здесь расчет производился по оптимальной скорости, а в Сирии используется рабочая скорость 0,64 м/с, зафиксировано  $K_v = 13,86$  кН/м, и сопротивление плуга  $R_M = 12,47$  кН, производительность  $W = 0,18$ га/час оптимальная ширина захвата по трактору *Фурат 470* зафиксирована

$V_{op} = 1,04$  м, Поэтому в заключение мы предлагаем принять для вспашки в Сирии скорость 2,22 м/с, чтобы задействовать полную мощность Фурат 470, что приведет к увеличению производительности на 0,43 га/час. В таблице 4.25 приведены аналогичные в утвержденной и предлагаемой российской базе используемые лемешные плуги [4].

Таблица 4.25 – Рекомендуемое использование лемешных плугов

Описание	Лемешный плуг		
	ПЛН-3-35	ПЛН-4-35	ПЭН 3/4
Место производства	Россия	Россия	Россия
Ширина захвата, см	105	140	90/ 120
Глубина обработки, см	30	30	26
Количество кор, шт.	3	4	3/4
Рабочая скорость, км/ч	12	12	5-9
масса плуга, кг	444	660	329/500
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной

Его важная роль очевидна в переворачивании почвы, ее рыхлении, закапывании пожнивных остатков и смешивании внесенных удобрений на глубоких уровнях поверхностного слоя, особенно в почвах, содержащих высокий процент растительных остатков и сорняков, а также способности работать на скорости 6...9 км/ч и на глубине 20...27 см, так как отличается твердостью и устойчивостью к камням в каменистой почве.

Мы также предоставляем расчеты, относящиеся к наиболее распространенному чизельному плугу (таб. 4.26), используемому в Сирии.

Таблица 4.26 – Рассчитанные данные агрегата (чизельный плуг + Фурат470)

Пружинный экскаватор	$K_v$ , кН/м	$R_a$ , кН	$B_{PO}$	$n_{корп}$	$\varepsilon_{кpo}$
тяжелых почв	8,98	12,57	1,45	7	0,96
средних почв	8,14	11,39	1,6	8	0,87
легких почв	7,29	10,21	1,78	9	0,78

Чизельный плуг (7 лап, 140см) зафиксировал  $R_m$  на почвах (тяжелое, среднее и легкое) в 12,57, 11,39 и 10,21 кН, соответственно при кол-ве лап 7,8,9, где ширина лап 20 см.

Мы определяем аналогичные плуги из российской базы данных (таб. 4.27), чтобы дополнить характеристики и точно определить наиболее важные механические свойства.

Таблица 4.27 – Рекомендуемое использование чизельных плугов

Описание	чизельный плуг Культиватор (Ege)		
	EMK 700	EMK 900	EMK 1100
Место производства	Турция	Турция	Турция
Ширина захвата, см	171	213	282
Глубина обработки, см	25	25	25
Количество лап, шт.	7	9	11
Высота, см	105	105	105
масса плуга, кг	225	270	315
Требуемая мощность, л.с. (кВт)	35(26)	40(30)	50(37)
Длина, см	165	207	275
Описание	чизельный плуг Культиватор (Foton)		
	3ZT-1.4	3ZT-1.8	3ZT-2.2
Место производства	Китай	Китай	Китай
Ширина захвата, см	140	180	220
Глубина обработки, см	10-20	10-20	10-20
Количество лап, шт.	7	9	11
Высота, см	80	70	70
масса плуга, кг	300	350	420
Требуемая мощность, л.с.(кВт)	30-40(22,1-29,4)	40-50(29,4-36,8)	50-70(29,4-51,5)
Длина, см	90	80	80

Был предложен ряд чизельных плугов, которые можно привезти в Сирию и которые совместимы с мощностью имеющихся тракторов и которые характеризуются простотой обслуживания благодаря своей простой конструкции, а также их роли в рыхлении почвы. уничтожение сорняков и смешивание удобрений и остатков предыдущих культур с поверхностным слоем. Их также можно использовать в качестве культиваторов междурядий под различными

культурами, например, картофелем.

Дисковый плуг ширина захвата 97 см, ширина корпуса плуга 0,30 м, (таб. 4.28) показал самые низкие значения  $R_m$ , особенно на легких и средних почвах, по сравнению с предыдущими плугами.

Таблица 4.28 – Рассчитанные данные агрегата (дисковый плуг + Фурат 470)

Самодельный (1)	$V$ , м/с	$K_v$ , кН/м	$R_a$ , кН	Среднее значение, $K_v$	Среднее значение, $R_a$	$B_{PO}$	$n_{корп}$	$\mathcal{E}_{KPO}$
Суглинистая почва	1,11	11,30	10,96	12,22	11,85	1,09	4	0,91
	1,7	12,22	11,86					
	2,2	13,14	12,75					
суглинисто-песчаная почва	1,9	4,61	4,47	9,69	9,39	1,39	5	0,72
	2,2	5,61	5,44					
	2,5	6,64	6,44					
Супесчаная Почва	0,82	2,27	2,2	8,27	8,02	1,62	5	0,62
	1,37	2,37	2,30					
	1,93	2,54	2,46					
	2,32	2,68	2,60					
	2,58	2,79	2,71					

В таблице 4.29 также показано предложение по группе дисковых плугов, которые могут быть ввезены в Сирию на основе утвержденной российской аналогичной базы данных, соответствующей возможностям тракторов.

Таблица 4.29 – Рекомендуемое использование дисковых плугов

Описание	Дисковый плуг		
	ПНД-3	Foton	УТО(1LY-325) CPS 660 (CP 710)
Место производства	Белоруссия	Китай	Китай
Ширина захвата, см	970	90	750
Глубина обработки, см	25-30	25-30	25-30
Количество корпусов, шт.	3	3	3
Рабочая скорость, км/ч	10	7-10	10
Диаметр диска, см	66,5	66	66
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Требуемая мощность, л.с.(кВт)	60(44,4)	55(40,7)	50(37)
Масса, кг	390	430	400

Важность его использования при вспашке почвы проявляется при меньших требованиях к мощности, чем у лемешных плугов. Он используется на различных типах почв, будь то целина или залежная почва. Он также может использоваться на затопленных почвах или почвах, содержащих высокий процент корней, с возможностью работы на разных скоростях 7...9 км/ч и на глубине 25...30 см.

Выполнив расчеты, связанные с сопротивлением трех наиболее распространенных плугов и оптимальной шириной захвата для каждого из них, а также коэффициентами загрузки наиболее широко используемого трактора Фураг 470 для каждого из них на разных типах почвы, и представив аналогичные плуги, утвержденные на российской базе, которые могут быть внедрены в результате износа имеющихся плугов, а также обстоятельств их применения, а также того факта, что сирийские поля различаются по пропорциям камней (таб. 4.30), показаны результаты расчетов производительности  $W$  и расхода топлива  $\theta$  для трех плугов с учетом поправочного коэффициента камня.

Таблица 4.30 – Производительность и расход топлива агрегата с учетом местных условий

Степень каменистости	Коэфф.кам	Обо.поп.коэфф	лемешный		чизельный		дисковый	
	$K_k$	$K_{об}$	$W$ , га/ч	$\theta$ , кг/га	$W$ , га/ч	$\theta$ , кг/га	$W$ , га/ч	$\theta$ , кг/га
Никаких камней	1	0,98	0,412	23,24	0,518	17,19	0,501	19,16
Низкое количество	0,98	0,96	0,403	23,70	0,508	17,53	0,491	19,55
Среднее количество	0,92	0,90	0,378	25,33	0,476	18,71	0,460	20,86
Большое количество	0,85	0,83	0,348	27,42	0,439	20,29	0,424	22,64

Где отмечается, что лемешный плуг показал наивысший расход топлива 27,42 кг/га, на земле, заполненной камнями, и наименьшей производительности 0,348 га/ч, в то время как значения производительности чизельного и дискового плугов сошлись, с точки зрения расхода топлива, превосходство дискового плуга над чизельным плугом.

**Бороны и катки** – после вспашки плуги оставляют почву неоднородной и должны разбивать комки, размягчать и уничтожать оставшиеся семена сорняков [120,173].

Были произведены расчеты по эксплуатационным показателям зубчатой бороны типа **БЗС-1,0**, у которой средняя глубина обработки 6,25 см, рабочая скорость 2,5 м/с, значение удельного сопротивления 0,513 кН/м, и по данным ширина захвата 0,95 м, зафиксировано сопротивление бороны 0,513 кН, мощность тягового процесса зафиксирована  $N_M = 2,134$  кВт, при значении энергозатрат на единицу площади,  $E_M = 0,899$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W$  зафиксирована 0,686 га/час, расход топлива  $\theta$  составил 12,949 л/га, оптимальная ширина захвата по трактору Фират 470 зафиксирована  $B_{op} = 25,39$  м.

Здесь, в таблице 4.31, мы представляем некоторые аналогичные зубчатые бороны, которые предлагается завезти в Сирию и которые работают с возможностями имеющихся тракторов.

Таблица 4.31 – Рекомендуемое использование бороны

Описание	Борона зубовая			Борона дисковая
	БЗС-1,0	(БЗСС-1.0Г)	Farm King	БНД-1,8
Место производства	Россия	Россия	Канада	Россия- Беларусь
Ширина захвата, м	0,95	0,95	1,52	1,8
Производительность, га/ч	1,2	1,2	----	1,6-2,1
Глубина обработки, см	3-8	6-8	4-8	12-20
Тип агрегатирования	навесной			
Рабочая скорость, км/ч	12	12	10-12	9-12
Количество корпусов, шт.	20	20	30	16- диаметр 65 см
Масса, кг	40,5	44,7	45,8	800

Её роль проявляется в разрыхлении и выравнивании почвы, придании ее поверхности однородности после первоначальных операций вспашки, что облегчает работу посевных агрегатов, а также в уничтожении всходов сорняков,

вырастающих после процесса вспашки.

Также были проведены расчеты для дисковых катков типа **1BJX-2.0** с целью определения их эксплуатационных показателей, исходя из рабочей скорости 2,7 м/с, средней глубины обработки 16 см и ширины захвата 2 м. Регистрировалось удельное сопротивление 0,766 кН/м, а сопротивление машины составило 1,53 кН, мощность тягового процесса зафиксирована  $N_M = 6,894$  кВт, энергозатрат на единицу площади,  $E_M = 1,277$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W = 1,573$  га/час, расход топлива  $\theta = 7,386$  л/га, оптимальная ширина захвата по трактору Фират 470,  $V_{op} = 8,512$  м. В таблице 4.32 мы предлагаем группу аналогичных дисковых катков, предлагаемых для использования в Сирии, а также ряд роторных экскаваторов, которые могут работать с тракторами мощностью менее 50 л. с.

Таблица 4.32 – Рекомендуемое использование катков и культиваторов роторных

Описание	Катки дисковые		
	1BJX-2.0	1BJX-2.2	1BJX-2.5
Производительность, га/ч	1,5	1,6	1,9
Ширина захвата, м	2	2,2	2,5
Требуемая мощность, л.с.	35-45	40-50	55-60
Глубина обработки, см	14-18	14-18	14-18
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Количество корпусов, шт.	18	20	24
диаметр диска, см	56	56	56
Масса, кг	434	463	700
Описание	Культиватор роторный		
	Start-145	Celli Alpha 140	Celli F/BA 165
Место производства	Италия	Италия	Италия
Требуемая мощность, л.с.	25-30	40-60	40-45
Ширина захвата, м	1,48	1,6	1,65
Глубина обработки, см	15	20	20
частота вращения ротора при ВОМ 540 об/мин,	230	208	208
Количество ножей, шт.	28	36	48
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Масса, кг	185	322	270

Роль дисковых катков или борон заключается в более тонком измельчении поверхностного слоя, помимо его выравнивания и уплотнения, что сохраняет влажность в зоне распространения корней, так как влияние уплотненного слоя почвы достигает около 10 см.

Эксплуатационные показатели рассчитаны для агрегата (сплошная культивация + Фурат 470), широко используемый в Сирии, при которой ширина захвата 210 см, количество рабочих органов 7лап, тип почвы – тяжелый. При рабочей скорости  $V = 2,22$  м/с, экскаватор (сплошная культивация) зафиксировал сопротивление  $Kv = 1,741$  кН/м, при этом значение показанного им сопротивления составило  $Ra = 3,657$  кН. Расчетная мощность тягового процесса зафиксирована  $N_M = 13,53$  кВт, при значении энергозатрат на единицу площади,  $E_M = 2,93$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W$  зафиксирована 1,48 га/час, расход топлива  $\theta$  составил 6,38 кг/га, оптимальная ширина захвата  $Bop = 4,18$  м.

**Планировщики и выравниватели** - после обработки почвы и использования гребней или фрез земля становится совершенно неровной, что требует процесса выравнивания для обеспечения распределения поливной воды и простоты последующих механических операций по внесению удобрений, посеву, опрыскиванию и прополке. В таблице 4.33 показаны выравниватели, совместимые с сирийскими тракторами и обеспечивающие выравнивание и облегчение последующих операций.

Таблица 4.33 – Рекомендуемое использование планировщиков и выравнивателей

Описание	Планировщики и выравниватели		
	Lovol RB-4	RB-5	RB-6
Место производства	Китай	Китай	Китай
Требуемая мощность, л.с.	25-40	30-40	40-50
Ширина захвата, м	1,2	1,5	1,8
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Масса, кг	150	180	210

После завершения вспашки, рыхления почвы, проведения работ по планировке и уплотнению становится возможным внедрение картофелесажалки в поле. Произведены расчеты рабочих показателей картофелесажалки, распространенной в Сирии и Египте. Ширина захвата 120 см, а рабочая скорость 1,4 м/с, при этом значение удельного сопротивления  $K_v$  зафиксировано 2,602 кН/м, а сопротивление машины  $R_m = 3,122$  кН, расчетная мощность  $N_M = 7,286$  кВт, при значении энергозатрат на единицу площади  $E_M = 4,337$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W$  зафиксирована 0,2 га/час, расход топлива  $\theta$  составил 25,81 кг/га, оптимальная ширина захвата по трактору Фурат 470 равна 10м, так как наблюдаются большие потери энергии, поэтому его можно использовать с тракторами малой мощности и внедрением четырехрядных картофелесажалок, соответствующих мощности трактора Фурат 470.

Следует отметить, что существует большое количество картофелесажалок, которые помимо тяги отбирают мощность от вала отбора мощности, и это учитывалось в расчетах, так как в расчетах отмечено, что при работе одной и той же сажалки при расчете мощности, затраченной на ВОМ, удельное сопротивление зафиксировано как  $K_B = 3,585$  кН/м, где общее сопротивление 7,56 кН, при этом общее значение мощности  $N_M = N_T + N_B = 15,24$  кВт, а общие энергии затраты 9,07 кДж/м<sup>2</sup>.

В Таблице 4.34 представлены картофелесажалки, соответствующие парку малоэнергоёмких тракторов, используемых в Сирии, включая Mahendra MDI, BENYE 224, MF-240.s и Universal 445.

Предложены картофелесажалки, такие как **КСТ-2**, которые комбинируются с тракторами класса не менее 0,6, но необходимо использовать семена клубней диаметром 4 см, с возможностью регулирования глубины от 5...10 см, шаг клубней от 18...25 см, а также наиболее важными преимуществами являются то, что они содержат два бака емкостью по 50 литров на бак, что сокращает холостые хода, где производительность составляет 0,3 га/ч. Рекомендуется использовать тип **КСНТ-2**. Он подходит для всех климатических условий и для выращивания проросших и не проросших клубней с расстоянием между рядами 70 см с

возможностью регулировки шага посадки 19...45 см. Он подходит для небольших контурных полей, и может контролировать плотность посадки с помощью комплекта звездочек.

Таблица 4.34 – Рекомендуемые картофелесажалки с низкими тяговыми классами

Описание	Картофелесажалка			
	КСТ-2	КСНТ-2	Чесчи & Magli- F300L	КС-2
Место производства	Украина	Россия	Италия	Украина
Количество рядков, шт.	2	2	2	2
Кол-во obs. персонала, чел.	нет	нет	2	нет
Производительность, га/ч	0,5	0,7	0,6	0,63
Вместимость бункера, кг	180	260	270	175
Междурядье, см	62,5/67,5	70/75/90	75	65-75
Посадочное расстояние, см	29; 32; 35	19-45	8; 10; 32;38	32
Глубина заделки, см	6-15	10-15	10-15	18
Требуемая мощность трактора, л.с. (кВт)	От 24	28-38	25	20
Агрегатируемость, тс	0,6	0,9-1,4	0,6-0,9	0,6-0,9
Рабочая скорость, км/ч	4	6	4-10	4-10
Длина/ Ширина/ Высота, см	140/140/145	137/176/115	135/150/115	145/163/145
Масса, кг	210	360	165	203

Приведены результаты расчетов для четырехрядной картофелесажалки типа Чесчи & Magli- F300L, при рабочей скорости 1,4 м/с, где значение полного сопротивления машины составило  $R_{\text{мв}} = 17,878$  кН, включающее в себя удельное тяговое сопротивление  $Kva = 2,8$  кН/м, и удельное сопротивление на ВОМ  $Kв = 3,585$ кН/м. Также фиксировалась общая мощность  $N_M = 36,862$  кВт, и показывалась производительность  $W = 0,418$  га/ч, и расход топлива  $\theta$  составил 12,35 кг/га, а общие энергии затраты 9,404 кДж/м<sup>2</sup>. и рассчитана оптимальная ширина захвата по трактору Фурат 470 равна 1, то есть трактор оптимально загружен. Что касается тракторов Фурат (684-Е), Фурат 470, New Holland TT75 и Foton 704, в таблице 4.35 приведены типы картофелесажалок, совместимые с мощностью вышеупомянутых тракторов.

Таблица 4.35 – Рекомендуемое использование картофелесажалок

Описание	Картофелесажалка		
	ОКЧ.45.000	Л-202-01	Checchi & Magli- F300L
Место производства	Россия	Беларусь	Италия
Количество рядков, шт.	4	4	4
Производительность, га/ч	1,25-2,4	1,12-2,8	1,1-2,7
Вместимость бункера, кг	850	600	----
Междурядье, см	70/75	70	70/75
Посадочное расстояние, см	----	20-40	14-28
Глубина заделки, см	---	5-15	---
Требуемая мощность трактора, л.с. (кВт)	45	---	40 (29)
Агрегатируемость, тс	1,4	1,4	1,4
Рабочая скорость, км/ч	4-10	4-10	4-8
Длина/ Ширина/ Высота, см	204/296/116	165/150/150	135/300/115
Масса, кг	760	380	290

После посева клубней также требуется внесение удобрений и опрыскивание пестицидами, поскольку большинство этих операций фермер выполняет с помощью ручного устройства, хотя иногда у него есть трактор, мы предлагаем использовать машины, что соответствует мощности тракторов, развернутых на Ближнем Востоке (Таб. 4.36).

Таблица 4.36 – Рекомендуемые машины для внесения минеральных удобрений и опрыскивания

Описание	Машина для внесения минеральных удобрений		
	МБУ-600/1200	(Sitrex FS)-150	(Sitrex FS)-250
Место производства	Россия	Италия	Италия
Вместимость бункера, л	545/1200	144	196
Грузоподъемность, кг	600	160	260
Рабочая скорость, км/ч	10-12	3-16	3-16
Ширина разбрасывания, м	8-24/12-36	5-15	6-18
Ширина разбрасывания при гранулированных- кристаллических, м	(14-24)- (8-12)/---	(5-15) - (6-18)	----
Норма внесения, кг/га	40-1000	20-3700	20-3700
Производительность, га/ч	6-18/8,2-25,2	3-6	3-6
Норма внесения семян сидератов, кг/га	10-200	----	----
Количество рассеивающих дисков, шт.	1/2	1	1
Масса, кг	130/150		----

Описание	Опрыскиватель	
	ОШН-12	(ВИМ)
Место производства	Россия	Россия
Размах штанги, м	12	12
Производительность, га/ч	12	12
Ёмкость основного бака, л	600	600
Высота опрыскивания, см	70-110	5-140
Рабочая скорость, км/ч	6-10	2-10
Расстояние между распылителями, мм	---	50
Расход рабочей жидкости, л/мин	80-280	22,5
Тип агрегатирования	навесной	навесной
Масса, кг	180	380

Агрегируется с тракторами класса 0,6...1,4 используется для распыления инсектицидов и фунгицидов, а также для борьбы с сорняками и болезнями (таб. 4.36).

После выполнения всех предыдущих операций и роста урожая картофеля необходимо провести обработку междурядий, прижать почву к укрытию, что способствует формированию более крупной корневой системы и, следовательно, большей производительности и с меньшими затратами времени и сил, поскольку большая часть этих операций выполняется с использованием рабочих. Рассчитаны эксплуатационные показатели для культиватора-окучника типа (**ОК-2**), у которого средняя глубина обработки  $a_m = 7,5$  см, рабочая скорость 2,22 м/с, значение удельного сопротивления зафиксировано  $k_{va} = 1,742$  кН/м, и по данным ширина захвата 1,5 м, зафиксировано сопротивление  $R_M = 2,613$  кН, мощность тягового процесса зафиксирована  $N_M = 9,668$  кВт, при значении энергозатрат на единицу площади,  $E_M = 2,971$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W$  зафиксирована 0,971 га/час, расход топлива  $\theta$  составил 9,725 кг/га, оптимальная ширина захвата по трактору Фурат 470 зафиксирована  $Вор = 4,98$  м. Этот тип может использоваться с тракторами с низкой энергоемкостью.

Приведены результаты расчетов для четырехрядной окучника типа Hillstar-складная по трактору Фурат 470, при рабочей скорости 2,22 м/с, где значение сопротивления машины составило  $R_M = 4,878$  кН,  $k_{va} = 1,742$  кН/м, общая мощность  $N_M = 18,047$  кВт, и  $W = 1,526$  га/ч, и расход топлива  $\theta$  составил 6,188 кг/га, а общие энергии затраты  $E_M = 2,903$  кДж/м<sup>2</sup>.

В таблице 4.37 показаны предлагаемые виды культиваторов-окучников для использования и внедрения в Сирии по данным российской базы данных.

Таблица 4.37 – Рекомендуемое использование культиваторов-окучников

Описание	Mahendra MDI, BENYE 224, MF-240.s и Universal 445			Фурат, New Holland TT75 и Foton 704
	(OK-2)	Wirax	Wirax	Hillstar- складная
Место производства	Россия	Польша	Россия	Россия
Требуемая мощность, л.с.	30	30	От 24	50/60
Ширина захвата, м	1,5	1,5	3	280/300(транспорт)
Глубина обработки, см	5-10	7-10	15	----
Производительность, га/ч	0,2		1,5-2,4	1,5-2,4
Ширина междурядий, см	45-70	62-75	62-75	60-90
Количество обрабатываемых рядов, шт.	2	3 (2 для картофеля)	5	4 / 6
Рабочая скорость, км/ч	4		5-8	5-8
Тип агрегатирования	навесной			
Масса, кг	20	105	150	720/980

И мы приходим к конечному технологическому процессу, который позволяет машине механически собирать клубни пропорционально механической посадке. Проведены расчеты для картофелекопалок, широко распространенных в большинстве стран Ближнего Востока, таких как Сирия и Египет. Рассчитаны эксплуатационные показатели, рабочая скорость 1,4 м/с, значение удельного сопротивления зафиксировано  $k_{va} = 11$  кН/м, и по данным ширина захвата 140см, зафиксировано сопротивление  $R_M = 15,4$  кН. Следует отметить, что существует большое количество картофелекопалок, которые помимо тяги отбирают мощность от вала отбора мощности, и это учитывалось в расчетах, так как в расчетах отмечено, при расчете мощности, затраченной на ВОМ, удельное сопротивление зафиксировано как  $K_B = 6,373$  кН/м, где общее сопротивление  $R_{MB} = 24,32$  кН, при этом общее значение мощности  $N_M = N_T + N_B = 47,31$  кВт, оптимальная ширина захвата по трактору Фурат 470 зафиксирована  $B_{op} = 1,26$  м, а общие энергии затраты  $24,138$  кДж/м<sup>2</sup>, производительность  $W$  зафиксирована 0,27 га/час, расход топлива  $\theta_u = 13,69$  кг/га,  $\theta_{uF}$  составил 27,379.

По данным российской базы, предлагается широкий спектр картофелекопалок, предлагаемых к внедрению в Сирию: однорядные,

совместимые с малоэнергоемкими тракторами, и двухрядные для тракторов такого класса, как Фурат 470.

Существует большое разнообразие картофелекопалок однорядного или двухрядного типа, которые частично отделяют клубни от почвы и ботвы и укладывают их на поверхность поля, на которых тип **КТН-1Б** (таб. 4.38) комбинируется с тракторами 0,6 ...1,4, что касается типов **КТН-2В** и **КТН-2ВМ**, то они используются только в легких и средних почвах с влажностью не более 27% и количеством камней 8...9 тон/га, твердостью почвы 20 кг/см<sup>2</sup> (таб. 4.38).

Таблица 4.38 – Рекомендуемые картофелекопатели (1 ряд)

Описание	Тип машины		
	КТН-1Б	Ярило	КП-01П
Производительность, га/час	0,3-0,4	0,2-0,3	0,15
Ширина борозды, см	60-90	45	40
Рабочая скорость, км/час	3-6	2	1-3
Количество рядков, шт	1	1	1
Ширина разброса клубней, м	1-2	---	---
Габаритные размеры, см	123/100 /120	114/74/47	85/67/73
Масса, кг	235	40	43
Агрегируется с тракторами тяго-усилия кН.	0,6 – 1,4		
Глубино выкапывания, см	22	20	18
Особенности	Привод от ВОМ	Привод от колес	Привод от ВОМ
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной

Что касается типа **Л-651** (таб. 4.39), то он характеризуется низким тяговым сопротивлением за счет использования рабочих органов дискового типа и используется на небольших контурных территориях.

Таблица 4.39 – Рекомендуемые картофелекопатели (1-2 ряда)

Описание	картофелекопатель		
	КТН-2В/ КТН-2ВМ	Л-651	КП-1
Производительность, га/час	0,25 – 0,47	0,08-0,25	0,08 - 0,25
Ширина захвата, см	140	62	62
Рабочая скорость, км/час	1,8 – 3,4	2,5	1,3-4,0
Количество рядков, шт	2(Лапа)	1(Диск)	1(Диск)

Продолжение таблицы 4.39

Габаритные размеры, см	322 /172 /125	380/ 110/ 105	380/110/105
Масса, кг	810	420	420
Агрегатируется с тракторами,	1,4 кл	0,6 Кн(т-о)	0,6Кн.
Глубина подкапывания, см	22	22	22
Особенности	на легких и средних почвах	на легких и средних почвах	на легких и средних почвах
твердости почвы, кг/см <sup>2</sup>	до 20	----	-----
Влажности, %	не более 27%	----	до 30
засоренных камнями, т/га	до 8-9	до 9	До 6
Удельный расход топлива, кг/га,	-----	-----	не более 31
<b>Описание</b>	картофелекопатель		
	КСТ-1,4М	УКВ-2	ККУ-1
Производительность, га/час	0,27-0,86	0,27-1,17	0,25
Тип агрегатирования	полунавесной	Полунавесной	полунавесной
Ширина захвата, см	140	150	62
Рабочая скорость, км/час	1,93-6,5	1,9-6,5	6
Количество рядков, шт	2(лап)	2(лап)	1
Габаритные размеры, см	540/190/135	580/270/140	640/270/270
Масса, кг	1380	1800	2750
Агрегатируется с тракторами,	1,4 Кн	1,4 Кн	1,4 Кн
Глубина подкапывания, см	25	25	22
Мощность отбираемая от ВОМ трактора, л.с	20	20	----
Влажности, %	До 27	до 27	
засоренных камнями, т/га	До 6	До 6	До 8

Для типа **КТП-1** (таб. 4.39) он имеет возможность работать с влажностью до 30%, а также возможность использования на почвах со средними камнями и до 6 тон/га и размером 16 см, где он комбинируется с 0,6 тракторами. Тип **УКВ-2** (таб. 4.39) комбинируется с тракторами 1,4 и обладает преимуществом работы на всех типах почв, даже на тяжелых, и на полях с уклоном 4%.

Учитывая полное отсутствие картофелеуборочных комбайнов в Сирии, в таблице 4.40 можно предложить ряд машин, совместимых с сирийским тракторным парком класс 1,4 кН.

Таблица 4.40 – Рекомендуемые картофелеуборочные комбайны (1-2 ряда)

Описание	Тип комбайна	
	ККБ-2	Лидчанин-1
Производительность, га/час	0,4-1,0	0,22
Тип агрегатирования	полунавесной	полунавесной
Ширина захвата, см	150	70-75
Рабочая скорость, км/час	3-7	1,5 – 5
Количество рядков, шт	2	1
сельскохозяйственный рабочий	4	4
Габаритные размеры, см	1120/330/370	715/240/290
Масса, кг	9350	3800
Агрегируется с тракторами класса, Кн	1,4-2	1,4
Глубина подкапывания, см	До 25	25
Вместимость бункера, т	6,0	2,0
Особенности	выкапывания, сортировки и погрузки в бункер,	выкапывания, сортировки и погрузки в бункер,
Влажности, %	----	До 27
засоренных камнями, т/га	----	До 6

Для картофелеуборочных комбайнов, которые выкапывают, очищают и собирают клубни, тип *ККУ-1* может обрабатывать до 28 т/га с минимальным повреждением клубней (таб. 4.40). Тип *ККБ-2* и *Лидчанин-1* характеризуется эффективным разделением камней и блоков (1,4кН).

После проведения всех расчетов по комплексам машин, начиная от подготовки почвы и заканчивая уборкой урожая, комплексы машин для посадки и уборки картофеля можно обосновать по площади 10 га, засаженной картофелем (таб. 4.41), где завершенная площадь определялась  $F$ , га/сут в зависимости от каждой операции, а также количества необходимых дней  $D$  и количества часов. Учитывая, что продолжительность смены в Сирии составляет 8 рабочих часов.

Таблица 4.41 – результаты обоснования машинного комплекса для посадки и уборки картофеля в Сирии

Вид операции	Трактор	W, га/час	$\theta$ , кг/га	F, га/сут	D(час)-10га	
Вспашка легких почв	Фурат 470- 684-Е New Holland TT75 Foton 704	0,348	27,42	2,784	3,5(28,7)	
Вспашка средних почв	684-Е	0,378	25,33	3,024	3,3(26,5)	
Вспашка тяжелых почв		0,403	23,70	3,224	3,1(24,8)	
Борона зубовая	Mahendra MDI BENYE 224 MF-240.s Universal 445	0,686	12,949	5,488	1,82(14,58)	
Катки дисковые		1,573	7,386	12,584	0,79(6,36)	
Сплошная культивация		1,48	7,78	11,84	0,85(6,76)	
Посадки картофеля		0,20	25,81	1,6	6,25(50)	
Культивация междурядная		0,971	9,725	7,768	1,29(10,3)	
Уборка картофеля		Фурат 470- 684-Е New Holland TT75 Foton 704	0,27	27,379	2,16	4,63(37)

В таблице 4.41 приведены показатели производительности, расход топлива, а также ежедневно обрабатываемая площадь по каждому технологическому процессу. Из таблицы наблюдаем снижение производительности картофелесажалки, которая составила 0,20 га/час, а расход топлива составил 25,81 кг/га. Предлагается внедрить четырехрядную картофелесажалку, позволяющую увеличить производительность и снизить рабочего времени, а также внедрение машин для обработки почвы перед посадкой клубней, совместимых с мощностью более 50 л.с.

#### 4.5. Результаты расчета способа движения агрегатов

Для повышения производительности и снижения расхода топлива был использован российский опыт расчета и определения оборотов агрегатов в полевых условиях.

Мы рассчитали средний радиус поворота  $R$  и длину выезда агрегата  $e$ , а также рациональную ширину поворотной полосы агрегата  $E$  (Фурат 470 + лемешный, чизельный и дисковый плуг).

1- лемешный плуг, 1,05м,  $R_1 = 3.31$ ,  $e_1 = 0.47$ ,  $d_{k1} = 0.63$  (таб. 4.42)

2- чизельный плуг, 1,40м,  $R_2 = 4.4$ ,  $e_2 = 0.63$ ,  $d_{k2} = 0.84$  (таб. 4.44)

3- дисковый плуг, 0,97 м,  $R_3 = 2.96$ ,  $e_3 = 0.44$ ,  $d_{k3} = 0.58$  (таб. 4.45)

Таблица 4.42 – Размер поворотных полос (Фурат 470 + лемешный плуг)

виды поворотов МТА	$\lambda_E$	$h$	$E_{min}$	$n_{HP}$	$n_H$	$E_H$
беспетлевой на $180^0$	1,1	3.64	4,74	4.51	5	5.25
беспетлевой с прямолинейным участком	1,1	3.64	4,74	4.51	5	5.25
беспетлевой на $90^0$	1,1	3.64	4,74	4.51	5	5.25
перекрестно-петлевой	2	6.62	7,72	7.35	8	8.40
петлевой грушевидный	2,8	9.27	10,36	9.87	10	10.50
петлевой односторонний	2,6	8.61	9,70	9.24	10	10.50
петлевые грибовидные(открыт)	1,1	3.64	4,74	4.51	5	5.25
петлевые грибовидные(закрыт)	1,1	3.64	4,74	4.51	5	5.25

В таблице 4.43 также показано количество проходов  $n$  лемешного плуга для всех способов движения всвал и вразвал, которые были определены в соответствии с шириной полей, разбросанных по Сирии по данным таблицы 4.20.

Таблица 4.43 – Количество проходов для всех способов движения всвал и вразвал (Фурат 470 + лемешный плуг)

$L$ , га	$A_x$	$C_{OPT}$	$C_{SOP}$	$n$
0,1...1,2	51,698	10,687	10,677	2/3/4
1,2...2,4	53,889	10,911	10,901	3/4/5/6
2,4...3,6	56,175	11,139	11,129	6/7/9/11
3,6...4,8	58,459	11,363	11,354	6/7/8
4,8...6	60,745	11,583	11,573	12

Где количество проходов  $n$  определено в соответствии со средним значением оптимальной ширины загона по минимуму длины холостого хода  $C_{SOR}$ , которое составило в среднем 11,13.

Таблица 4.44 – Размер поворотных полос (Фурат 470 + чизельный плуг)

Виды поворотов МТА	$\lambda_E$	$h$	$E_{min}$	$n_{HP}$	$n_H$	$E_H$
беспетлевой на $180^0$	1,1	4,84	4,38	3,13	4	3,88
беспетлевой с прямолинейным участком	1,1	4,84	4,38	3,13	4	3,88
беспетлевой на $90^0$	1,1	4,84	4,38	3,13	4	3,88
перекрестно-петлевой	2	8,8	7,13	5,09	6	5,82
петлевой грушевидный	2,8	12,32	9,57	6,84	7	6,79
петлевой односторонний	2,6	11,44	8,96	6,40	7	6,79
петлевые грибовидные(открыт)	1,1	4,84	4,38	3,13	4	3,88
петлевые грибовидные(закрыт)	1,1	4,84	4,38	3,13	4	3,88

Таблица 4.45 – Размер поворотных полос (Фурат 470 + дисковый плуг)

виды поворотов МТА	$\lambda_E$	$h$	$E_{min}$	$n_{HP}$	$n_H$	$E_H$
беспетлевой на $180^0$	1,1	3,25	4,27	4,40	5	4,85
беспетлевой с прямолинейным участком	1,1	3,25	4,27	4,40	5	4,85
беспетлевой на $90^0$	1,1	3,25	4,27	4,40	5	4,85
перекрестно-петлевой	2	5,92	6,93	7,14	8	7,76
петлевой грушевидный	2,8	8,29	9,30	9,59	10	9,7
петлевой односторонний	2,6	7,69	8,71	8,98	9	8,73
петлевые грибовидные(открыт)	1,1	3,25	4,27	4,40	5	4,85
петлевые грибовидные(закрыт)	1,1	3,25	4,27	4,40	5	4,85

Из предыдущих таблиц для расчета количества поворотную полосу и рациональной ширины поворотной полосы агрегата мы отмечаем, что (перекрестно-петлевой, петлевой грушевидный и петлевой односторонний) зафиксировали наибольшее количество поворотной полосы и наибольшую рациональную ширину полос).

Основной способ движения пахотных агрегатов петлевой с чередованием загонов. Рекомендуемая ширина загонок в зависимости от длины гона и состава агрегатов приведена в таблице 4.46.

При такой ширине загонок получается минимальное количество свальных и развальных гребней. Ширина поворотной полосы должна быть кратной ширине захвата агрегата (для навесных плугов 12-15 м; для полунавесных 5- и 6- корпусных до 20 м).

Таблица 4.46 – Рекомендуемая ширина загонок (м) в зависимости от длины гона и состава агрегата

Длина гона, м	Трактор класса тяги		
	0,6	0,9	1,4
Менее 200	10...15	20...25	30...35
200...300	15...20	25...30	35...40
300...400	20...25	30...35	40...45
400...500	25...30	35...40	45...50
500...700	30...40	40...50	50...60

Что касается способов движения агрегата в поле, то можно сказать, что челночное движение подходит не для всех способов работы, так как челночное движение подходит для симметричных машин, картофелесажалок и картофелекопалок.

Однако, если мы работаем на зерноуборочных комбайнах, кормоуборочных комбайнах и кормопосадочных машинах, то можно принять круговое движение, так как нет необходимости поднимать рабочие орудия на поворотах и отворотах.

#### **4.6. Результаты обоснования комплекса машин для возделывания картофеля по методике ASABE (Американское общество инженеров сельского хозяйства и биологии)**

В таблице 4.47 приведены эксплуатационные показатели, рассчитанные по российской методике для процесса вспашки почвы лемешным плугом, демонтированным культиватором и картофелесажалкой с чашками, которая

широко распространена в большинстве арабских стран в дополнение к картофелекопалке, а также и оптимальные показатели, рассчитанные в соответствии с общим уравнением (2.39) и табличными значениями, опубликованными в (ASABE Standard).

Таблица 4.47 – Сравнение оптимальных расчетных данных по российскому методу (РФ) и расчетных данных по американскому методу (ASABE) по данным трактора Фурат 470

Показатель	Лемешный плуг		Рыхлитель, культиватор-пропольщик		Картофеле-сажалка		Картофелекопалка	
	<i>РФ</i>	<i>ASABE</i>	<i>РФ</i>	<i>ASABE</i>	<i>РФ</i>	<i>ASABE</i>	<i>РФ</i>	<i>ASABE</i>
$D_I, \text{кН}$	14.68	14.03	4.62	4.10	7.42	8.83	15.40	16.24
$V_p, \text{м/с}$	2.22	2.08	2.5	2.22	1.4	1.53	1.40	1.25
$B_p, \text{м}$	1.05	1.09	3.31	3.73	2.06	1.73	1.26	1.21
$V_{co}, \text{л/га}$	19.7	20.69	8.12	6.76	12.9	13.25	29.73	31.35
Е.Ф.С, га/час	0.61	0.54	1.46	1.45	0.4	0.5	0.27	0.23
$P, \text{кВт}$	46.57	46.90	40.43	39.20	15.24	16.65	47.31	49.89
$ОАЕС, \text{кДж/м}^2$	23.31	20.55	7.70	7.47	9.07	9.91	24.14	25.46

Отметим из таблицы 4.47, что лемешный плуг по РФ зафиксировал сопротивление 14,68 кН, а по дополнительным нормам, рассчитанным по ASABE, 14,03 кН, так как расход топлива по РФ увеличился на 2,76 л. по нормам ASABE, при этом расход топлива не достиг существенной разницы по сравнению с остальными машинами. Отметим также, что картофелекопалка достигла самых высоких показателей сопротивления, достигая 16,24 кН по ASABE и 15,40 по РФ.

После выполнения расчетов по обоим методам можно провести сравнение, насколько рабочие показатели отличаются друг от друга.

В таблице 4.48 показано расхождение результатов расчета как по коэффициенту эксплуатации, так и по потерям по каждому из расчетных

показателей между российским и американским методами, что показывает разницу между каждым из двух методов.

Таблица 4.48 – Расчетные данные как по коэффициенту эксплуатации  $COI$ , так и по потерям по каждому из показателей  $L$ , рассчитанных по (РФ) и (ASABE) методу.

Показатель	Лемешный плуг		Рыхлитель, культиватор- пропольщик		Картофеле- сажалка		Картофелеко- палка	
	$COI$	$L$	$COI$	$L$	$COI$	$L$	$COI$	$L$
$D_I$ , кН	104.6	0.65	112.7	0.52	-141	0.65	94.8	0.52
$V_p$ , м/с	106.7	0.14	112.6	0.28	-13	0.14	112.0	0.28
$B_p$ , м	96.3	-0.04	88.7	-0.42	33	-0.04	104.1	-0.42
$V_{co}$ , л/га	95.2	-0.99	120.1	1.36	-35	-0.99	94.8	1.36
Е.Ф.С, га/час	113.0	0.07	100.7	0.01	-10	0.07	117.4	0.01
$P$ , кВт	99.3	-0.33	103.1	1.23	-141	-0.33	94.8	1.23
$OAEC$ , кДж/м <sup>2</sup>	113.4	2.76	103.1	0.23	-84	2.76	94.8	0.23

Заметим из таблицы 4.48, что значения сопротивления машины  $D_I$ , для лемешного плуга при РФ были на 4,6% выше, чем сопротивления машины при ASABE, и это показывает коэффициент  $COI\%$ , достигшим значения 104,6%. Величина потерь  $L$  также достигла увеличения на 0,65 Кн по РФ по сравнению с ASABE.

Что касается расхода топлива  $V_{co}$ , то он составил снижение на 4,8%, и это показывает коэффициент  $COI\%$ , достигшим значения 95,2% по сравнению с американскими значениями ASABE и снижение  $L$  на 0,99 л/га при РФ по сравнению с американскими значениями ASABE.

Мы отмечаем сходимость обоих оптимальных значений, рассчитанных как по российскому, так и по американскому методу. Из недостатков американского метода показано, что сопротивление, рабочая ширина и расход топлива

определяются в зависимости от сельскохозяйственной техники, т.е. конкретных привязок к параметрам трактора не наблюдается, в то время как в российском методе расчет представлен исходя из состава агрегата.

#### 4.7. Рекомендации по нормам выработки и расхода топлива МТА при возделывании картофеля

Были даны рекомендации воспользоваться российским опытом и ввести норму расхода топлива трактора Фурат 470 на комплекс механических работ для выполнения почвообрабатывающих операций наиболее распространенными плугами, как показано в таблице 4.49.

Таблица 4.49 – Норма выработки/расход топлива для трактора Фурат 470 на комплекс механизированных работ (рабочая смена 7 часов)

Состав агрегата		Клубина вспашки, см	Рабочая скорость агрегата, км/ч	Степень загрузки трактора по тяговой мощности	Нормы выработки (га)/ расход топлива (л/га) при длине гона, м		
					Менее 150	150-200	200-300
Плуг							
Марка	Число-корпусов						
Модель (1)	3/35/105	18...20	4,5	0,83	2/21,7	2,5/20,8	6/19,7
Модель (2)	3/30/90	18...22	7,9	0,95	2/20,3	2,5/19,7	6/19,1
дисковый плуг	3/30/90	18...20	6	0,82	2/20,1	2,5/18,3	6/15,4
		30...35	7	0,84	2/21,3	2,5/19,6	6/17,3
Чизельный плуг	6/210	10...12	7	0,65	2/7,3	2,5/6,7	6/6,1
	7/225	15...20	8	0,56	3/8,3	3,5/7,8	6/7,5
Чизельный плуг	6/210	10...12	7	0,65	2/7,3	2,5/6,7	6/6,1
	7/225	15...20	8	0,56	3/8,3	3,5/7,8	6/7,5

В таблице 4.49 приведены рабочие скорости, рекомендуемая глубина обработки почвы и коэффициент загрузки трактора Фурат 470 для двух

лемешных плугов, дискового плуга и двух чизельных, при этом продолжительность смены в 7 часов была принята в соответствии с российской нормой.

Таблица 4.50 – Внесение минеральных удобрений разбрасывателем типа МВУ-5 для трактора Фураг 470

Способ загрузки удобрений и расстояние транспортировки, км (Механизированный с подъездом)	Норма внесения удобрений, ц/га	Нормы выработки (га) / расход топлива (л/га) при длине гона, м		
		Менее150	150-200	200-300
0,5-1,5	До 2,0	0,93	1,02	1,11
	2,1-4,0	1,02	1,09	1,18
	4,1-6,0	1,08	1,17	1,27
	6,1-8,0	1,16	1,25	1,35
	8,1-10	1,24	1,34	1,43
1,51-3,5	До 2,0	1,12	1,11	1,20
	2,1-4,0	1,16	1,25	1,35
	4,1-6,0	1,34	1,43	1,53
	6,1-8,0	1,52	1,62	1,74
	8,1-10	1,71	1,81	1,92
3,51-5	До 2,0	1,11	1,21	1,29
	2,1-4,0	1,35	1,45	1,56
	4,1-6,0	1,64	1,74	1,86
	6,1-8,0	1,95	2,05	2,16
	8,1-10	2,25	2,36	2,48
5,1-7	До 2,0	1,21	1,29	1,41
	2,1-4,0	1,52	1,62	1,74
	4,1-6,0	1,94	2,05	2,17
	6,1-8,0	2,38	2,51	2,62
	8,1-10	2,79	2,91	3,04
7,1-9	До 2,0	1,31	1,41	1,51
	2,1-4,0	1,72	1,83	1,94
	4,1-6,0	2,29	2,41	2,53
	6,1-8,0	2,91	2,98	3,11
	8,1-10	3,39	3,53	3,68

В таблице 4.50 приведены рекомендации по рекомендуемому количеству минеральных удобрений, основанные на российских справочных материалах, при использовании разбрасывателей навоза типа МВУ-5 на тракторе Фурат 470.

Таблица 4.51 – Нормы выработки органических удобрений типа РОУ-5 для трактора Фурат 470, производительность погрузчика – более 60 т/ч

Расстояние транспортировки, км	Нормы выработки (т)	Расход топлива (л/т)
Первая группа дорог		
0,25-0,75	103,0	0,47
0,76-1,25	89,3	0,58
1,26-1,75	78,5	0,67
1,76-2,25	70,1	0,77
2,26-2,75	63,4	0,87
2,76-3,25	57,8	0,96
3,26-4,00	51,9	1,11
4,10-5,00	45,7	1,28
5,10-6,00	40,1	1,46
Вторая группа дорог		
0,25-0,75	97,0	0,56
0,76-1,25	80,3	0,76
1,26-1,75	68,5	0,94
1,76-2,25	59,7	1,14
2,26-2,75	53,0	1,33
2,76-3,25	47,6	1,52
3,26-4,00	42,0	1,76
4,10-5,00	36,4	2,09
5,10-6,00	31,5	2,48

В таблице 4.51 приведены рекомендуемые количества органических удобрений, которые следует вносить двумя партиями при использовании машины типа РОУ-5, в зависимости от расстояния и количества вносимых удобрений в тоннах, с указанием расхода топлива на тонну в литрах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Аналитические исследования показали, что в Сирийской Арабской Республике земли сельскохозяйственного назначения составляют около десяти групп почв. Наиболее благоприятные для возделывания картофеля - серо-коричневые и коричневые. Наиболее важной характеристикой сирийской почвы является то, что она считается бедной питательными веществами, особенно азотом, фосфором и гумусом. По агроклиматическим условиям выделены пять зон стабильности. Картофель возделывается преимущественно во второй и третьей зоне стабильности. Они характерны устойчивым климатом, умеренным количеством осадков 250-350 мм.

2. Машинообеспеченность машинно-тракторного парка в республике составляет на 1000 га пашни соответственно равна для тракторов 18,1 ед. и зерноуборочных комбайнов – 1 ед. Вооруженность труда сельского населения на 1000 чел составляет: для тракторов 22,5 шт, (в развитых странах более 130 тракторов) и комбайнов – 1,2 шт. Анализ технологических процессов выращивания и уборки картофеля на Ближнем Востоке имеет свои особенности. Для основной и предпосадочной обработки используются лемешные, дисковые и чизельные плуги и культиваторы для сплошной обработки. Операции по уборке картофеля частично механизированы. На полях малой площади все операции выполняются вручную. Для развития механизированного картофелеводства целесообразно использовать современный российский опыт в том числе и по финансовой поддержке сельского хозяйства.

3. Проверка дифференциальной модели буксования осуществлялась в обобщенных координатах при выполнении механизированных работ на почвах разных уровнях влажности. Дисперсия адекватности для дифференциальной модели не превышала 0,117 при влажности 12%, 0,637 при 15% и 0,827 при 19%. Формализация зависимости в виде дифференциального уравнения позволяет определить искомую зависимость по ограниченному объему данных. Сравнение дисперсий адекватности для испытаний чизельного

агрегата в сравнении с данными для тяговых испытаний по критерию Фишера. Критическое значение критерия Фишера  $F_{KP} = 4.844$  при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы  $K_2 = 11$  и  $K_1 = 1$ .

4. Обоснованы оптимальные параметры: рабочие скорости, ширина захвата, расход топлива и производительность для машинно-тракторных агрегатов на базе тракторов Фурат 470 для различных условий. Предложены рекомендации по использованию новейших машин-аналогов для подготовки почвы, посадки, уходу и уборки картофеля, которые соответствуют оптимальной мощности тракторов, широко используемые в странах Ближнего Востока. Обоснованы способы движения и нормы расхода топлива на основные операции в зависимости от длины гона. Расчетные значения согласуются с данными хронометражных наблюдений.

5. Определены теоретическая и практическая производительность, коэффициент использования рабочего времени и расход топлива на небольших участках, расположенных в Сирии. производительность дискового плуга колебалась в пределах 0,26...0,27 га/ч при норме расхода топлива 15...18 л/га, а значение коэффициента использования времени смены колебалось в пределах 0,48...0,49, что касается сплошной обработки почвы, то производительность колебалась в пределах 0,67...0,74 га/ч при норме расхода топлива 6,5...8 л/га, а значение коэффициента использования рабочего времени колебалось в пределах 0,43...0,44. Причину снижения А по сравнению с Россией можно объяснить малыми пространствами, которые приводят к увеличению потерь в рабочем ходе по сравнению с Россией.

6. Для оценки достоверности рекомендаций по оптимальной эксплуатации трактора Фурат 470, который составляет около 76% от общего числа тракторов Сирии, провели сравнение российской методики расчета состава машинно-тракторных агрегатов с методикой, рекомендуемой ассоциацией аграрных инженеров и биотехнологий (ASABE). Анализ результатов показал сходимость результатов. Из недостатков американского метода показано, что сопротивление, рабочая ширина и расход топлива определяются в зависимости от

сельскохозяйственной техники, т.е. конкретных привязок к параметрам трактора не наблюдается, в то время как в российском методе расчет представлен исходя из состава агрегата.

7. При проведении расчетов отмечено, что скорости, используемые в Сирии, низкие и обуславливают низкую производительность. Исследованием было отмечено, что при увеличении скорости лемешного плуга с 0,64 м/с, применяемых в Сирии, до 2,2 м/с, оптимальная ширина захвата увеличится до 1,05 м и производительность возрастет на 0,43 га/час.

8. Плотность почвы в Сирии для горизонта 0-30 см составляет 1,20-1,37 г/см<sup>3</sup>, в Ираке – 1,27-1,50 г/см<sup>3</sup>, а в России (полевая станция РГАУ, фон - рапс) находится в пределах 1,35-1,76 г/см<sup>3</sup>. Для замера твердости использовали пенетрометры: DISKEY-john® (Сирия), диаметр конуса 1.905 см, Eijkelkamp (Ирак), диаметр конуса 1,596 см и Spot On® (Россия), диаметр -1,28 см. Для горизонта 0-5 см получены значения твердости: Сирия - 798 кН/см<sup>2</sup>; Ирак - 780 кН/см<sup>2</sup> и Россия - 100 кН/см<sup>2</sup>. Твердость по Шкале Шарова Н. М. - в среднем 179,23 кН/см<sup>2</sup>. Для приведения твердости почвы к нормированной шкале твердости данные пенетрометрических измерений умножаем на масштабный поправочный коэффициент  $H = 1,792 \cdot P$ .

9. Оптимизация параметров пахотного агрегата позволит повысить производительность с 0,18 га/ч до 0,61 га/ч и снизить расход топлива до 16,65 кг/га. Энергетические возможности трактора Фурат 470 позволяет работать с 4-х рядной сажалкой. Внедрение нового 4-х рядного комплекса позволит увеличить производительность на посадке и междурядной обработке культиватором-окучником в 2 раза. Применение 4-х рядных сажалок вместо 2-х рядного повысит производительность до 0,418 га/ч и снизить расход топлива до 12,35 кг/га. Применение 4-х рядных окучника вместо 2-х рядного повысит производительность до 1,526 га/ч и снизить расход топлива до 6,188 кг/га. Применение 2-х рядного копателя вместо 1 рядного повысит производительность до 0,27 га/ч и снизить расход топлива до 13,69 кг/га. Внедрение оптимального комплекса позволит снизить энергоемкость продукции до 7 кг/т.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллатиф, А.А.Д. Результаты оптимизации уборочно-транспортного комплекса по уборке хлопка в условиях Сирийской Арабской Республики / Абдуллатиф, А.А.Д., Майстренко, Н.А., Балабанов В.И. // Агроинженерия. – 2018. – №.1 (83). – С. 48-51.
2. Автоматизированная справочная система (АСС\_сельхозтехника): Электронный ресурс: <https://www.stavtrack.ru/apk/sistemyi-parallel'nogo-vozhdeniya.html>
3. Автоматизированная справочная система (АСС\_сельхозтехника): Электронный ресурс: <http://www.tractorData.com> ® - крупнейший в Интернете ресурс о тракторах, содержащий данные о 16309 сельскохозяйственных, газонных и промышленных тракторах.
4. Автоматизированная справочная система (АСС\_сельхозтехника): Электронный ресурс: <https://www.agrobase.ru>.
5. Автоматизированная справочная система (АСС\_сельхозтехника): Электронный ресурс: <https://innoquestinc.com/wp-content/uploads/2019/08/digital-soil-compaction-meter-rev5-WEB.pdf>.
6. Автоматизированная справочная система (АСС\_сельхозтехника): Электронный ресурс: [https://dickey-john.com/getmedia/390bb20f-f979-4d67-ae51-767f34f8faba/1-1296-Rev-C\\_Web.pdf](https://dickey-john.com/getmedia/390bb20f-f979-4d67-ae51-767f34f8faba/1-1296-Rev-C_Web.pdf)
7. Арженковский, А.Г. Метод получения тяговой характеристики трактора в эксплуатационных условиях / Арженковский, А.Г., Козлов, Д.С., Петрищев, Н.А. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. – №.5. – С. 25-30.
8. Байбулатов, Т.С. Совершенствование технологического процесса уборки картофеля/ Байбулатов Т.С., Хабибов, С.Р., Хамхоев, Б.И. // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – №.1. – С. 21-26.
9. Балабанов, В. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. / Балабанов, В. // Координатное земледелие. Учебное пособие. – Litres, 2022. – 175 с.

10. Башкирев, А.П. Особенности работы картофелесажалок / Башкирев, А.П., Шварц, А.А., Иванов, Н.А. // Наука в центральной России. – 2020. – №.4. – С. 41-46.

11. Безносюк, Р.В. Повышение эффективности работы для очистки вороха в картофелеуборочных машинах / Безносюк, Р.В., Евтехов, Д.В., Борычев, С.Н., Костенко, М.Ю., Рембалович, Г.К. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – №.4. – С. 77-82.

12. Болтинский, В.Н. Становление и развитие агроинженерной науки и образования в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / Болтинский, В.Н., Горячкина, В.П. // ВЕСТНИК. – 2015. – С. 78-62.

13. Валге, А.М. Оптимизация параметров почвообрабатывающего агрегата / Валге, А.М. // АгроЭкоИнженерия. – 2020. – №.1 (102). – С. 49-55.

14. Василенко, В.В. Классификация способов агрегатирования плугов с тракторами / Василенко, В.В., Василенко, С.В., Заболотная, А.А. // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. – 2020. – С. 24-29.

15. Верещагин, Н.И. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве / Верещагин, Н.И., Левшин, А.Г., Скороходов, А.Н., Киселёв, С.Н., Косырев, В.П., Зубков, В.В., Горшков, М.И. // учеб. пособие для нач. проф. образования. 7-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 416 с. ISBN 978-5-7695-9632-2.

16. ВИЭСХ М., Горячкина В.П. 8-я Международная научно-техническая конференция «энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве (16–17 мая 2012 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ) // Вестник ГНУ ВИЭСХ. Выпуск №. – 2012. – Т. 2. – С. 7.

17. Гаглоев, А.П. Агротехнические требования и сравнительная характеристика картофелеуборочных машин / Гаглоев, А.П. // Студенческая наука-агропромышленному комплексу. – 2019. – С. 82-83.

18. Гаджиев, П.И. Обоснование параметров комкоразрушающего битерного барабана машины для предпосадочной подготовки почвы к комбайновой уборке

картофеля / Гаджиев, П.И., Шикалов, М.С., Рамазанова, Г.Г., Алексеев, А.И. // Техника и оборудование для села. – 2019. – №.8. – С. 15-18.

19. Гаджиев, П.И. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / Гаджиев, П.И., Рамазанова, Г.Г., Манаенков, К.А. // Наука в центральной России. – 2020. – №.4. – С. 33-40.

20. Гаджиев, П.И. Повышение эффективности обработки почвы для комбайновой уборки картофеля / Гаджиев, П.И., Рамазанова, Г.Г., Манаенков, К.А. // Наука в центральной России. – 2020. – №.4. – С. 33-40.

21. Галиев, И.Г. Обоснование уровня дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам / Галиев, И.Г., Зиганшин, Б.Г., Абдрахманов, Р.К., Хусаинов, Р.К. // Техника и оборудование для села. – 2017. – №.10. – С. 28-31.

22. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094197>.

23. ГОСТ 30745-2001 (ИСО 789-9-90) Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей.

24. Гузалов, А.С. Повышение эффективности уборки картофеля с использованием инновационной техники во Владимирской области / Гузалов, А.С., Ивлева, Т.В. // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. – 2019. – С. 421-425.

25. Гузенко, А.Ю. Влияние различных способов обработки от способов основной обработки почвы на урожайность озимой пшеницы на светло-каштановых почвах / Гузенко, А.Ю., Гузенко, А.В. // инновационные научные исследования: теория, методология, практика. – 2020. – С. 84-86.

26. Гуреев, И.И. Углубленная адаптация технологий производства зерновых культур в Центрально-Чернозёмном регионе / Гуреев, И.И., Нитченко, Л.Б., Прущик, И.А. // Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр». – 2021. – 238С.

27. Доктор, И.М. Технология производства картофеля в ООО" ЛУЧ" Кинельского района / Доктор И.М. // Вклад молодых ученых в аграрную науку. – 2019. – С. 755-758.
28. Дорохов, А.С. Картофелесажалка для клонового семеноводства с автоматизированной системой обработки клубней / Дорохов, А.С., Панферов, Н.С., Тетерин, В.С., & Пестряков, Е.В. // Техника и оборудование для села. – 2020. – №.7. – С. 16-21.
29. Еникеев, В.Г. Организация структуры МТП с учетом артериальных оценок / В.Г. Еникеев, А.А. Киселева. / Зап. ЛСХИ. Т. 235. - Л., 1973. - С. 130-135.
30. Ерохин, М.Н., В.П Горячкин-выдающийся ученый, педагог (145летию со дня рождения посвящается) / Ерохин, М.Н. // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. – 2013. – С. 11-18.
31. Жалнин, Э.В. Компьютерная система разработки и внедрения агромашинных технологий уборки зерновых культур и технических средств для их реализации // Труды ВИМ, 1997. - №129. - С. 4-5.
32. Жароллаев, Е.М. Современные способы измерения твердости почвы, применимые при цифровизации сельского хозяйства / Жароллаев, Е.М. // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве. – 2020. – С. 112-116.
33. Жданович, Ч.И., Бойков, В.П., Поварехо, А.С. Влияние системы автоматического регулирования на качество пахоты/ Жданович, Ч.И., Бойков, В.П., Поварехо, А.С. // ББК 39.34 Я43 И 66. – 2018. – С. 85-90.
34. Жук, А.Ф. Совершенствование систем обработки почвы / Жук, А.Ф., Халилов, М.Б., Халилов, Ш.М. // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – Т. 25. – №1 – 1. – С. 167-169.
35. Зангиев, А.А., Скороходов, А.Н. Практикум по эксплуатации машинно - тракторного парка / Зангиев, А.А., Скороходов, А.Н. // Учебное пособие. 2 - е изд., испр. и доп . СПб.: Издательство «Лань».: ил -. ISBN 978-5-8114-2097-1. – 2016. – 464 с.

36. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно - тракторного парка / Зангиев А.А., Лышко Г.П., Скороходов А.Н. // М.: Колос.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - ISBN 5-10-002861-0. – 1996. – 320 с.

37. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно - тракторного парка / Зангиев, А.А. // Практикум. Ч. 1. - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2001. – 111 с.

38. Зубина, В.А. Анализ применения компьютерных программ для формирования оптимального состава тракторного парка / Зубина, В.А. // Плодоводство и ягодоводство России. - 2016. – Т. 46. - С. 109 – 115.

39. Зубина, В.А. Анализ программных средств и выбор методики формирования состава машинно-тракторного парка / Зубина, В.А. // Сборник научных трудов. Материалы 5-ой юбилейной международной научно-практической конференции "Инновационные технологии в науке и образовании «ИТН0-2017»». - Дивноморское: 2017. - С. 398 – 402.

40. Калимуллин, М.Н. Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки / Калимуллин, М.Н., Халиуллин, Д.Т., Гайфуллин, И.Х., & Хамитов, Р.Р. // Вестник Казанского ГАУ №. – 2022. – Т. 3. – С. 67.

41. Калимуллин, М.Н. Совершенствование технологии возделывания картофеля / Калимуллин, М.Н., Абдрахманов, Р.К., Галиев, И.Г. // Техника и оборудование для села. – 2017. – №4. – С. 6 – 9.

42. Карабаницкий, А.П. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов. учеб. пособие / Карабаницкий, А.П., Юдина, Е.М., Цыбулевский, В.В., Левшукова, О.А., Ринас, Н.А. // Краснодар: КубГАУ, 2014. – 104 С.

43. Карапетян, М.А. Повышение эффективности технологических процессов путем уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов / Карапетян, М.А. // Дис. на соискание ученой системы докт. техн. наук., М.: ФГОУ ВПО МГУП. – 2010.

44. Киртбая, Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка / Киртбая, Ю.К. // 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1982. – 319 с.
45. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Кленин, Н.И., Киселев, С.Н., Левшин, А.Г. // М.: Колосс: ил.-(Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). ISBN 978-5 – 9532-0455-2.– 2008. – 816 с.
46. Кузнецов, Н.Г. К вопросу об определении допустимого коэффициента буксования полноприводного колесного трактора / Кузнецов, Н.Г., Гапич, Д.С., Ширяева, Е.В. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – №2 (34). – С. 176 – 179.
47. Кутьков, Г.М. Тяговая динамика тракторов / Кутьков, Г.М.// ил. 65 к. М.: Машиностроение. – 1980. – 215 С.
48. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Кутьков, Г.М. //- М.: ИНФРА-М, 2016. – 506 С.
49. Крючков, М.М. Технологические элементы выращивания картофеля в ООО "Авангард" Рязанской области / Крючков, М.М., Овсянников, В.Н., Виноградов, Д.В., Шафеев, И.Н. // Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля. – 2015. – С. 159 – 164.
50. Лавров, А.В. Оптимизация количественно-возрастного состава тракторного парка сельскохозяйственной организации в условиях ограниченности ресурсов: Дисс. канд. техн. наук. - М.: ВИМ, 2013. – 136 с.
51. Левшин, А.Г. Планирование и организация эксперимента / А.Г. Левшин, А.А. Левшин, А.Е. Бутузов, Н.А. Майстренко //.-М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2016. – 65 С.
52. Левшин, А.Г. Анализ использования машинно-тракторного парка в Республике Сирия / Левшин, А.Г., Алсанкари, А. // чтения академика В.Н.Болтинского. 2020. – С. 253 – 258.
53. Левшин, А.Г. Анализ почвенных условий при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Сирии / Левшин, А.Г., Алсанкари, А. //доклады тсха. – 2021. – С. 217 – 219.

54. Левшин, А.Г. Методика экспресс-анализа буксования на эксплуатационных режимах работы трактора / Левшин, А.Г., Гаспарян, И.Н., Алсанкари, А., Бутузов, А.Е. // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24. – №4. – С. 32 – 36.

55. Левшин, А.Г. Научно-методические основы формирования нормированной шкалы твердости почвы / Левшин, А.Г., Ерохин, М.Н. // *Агроинженерия*. – 2017. – №6 (82). – С. 28 – 34.

56. Левшин, А.Г. Теория инженерного эксперимента / Левшин, А.Г., Майстренко, Н.А. // *Методические рекомендации*. – 2020. – 68 с.

57. Левшин, А.Г. Технологии механизированных работ в растениеводстве / Левшин, А.Г., Скороходов, А.Н., Киселёв, С.Н., Верещагин, Н.И., Майстренко, Н.А. // учебник для студ. учреждений сред. проф. Образова, М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 336 с.

58. Левшин, А.Г. Дифференциальная модель буксования колеса / Левшин А.Г., Чечет В.А., Левшин А.А., Ондар А.М. // Доклады Международной научной конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева 4-6 декабря 2018. – С. 140 – 144.

59. Левшин, А.Г. Организация и технология испытаний сельскохозяйственной техники / Левшин, А.Г., Зубков, В.В., Хлепитько, М.Н. // Ч. 2. Оценка условий испытаний. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. 92 с.

60. Лучкова, И.В. Уборка и хранение картофеля: отдельные аспекты / Лучкова, И.В., Колошеин, Д.В., Калинина, Г.В., Меньшова, Е.В., Ваулина, О.А. // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2022. – №175. – С. 91 – 100.

61. Ляшенко, П.А. Оценка изменения деформационных характеристик глинистых грунтов в основании буронабивных свай при повторном нагружении / Ляшенко, П.А., Гохаев, Д.В., Шмидт, О.А. // *Construction and Geotechnics*. – 2016. – Т. 7. – №4. – С. 123 – 132.

62. Матмуродов, Ф.М. Математическое моделирование приводных механизмов картофелеуборочной машины / Матмуродов, Ф.М. // *Инновационная техника и технология*. – 2019. – Т. 6. – №4. – С. 42 – 45.

63. Матмуродов, Ф.М. Оригинальные принципиальные схемы малогабаритной картофелеуборочной машины с ворохоотделителями и с использованием полнокомплектной картофелекопалки / Матмуродов, Ф.М., Дускулов, А., Махмудов, Х. // Техническое обеспечение сельского хозяйства. – 2020. – №1. – С. 30 – 35.

64. Матмуродов, Ф.М. Разработка картофелеуборочной машины с ворохоотделительными механизмами на базе картофелекопалки / Матмуродов, Ф.М., Дускулов, А., Голдыбан, В., Махмудов, Х. // Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве. – 2020. – С. 151 – 153.

65. Мининзон, В.И. Влияния критерия оптимальности тракторного парка на его состав / В.И. Мининзон // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – №4. – 23 с.

66. Мурашев, А.Д. Методы оптимального проектирования сельскохозяйственных производственных процессов / А.Д. Мурашев. – М.: МСХА, 2012. – 267 с.

67. Норчаев, Д.Р. Энергосберегающий картофелекопатель-погрузчик / Норчаев, Д.Р., Норчаев, Ж.Р., Жураев, Б.Б. // Наука и инновации-современные концепции. – 2020. – С. 116 – 119.

68. Пархоменко, С.Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / Пархоменко, С.Г., Пархоменко, Г.Г. // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3. – С. 40 – 47.

69. Попов, А.Ю. Машины и оборудование в растениеводстве / Попов, А.Ю. // – 2015. – 104 с.

70. Пшеченков, К.А. Уборка картофеля / Пшеченков, К.А., Белов, Г.Л., Мальцев, С.В., Смирнов, А.В. // Земледелие. – 2018. – №5. – С. 23 – 26.

71. Романюк, М.М. К вопросу разработки устройства для сортировки картофеля / Романюк, М.М., Еднач, В.М., Агейчик, В.А., Лакутя, С.М. // Научный журнал «Инженерія природокористування». – 2019. – №3 (13). – С. 67 – 72.

72. Сафаров, М. Исследование работы малогабаритной картофелесажалки кшт-1 / Сафаров, М., Миракилов, Д.Х., Одинаев, Б.Д. // Кишоварз. – 2020. – №1. – С. 86 – 89.

73. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015663535 Российская Федерация. Программное обеспечение для автоматизированного формирования состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия / Альт В.В., Боброва Т.Н., Колпакова Л.А., Лапченко Е.А., Исакова С.П. от 23 декабря 2015.

74. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013616117 Российская Федерация. Программный комплекс «AGRO» / Докин Б.Д., Ёлкин О.В., Рихтер В.А. от 4 сентября 2013 г.

75. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015616254 Российская Федерация. Расчет технико-экономических показателей оптимальной работы сельхозтехники / Фусточенко А.Ю., Ридный С.Д, Шматко С.Г., Шматко Г.Г. от 20 июля 2015 г.

76. Скороходов, А.Н. Моделирование и оптимизация технологических процессов в растениеводстве / Скороходов, А.Н., Левшин, А.Г., Уваров, В.П., Дидманидзе, Р.Н. // учебное пособие, М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2013. – С. 144 – 150.

77. Скороходов, А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / Скороходов, А.Н., Левшин, А.Г. // М.:БИБКОМ; ТРАНСЛОГ, 2017. – 478 с.

78. Споданейко, А.А. Особенности сельскохозяйственных орудий для ромбовидной вспашки / Споданейко, А.А., Кузьмин, Д.Е., Головин, А.Ю., Лоцинина, А.М., Чупин, П.В. // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – №1 (33). – С. 155 – 162.

79. Сысоев, А.А. Обзор зарубежных технологий возделывания картофеля / Сысоев, А.А. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – №1. – С. 12 – 20.

80. Теплинская, О.Н. Повышение качества работы сошниковой системы картофелепосадочной машины / Теплинская, О.Н., кулинич, А.А. //Вестник Студенческого научного общества. – 2018. – Т. 9. – №2. – С. 86 – 89.

81. Тимощенко, К.С. Технологические особенности работы сошников картофелепосадочных машин / Тимощенко, К.С. //Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК. – 2020. – С. 331 – 333.

82. Успенский, И.А. Оценка перспективной технологической схемы картофелеуборочного комбайна / Успенский, И.А., Рембалович, Г.К., Костенко, М.Ю., Безносюк, Р.В. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С. 262 – 269.

83. Федоренко, В.Ф. Методика и результаты экспериментального исследования технических характеристик систем космической навигации ГЛОНАСС, GPS в сельском хозяйстве / Федоренко, В.Ф., Воронков, И.В. //Труды L чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – 2016. – С. 53 – 59.

84. Федоренко, В.Ф. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка [Текст]: монография / В.Ф. Федоренко, А.А. Ежевский, С.А. Соловьев, В.И. Черноиванов. – М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, – 2015. – 336 с.

85. Финн, Э.А. Расчет машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий на ЭВМ. – Киев, – 1968. – 165 с.

86. Хрипин, В.А. и др. Сажалка для оригинального семеноводства картофеля / Хрипин, В.А., Макаров, В.А., Журавлева, О.И., Пшенникова, Г.В. // Картофелеводство. – 2017. – С. 106 – 113.

87. Чеботарев, В. Машины и оборудование в растениеводстве. / Чеботарев, В.П., Радишевский, Г.А., Гурнович, Н.П., Портянко, Г.Н., Бойко, Т.В., Еднач, В.Н., Мельникова, Н.Ю // Практикум. В 3 ч. Часть 1. – 2021. – 284 с.

88. Черепанов, С.С. Организационно-техническая оценка региональной модели машинно-технологической станции. / Черепанов, С.С. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1996. – №11 – С. 5 – 6.

89. Черноиванов, В.И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко // Изда: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. Москва. 2012. – 284 с.

90. Шаров Н.М. Эксплуатационные свойства машинно-тракторных агрегатов. М.: Колос, 1981. – 240 с.

91. Шевцов, В.Г. Условия восстановления тракторного парка сельскохозяйственного производства как системы с ограниченными ресурсами / В.Г. Шевцов, А.В. Лавров // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №2. – С. 3 – 6.

92. Шишлов, С.А. Энергозатраты на уборку картофеля в условиях приморского края / Шишлов, С.А., Шишлов, А.Н. // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве. – 2021. – С. 109 – 113.

93. Кутьков, Г.М. Вклад ученых кафедры Тракторы и автомобили в становление и развитие науки о тракторе / Кутьков, Г.М. //Агроинженерия. – 2010. – №2. – С. 40 – 44.

94. Abd El-Azeim, M.M. Impacts of nano-and non-nanofertilizers on potato quality and productivity / Abd El-Azeim, M.M., Sherif, M.A., Hussien, M.S., Tantawy, I.A.A., Bashandy, S.O. // Acta Ecologica Sinica. – 2020. – Т. 40. – №5. – P. 388 – 397.

95. Abdul Jabbar Al-Rajaboo, S. Field evaluation of chisel plow shanks through soil physical properties for some soil types in northern of Iraq / Abdul Jabbar Al-Rajaboo, S. // Mesopotamia Journal of Agriculture. – 2008. – Т. 36. – №4. – P. 196 – 211.

96. Abdullah, A.A. Development of local manufacturing chisel plow, Thesis for a Ph.D.Degree.Электронныйресурц:<https://www.researchgate.net/publication/32890118>

8\_ttwyr\_almhrath\_alhfar\_almsn\_mhlya / Abdullah, A.A. // University of Mosul Agricultural Mechanization.pdf. 2005. – 240 p.

97. Abdullah, A.A. Mechanical performance and stress analyses of locally manufactured moldboard plow Share under the effect of moisture content in soil with different texture/ Abdullah, A.A. // Misr Journal of Agricultural Engineering. – 2014. – T. 31. – №1. – P. 43 – 64.

98. AH Al-Mosawi, K. The Effect of the Conventional and Modified Subsoilers on the Soil Water Infiltration in Clay Soil During Sun Flower Crop Growth Stages (Helianthus annus L.) / AH Al-Mosawi, K., AJA Kareem, B. // Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences. – 2017. – T. 7. – №1. – P. 28 – 40.

99. Alghamaz, F. The Use of RS and GIS Techniques for Studying the Impact of Drought on the Cultivation and Productivity of some Rainfed Crops, Master ' s degree thesis / Alghamaz, F. // Faculty of Agricultural Engineering Department of Soil Science, Damascus University. – 2013. – 118 p.

100. Al-Hadithy, H. Determination of field performance of chisel plow and spring cultivator / Al-Hadithy, H., Al-Badri, S. B. // Iraqi journal of agricultural sciences. – 2012. – T. 43. – №4. – C. 93 – 101.

101. Al-Hassan, H. Agricultural holdings / Al-Hassan, H., al-Naimi, K. // Syrian Central Bureau of Statistics, presidency of the Council of ministers. Электронный пeчyпc: <http://cbssyr.sy/studies/st19.pdf>. – 2011. – 48 p.

102. Ali, A.S. The Combined Effect of Different Fertilizer Sources and irrigation method on potato and Water productivities under Iraqi conditions / Ali, A.S., Al-Juthery, H.W. // Internat-ional J. of Recent Scientific Research. – 2015. – T. 6. – №8. – P. 5569 – 5572.

103. Ali, H. The study of some soil formation in Hauran plateau and it's classification and evaluation, get philosophy Ph.D. degree in agricultural engineering / Ali, H. // Department of Soil Science at Faculty of Agricultural Engineering, University of Damascus.2015. – 204 p.

104. Ali, H.Y. The study of some soil formation in Hauran plateau and it's classification and evaluation, presented to obtain a philosophy doctorate degree in

agricultural engineering / Ali, H.Y.// Department of Soil Science at Faculty of Agricultural Engineering University of Damascus, Syria. – 2015. – 204 p.  
<http://mohe.gov.sy/Masters/Message/PH/%D8%AD%D9%8A%D8%AF%D8%B1%20%D9%8A%D9%88%D8%B3%D9%81%20%D8%B9%D9%84%D9%8A.pdf>

105. Alio, M. Comparative Economic Study of Planting Potato Seeds Produced by Tissue-Culture Technology and Traditional Method in Al Ghab Region / Alio, M. //Tishreen University Journal-Biological Sciences Series. – 2016. – T. 38. – №3. – P. 211 – 222.

106. Al-Joboori, M.K.A. Manufacturing and testing of soil penetrometer device / Al-Joboori, M.K.A. // iraqi journal of agricultural sciences. – 2005. – T. 36. – №3. – P. 145 – 150.

107. Alkhalil, F. The agricultural sector in Syria (characteristics, reality and perspectives): An analytical study / Alkhalil, F. // Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Economic and Legal Sciences Series. – 2009. – T. 31. – №1. – P. 1 – 17.

108. Allawi, M. Change of some physical and chemical properties of emerging soils from basaltic rocks in Northern Syria, Scientific thesis prepared for the master's degree in agricultural engineering specializing in soil and land reclamation / Allawi, M. // Syria, Aleppo University – 2017. – P. 73 – 79.

109. Almafrachi, A.A.H. Measures of specific productivity, actual time, appearance and tillage deviation for two plows mostly used in Iraq / Almafrachi, A.A.H. // Euphrates Journal of Agriculture Science. – 2015. – T. 7. – №4. – P. 402 – 414.

110. Almakhail, F.A study of some technical and economical parameters for machinery unit (New holland &disc plow) by using three different tilt angles / Almakhail, F. // Journal of Techniques. – 2012. – T. 25. – №4. – P.1 – 11.

111. Al-Masri, M.S. Determination of distribution coefficients of some natural radionuclides (U, Ra, Pb, Po) between different types of Syrian soils and their solutions/ Al-Masri, M.S., Al-Hamwi, A., Amin, Y., Al-Akel, B. // Atomic Energy Commission, 2009. – №. AECS-PR/RSS--845. –2009. – P. 73 – 79.

112. Almeahmdy, S.H.M. Effect of tillage depth and softening on some soil physical properties of potato growth and yield // anbar journal of agricultural sciences. – 2013. – Т. 11. – №2. – С. 241 – 252. ISSN: 1992 – 7479.

113. Al-Najjar, F.A. Study of Some Factors Affecting the Drive Wheel Slip in Furat Tractor for two kinds of Syrian Soils/ Al-Najjar, F. // Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies-Engineering Sciences Series. – 2011. – Т. 33. – №2. – С. 53 – 70.

114. Alsankari, A. An analytical study of the reality of planting and harvesting potatoes in the syrian arab republic / Alsankari, A. // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию В.А. Михельсона: сборник статей / Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва). – 2020. – Т.1. С. 401– 404.

115. Al-Taey, D.K.A. A study on effects of water quality, cultivars, organic and chemical fertilizers on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and yield to calculate the economic feasibility / Al-Taey, D.K., Al-Naely, I.J., Kshash, B.H. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2019. – Т. 25. – №6. – С. 1239 – 1245.

116. Altalabani, J.H. Effect of soil moisture and tillage depth on some machinery properties using disc plow / Altalabani, J.H., & Saad, T.M. // iraqi journal of soil science. – 2018. – Т. 18. – №1. – P. 36 – 42.

117. ALTalabani, J.H.N. The effect of soil moisture interactions, plowing depths, and tractor speed on productivity and some physical soil characteristics using a triple disc plow. Master's thesis in agricultural sciences / ALTalabani, J.H.N. // Iraq, University of Baghdad. – 2002. – 88 p.

118. ALTalabani, J.H.N. The slippage and some technical parameters for two types of plows / ALTalabani, J.H.N. //Iraqi Journal of Agricultural Sciences. – 2010. – Т. 41. – №3. – P. 117 – 123.

119. Al-Tenbi, M.N.A. Evaluation of local conservation planter performance to sow the lentil and compare it with the traditional cultivation with grain drill / Al-Tenbi, M.N.A.D., Selo, M.// Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies. – 2019. – Т. 41. – №. 1. – P. 149 – 170.

120. Barbara, S. Effects of Conservation Agriculture and Minimum Tillage on Some Physical Properties of Clay Loam Soil and Productivity of Barley Crop under Climatic Zone C in Syria / Barbara, S., Arslan, A. // ISSN:2305 - 5243; AIF(NSP) – 316. – 2017. – P. 157 – 169.

121. Beckett, C.T.S. Evaluation of the dynamic cone penetrometer to detect compaction in ripped soils/ Beckett, C.T.S., Bewsher, S., Guzzomi, A.L., Lehane, B.M., Fourie, A.B., & Riethmuller, G. // Soil and Tillage Research. – 2018. – T. 175. – P. 150 – 157.

122. Belay Tikuneh, D. design, construction and performance evaluation of single axle tractor operated potato digger elevator / Belay Tikuneh, D., Fanta, D. A. // дис. – haramya university, 2020. – Т. 8. – №4. – P. 2747 – 2771.

123. Caon, L. Threats to soils: global trends and perspectives / Caon, L., Vargas, R. //Global Soil Partnership Food and Agriculture Organization of the United Nations, Brajendra (Eds.) A contribution from the intergovernmental technical panel on soils. Global land outlook working paper. – 2017. – 27 p.

124. Central Bureau of Statistics. Economic statistics. Electronic resource: <http://cbssyr.sy/>. Syria - Damascus. – 2022.

125. Chang, D.C. Mulch and planting depth influence potato canopy development, underground morphology, and tuber yield / Chang, D.C., Cho, J.H., Jin, Y.I., Im, J.S., Cheon, C.G., Kim, S.J., Yu, H.S. // Field Crops Research. – 2016. – Т. 197. – P. 117 – 124.

126. Cho, Y. Performance test of fully automatic potato seeding machine by in-situ process of cutting seeds / Cho, Y., Choi, I.S., Kim, J.D., Oh, J.W., Lee, D.H. // Journal of Biosystems Engineering. – 2017. – Т. 42. – №3. – P. 147 – 154.

127. Dahham, G. Study effect of some field factors in determining the performance agricultural tractor / Dahham G. // Mesopotamia Journal of Agriculture. – 2018. – Т. 46. – №4. – P. 269 – 280.

128. Dorf, R.C. The Electrical Engineering Handbook-Six Volume Set / Dorf, R.C. // CRC press, 2018. – 2888 p.

129. Doun, G.E. Temporal and Spatial Evaluation of Drought in Agricultural Stability Zones in Syria between 1992 and 2018 by Using SPI Index / Doun, G.E., Naman, A., Saleh, H., Aboud, Y. // Authorea Preprints. – 2022. – P. 1 – 17.

130. Elias Ahmed Al-Tae, M. Effect of chisel plow shanks shape on power requirements of tractor / Elias Ahmed Al-Tae, M., Abdul Jabbar Al-Rajaboo, S. // Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ). – 2008. – T. 16. – №4. – P. 17 – 26.

131. El-Maksoud, A.A developed potato planter for minimizing potato tuber moth and greening / El-Maksoud, A., Gomaa, A.H., Abd El Fattah, H.A. // Misr Journal of Agricultural Engineering. – 2011. – T. 28. – №1. – P. 48 – 67.

132. FAO. FAOSTAT on the quantity of potato crop production in the world, 2000-2019. Electronic resource: <http://www.fao.org/faostat/ru/> (accessed February 2, 2021).

133. Farrag, K. Growth and productivity of potato under different irrigation levels and mulch types in the North West of the Nile Delta, Egypt / Farrag, K., Abdrabbo, M.A., Hegab, S.A. // Middle East Journal of Applied Sciences. – 2016. – T. 6. – №4. – P. 774 – 786.

134. Gürsoy, S. Soil compaction due to increased machinery intensity in agricultural production: its main causes, effects and management / Gürsoy, S. // Technology in Agriculture. – 2021. – P. 1 – 18.

135. Hamid, A.A.A. Evaluation and performance comparison of mold board and disc plow in soils of central iraq / Hamid, A.A.A. // Iraqi Journal of Agricultural Science. – 2012. – T. 43. – №5. – P. 110 – 121.

136. Hamza, M.A. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions / Hamza, M.A., Anderson, W.K. // Soil and tillage research. – 2005. – T. 82. – №2. – P. 121 – 145.

137. Harrigan, T.M. Draft relationships for tillage and seeding equipment / Harrigan, T.M., Rotz, C.A. // Applied engineering in agriculture. – 1995. – T. 11. – №6. – P. 773 – 783.

138. Hassan, A.M. An Econometric Study of Spring Potatoes Production in Hama Governorate (Al Ghab Region) in Syria / Hassan, A.M. // The Arab Journal for Arid Environments. №1. – 2016. – P. 1 – 16.

139. Herrera, H. Understanding resilience of farming systems: Insights from system dynamics modelling for an arable farming system in the Netherlands / Herrera, H., Schütz, L., Paas, W., Reidsma, P., Kopainsky, B. // Ecological Modelling. – 2022. – T. 464. – P. 109 – 848.

140. Hilal, Y.Y. The effect of subsoiler (double tines) plow on some physical and mechanical properties for silty clay soil / Hilal, Y.Y., Khudher, A.Y., Bander, S.A. // Journal of Basrah Researches (Sciences). – 2007. – T. 33. – №1. – P. 1 – 9.

141. Ibrahim, J. Effect of soil compaction at different levels of moisture on some physical properties of soil and sugar beet production in Al-Ghab region / Ibrahim, J., El Jeddawi, S., Youssef, D. // Tishreen University Journal-Biological Sciences Series. – 2015. – T. 37. – №3 – P. 261 – 277.

142. Ibrahim, R.A study of effect of adding two Wings to the rod on the performance of the chisel plow, thesis for obtaining a master's degree. <http://journal.tartous-univ.edu.sy/images/tt9.pdf> / Ibrahim, R., Ghanem, M. // Syria, publications of the University of Tartus. 2019. – 59 p.

143. Ihsan, A. Time Series. Central Bureau of Statistics. Electronic resource: <http://cbssyr.sy/yearbook.htm>. Syria - Damascus. – 2018.

144. International Year of the Potato, article entitled "Potatoes and Water", FAO, Food and Agriculture Organization. [www.fao.org](http://www.fao.org) "Potato 2008" pdf. 2008.– №10. – 3 c.

145. Issa, I.I.M. Ansys analysis and performance evaluation of potato digger harvester / Issa, I.I., Zhang, Z.G., El-Kolaly, W., Yang, X., Wang, H. // International Agricultural Engineering Journal. – 2020. – T. 29. – №1. – C. 60 – 73.

146. Kanbar, O.H. The Study of the Importance of Crop Residues and Rotation in Improving Wheat Grain Yield and the Farmer's Income under Conservation Agriculture/ Kanbar, O.H., Al-Ouda, A.S., Nemer, Y. // Электронный ресурс: <file:///C:/Users/AHMAD/Downloads/pdf>. Jordan Journal of Agricultural Sciences. – 2017. – T.13. – №1. – P. 205 – 218.

147. Kapil Mandloi, R.S. Development of a mini tractor drawn semiautomatic two row planter cum fertilizer applicator / Kapil Mandloi, R.S., Yoganandi, Y.C., Raulji, H.K., Dabhi, K.L. // International Journal of Agricultural Engineering. – 2018. – T. 11. – №1. – P. 13 – 22.

148. Kim, S.Y. Comparative study on estimation methods of dynamic resistance using dynamic cone penetrometer / Kim, S.Y., Lee, J.S., Kim, D.J., Byun, Y.H. //Sensors. – 2021. – T. 21. – №9. – P 1 – 12.

149. Mamkagh, A.M. Review of fuel consumption, draft force and ground speed measurements of the agricultural tractor during tillage operations / Mamkagh, A.M. // Asian J Adv Res Reports. – 2019. – T. 3. – №4. – P. 1 – 9.

150. Mamkagh, A.M. Some factors affecting wheel slip of a 2WD farm tractor / Mamkagh, A.M. //Jordan Journal Agricultural Sciences. – 2009. – T. 5. – №4. – P. 519 – 525.

151. Morad, M. Comparative study between some different potato harvesting machine in small holdings / Morad, M.M., Ali, M.M.A., El-Shal, H.M., El-Gendy, S.L.A. // Misr Journal of Agricultural Engineering. – 2015. – T. 32. – №2. – C. 479 – 502.

152. Musa, Z. Potatoes, European Union-funded agricultural development project MED/2003/5715/ ADP / Musa, Z., Alhajhasan, S., Haylan H., Basel, Ali. // Ministry of Agriculture of Lebanon, Agricultural Research Service L.A.R.I., 2003. – №1. – P. 8 – 12.

153. Mustafa, M. Book of Agricultural Mechanization / Mustafa, M., Alsakhar, E. // Ain Shams University, Каир. 2007. Pdf. 2007. – 250 p. ISBN 4-275-237-977.

154. Nasr, G.E.D.M. Development of suitable potato crop harvester for small holdings / Nasr, G.E.D.M., Rostom, M.N., Hussein, M.M.M., Farrag, A.E.F., Morsy, M.F.A. // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. – 2019. – T. 21. – №2. P. 34 – 39.

155. Nassir, A.J. Studying draft requirements and plowing specifications for chisel plow in silty clay soil / Nassir, A.J., Ramadhan, M.N., Mohssein, S.D. //AL-Muthanna Journal of Agricultural Sciences. – 2016. – T. 4. – №1. – C. 100 – 119.

156. Oates, W.E. Foundation engineering handbook: design and construction with the international building code. – McGraw-Hill Education, Электронный ресурс: <http://cals.arizona.edu/crops/equipment/agmachinerymgt.html>, / Oates, W.E. // University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences. Webmaster: Al Fournier (acis@ag.arizona.edu). – 2010. – P. 1 – 7.

157. Omidvar, M. Response of granular media to rapid penetration / Omidvar, M., Iskander, M., & Bless, S. // International Journal of Impact Engineering. – 2014. – T. 66. – C. 60 – 82.

158. Rani, V. Optimization of Performance Parameters of Root Crop Digger for Potato Crop / Rani, V., Mukesh, S., Kumar, A., Sharma, P. // Current Agriculture Research Journal. – 2019. – T. 7. – №2. – P. 276 – 280.

159. Reddy, A.P. Performance Evaluation of Adjustable Elevator for Tractor Drawn Potato Digger / Reddy, P., Moses, S.C., & Aalam, R.N. // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. – 2018. – T. 7. – №11. – C. 1502 – 1513.

160. Roudan, S.A. The effect of soil moisture and depth of tillage in some technical indicators to perform unit tools when you use the chisel plow. / Rouhani, S.A. // Электронный ресурс: <https://www.iasj.net/iasj/download/c29e0a729e334379>. Journal of kerbala university. Second scientific conference of the Faculty of Agriculture. – 2012. – P. 687 – 692.

161. Rylyakin, E.G. Definition of Engine Capacity Losses on Resistance Overcoming in Transmission and a Hydraulic Actuator / Rylyakin, E.G. // Contemporary Engineering Sciences. – 2017. – T. 10. – №8. – P. 353 – 357.

162. Sabri Alhsinyani, S. Study of some energy utilization indicators and its effect on performance for tractor and machines in soil preparing and planting of potato crop in Nineveh governorate / Sabri Alhsinyani, S., MA Sedeeq, A., H Al-Tahan, Y. // Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences. – 2013. – T. 4. – №1. – P. 116 – 127.

163. Saffaf, A.Y. Selection of appropriate irrigation methods for semi-arid regions / Saffaf, A.Y. // Irrigation and Agricultural Development: Based on an International Expert Consultation, Baghdad, Iraq. – 1979. – P. 117 – 129.

164. Sarem, R. Study the impact of the front speed of the tractor in the performance of some systems for prepare a seedbed / Sarem, R., Ghanem, M. // Электронный ресурс: [http://journal.tartous-univ.edu.sy/images/Engineering\\_series/4a.pdf](http://journal.tartous-univ.edu.sy/images/Engineering_series/4a.pdf). Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (2) No. (2). – 2018. – P. 58 – 70.

165. Seedeq, A.M.A. Effect of age and pressure of the rear tire of tractors performance indicators using the disc plow / Seedeq, A.M.A., Mahmood, F.D. // Mesopotamia Journal of Agriculture. – 2019. – Т. 47. – №2. – P. 28 – 36. ISSN: 2224 – 9796 (Online). ISSN: 1815 – 316 X (Print).

166. Srivastava, A.K. Engineering Principles of Agricultural Machines, Second Edition / Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R.P., Buckmaster, D.R. // Srivastava A.K., – American Society of Agricultural and Biological Engineers, International Standard Book Number (ISBN) 1-892769-50-6 ASAE Publication 801M0206. – 2006. – 559 p.

167. Sutari, W. Research Article Growing Media Compositions and Watering Intervals on Seed Production of Potatoes G2 Grown at Medium Altitude / Sutari, W., Sumadi, A.N., Hamdani, J.S. //Asian J. Crop Sci. – 2018. – Т. 10. – №4. – P. 190 – 197.

168. Syrian Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Office of Organic Production Management, report on the Syrian agricultural sector. – 2012. №1. – P. 1 – 4.

169. Taha, M. Types of Syrian soils, Report on inventory and classification of Syrian lands / Taha, M. // Damascus, Syria. – 2008. – No. 1.– P. 9–13.

170. Toshpulatovich, Y.O. Scientific and technological basis of potato development / Toshpulatovich, Y.O. // Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2021. – Т. 9. – №12. – P. 296 – 300.

171. Trifonov, P. Increasing water productivity in arid regions using low-discharge drip irrigation: A case study on potato growth / Trifonov, P., Lazarovitch, N., Arye, G. // Irrigation Science. – 2017. – Т. 35. – P. 287 – 295.

172. Wubet, G.K. Value chain analysis of potato in Farta District of South Gondar Zone, Amhara National Regional State of Ethiopia / Wubet, G.K., Zemedu, L., Tegegne, B. // Heliyon. – 2022. – T. 8. – №3. – P. 1 – 13.

173. Yaghi, Kh. M. Effect of Application of Minimum and Zero Tillage on the Productivity of Barley, thesis prepared for the master's degree in Agricultural Engineering/ Yaghi, Kh. M. // Faculty of Agriculture, Aleppo University. <http://nsr.sy/df509/pdf/44.pdf>. 2015. – 100 p.

174. Zheng, Z. Research progress and development of mechanized potato planters: A review / Zheng, Z., Zhao, H., Liu, Z., He, J., Liu, W.// Agriculture. – 2021. – T. 11. – №6. – C. 1 – 27.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### *Исходные данные тяговых испытаний трактора МТЗ-80А*

Температура окруж. воздуха 21С°, барометрический давление 743 мм рт. ст., относительная влажность 62%, эксплуатационная масса 3860кг, фон - асфальтированная дорога.

Таблица А.1 – Статистическая обработка опытных данных

№	$P_{кр}, кгс$	$\delta, \%$	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0.528e^{2.9617x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	2490	8,21	2.11	0,92	8,05	0.024649
2	23	6,70	1.90	0,86	6,74	0.001764
3	2140	5,40	1.69	0,79	5,48	0.006241
4	2130	6,14	1.81	0,77	5,16	0.952576
5	2020	4,54	1.51	0,75	4,87	0.106929
6	1920	4,75	1.56	0,70	4,20	0.305809
7	1840	3,67	1.30	0,68	3,96	0.081796
8	1750	3,03	1.11	0,65	3,62	0.346921
9	1720	3,24	1.18	0,64	3,51	0.073984
10	1520	2,50	0.92	0,56	2,77	0.073984
11	1400	2,68	0.99	0,52	2,46	0.047089
12	1315	2,55	0.94	0,49	2,25	0.088209
13	1300	1,77	0.57	0,48	2,19	0.173889
14	1075	1,72	0.54	0,40	1,73	$3.6 \cdot 10^{-5}$
15	1000	1,72	0.54	0,37	1,58	0.019881
16	960	1,64	0.49	0,35	1,49	0.023104
17	875	1,38	0.32	0,32	1,36	0.000324
18	765	1,73	0.55	0,29	1,25	0.234256
19	630	1,21	0.19	0,23	1,04	0.027889
20	580	0,64	-0.45	0,21	0,98	0.117649
21	500	0,90	-0.11	0,19	0,93	0.000676

На рисунках А.1 и А.2 показано распределение точек (диф. моделью),

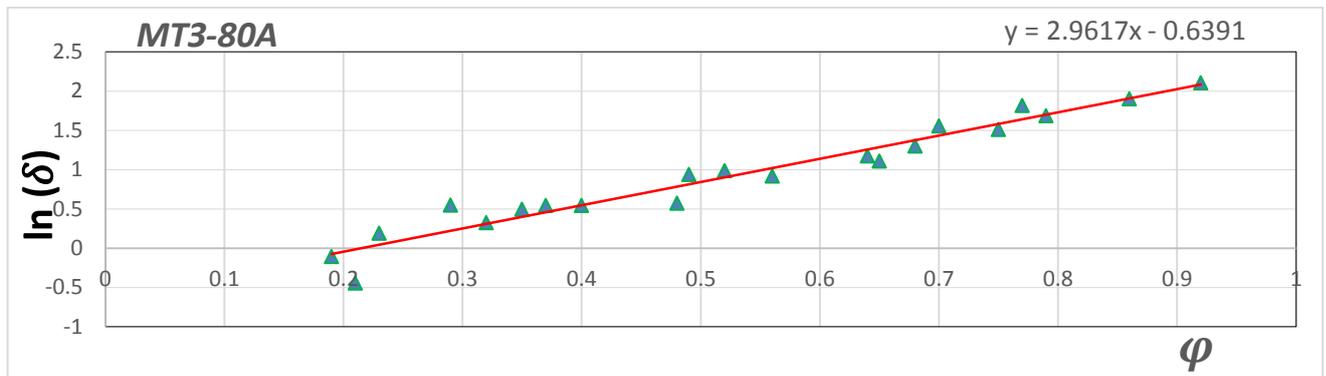


Рисунок А.1 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования МТЗ-80А- фон- асфальтированная дорога

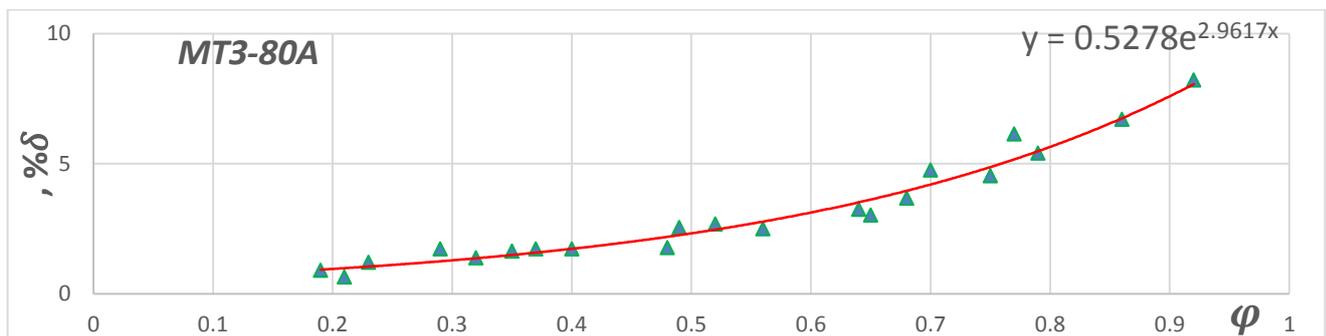


Рисунок А.2 – Зависимость буксования от тягового усилия МТЗ-80А- фон- асфальтированная дорога

### **Исходные данные тяговых испытаний трактора МТЗ-80А**

Температура окруж. воздуха 23С°, барометрический давление 744 мм рт. ст. относительная влажность 56%, эксплуатационная масса 3860кг, фон - поле, подготовленное под посев.

Таблица А.2– Статистическая обработка опытных данных.

№	Р <sub>кр</sub> , кгс	δ, %	ln(δ)	φ	$y = 0,85e^{6,5046x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	1480	30	3.40	0,55	30.42	0.1764
2	1475	27,4	3.31	0,54	28.50	1.21
3	1410	24,42	3.20	0,52	25.02	0.36
4	1380	23,14	3.14	0,51	23.44	0.09
5	1325	20,14	3.00	0,49	20.59	0.2025
6	1260	18,00	2.89	0,47	18.08	0.0064
7	1205	16,28	2.79	0,45	15.87	0.1681
8	1160	13,71	2.62	0,43	13.93	0.0484
9	1110	12,85	2.55	0,41	12.24	0.3721
10	1080	10,71	2.37	0,40	11.47	0.5776

11	975	9,42	2.24	0,36	8.84	0.3364
12	810	6,42	1.86	0,30	5.98	0.1936
13	790	6,00	1.79	0,29	5.61	0.1521
14	625	3,42	1.23	0,23	3.79	0.1369
15	560	3,85	1.35	0,20	3.12	0.5329
16	480	3,00	1.10	0,18	2.74	0.0676
17	470	1,71	0.54	0,17	2.57	0.7396
18	360	2,10	0.74	0,13	1.98	0.0144

На графиках А.3 и А.4 показано распределение точек (диф. моделью).

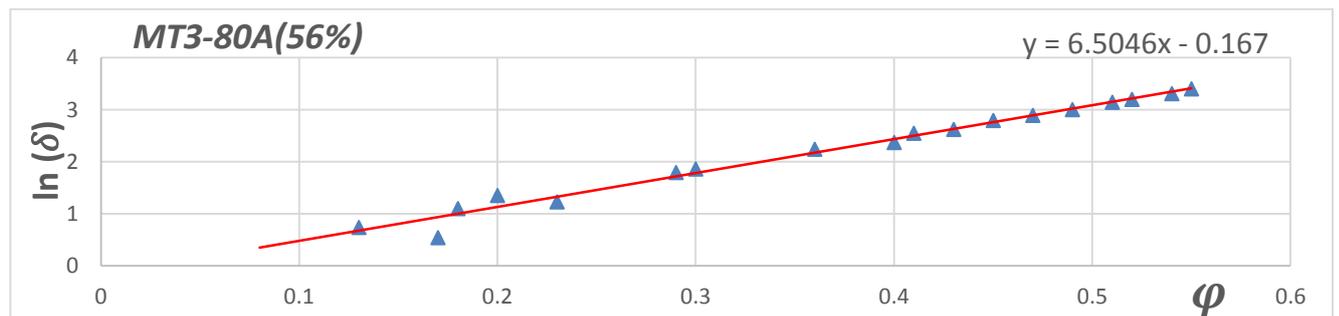


Рисунок А.3 – Уравнение линеаризованной прямой для буксования МТЗ 80А – фон - поле подготовленное под посев

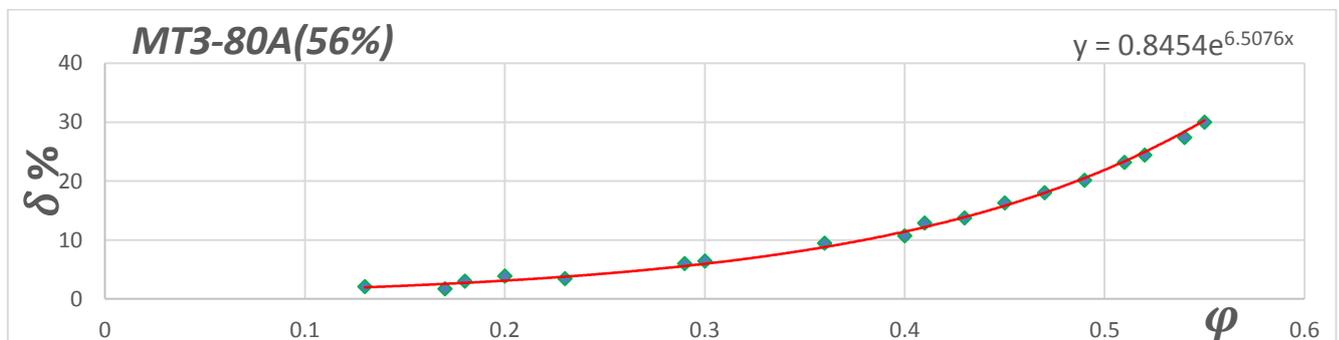


Рисунок А.4 – Зависимость буксования от тягового усилия МТЗ-80А – фон - поле подготовленное под посев

### ***Исходные данные тяговых испытаний трактора Джон Дир XR50-4К4***

Температура окруж. воздуха 21С°, барометрический давление 742 мм рт. ст. относительная влажность 64%, эксплуатационная масса 5822 кг, фон - стерня озимой пшеницы.

Таблица А.3 – Статистическая обработка опытных данных.

№	$P_{кр}, кгс$	$\delta, \%$	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 1,46e^{6,91x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	2670	34,5	3.54	0,46	35.06	0.3136
2	2645	33	3.50	0,45	32.72	0.0784
3	2560	32,25	3.47	0,44	30.53	2.9584
4	2375	23,25	3.15	0,41	24.82	2.4649
5	2350	24	3.18	0,40	23.16	0.7056
6	2290	22,5	3.11	0,39	21.61	0.7921
7	2235	21	3.04	0,38	20.17	0.6889
8	2055	17,25	2.85	0,35	16.39	0.7396
9	1975	15	2.71	0,34	15.3	0.09
10	1940	14,7	2.69	0,33	14.28	0.1764
11	1860	13,5	2.60	0,32	13.32	0.0324
12	1650	9	2.20	0,28	10.11	1.2321
13	1500	9,75	2.28	0,26	8.8	0.9025
14	1460	9	2.20	0,25	8.2	0.64
15	1240	6,75	1.91	0,21	6.23	0.2704

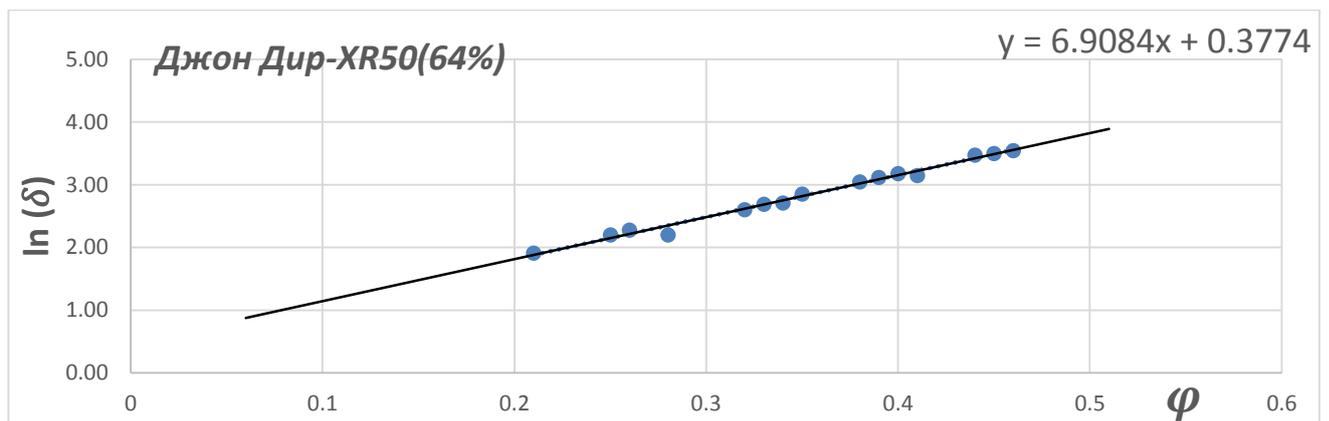


Рисунок А.5 – Уравнение линейризованной прямой линии для буксования Джон Дир-ХР50 – фон - стерня озимой пшеницы

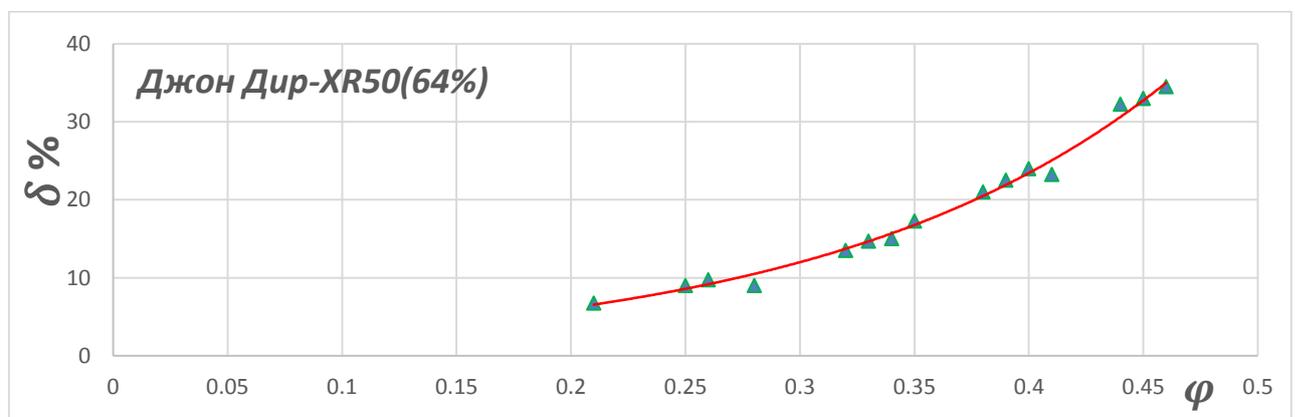


Рисунок А.6 – Зависимость буксования от тягового усилия Джон Дир-ХР50 – фон - стерня озимой пшеницы

## *Исходные данные тяговых испытаний трактора Джон Дир- XR50-4К4*

Температура окружающего воздуха 20,5С°, барометрическое давление 743 мм рт. ст., относительная влажность 83%, эксплуатационная масса 5435 кг, фон - стерня озимой пшеницы.

Таблица А.4 – Статистическая обработка опытных данных.

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 1.79e^{6,30x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	2340	26	3.26	0.43	26.88	0.7744
2	2300	25	3.22	0.42	25.24	0.0576
3	2250	22	3.26	0.41	23.7	2.89
4	2220	20	3.09	0.39	20.89	0.7921
5	2175	18	3.22	0.38	19.62	2.6244
6	2125	19	3.00	0.37	18.42	0.3364
7	2110	15	3.14	0.34	15.25	0.0625
8	2060	14	2.89	0.32	13.44	0.3136
9	2040	11	2.94	0.3	11.85	0.7225
10	1880	10	2.71	0.26	9.21	0.6241
11	1740	9	2.64	0.24	8.12	0.7744
12	1660	7	2.40	0.22	7.16	0.0256
13	1440	6	2.30	0.2	6.31	0.0961
14	1325	4.5	2.20	0.19	5.93	2.0449
15	1200	5	1.95	0.17	5.22	0.0484
16	1140	4.5	1.79	0.15	4.61	0.0121
17	1070	4	1.50	0.12	3.81	0.0361
18	940	3.5	1.61	0.08	2.96	0.2916

На графиках А.7 и А.8 показано распределение точек (диф. моделью).

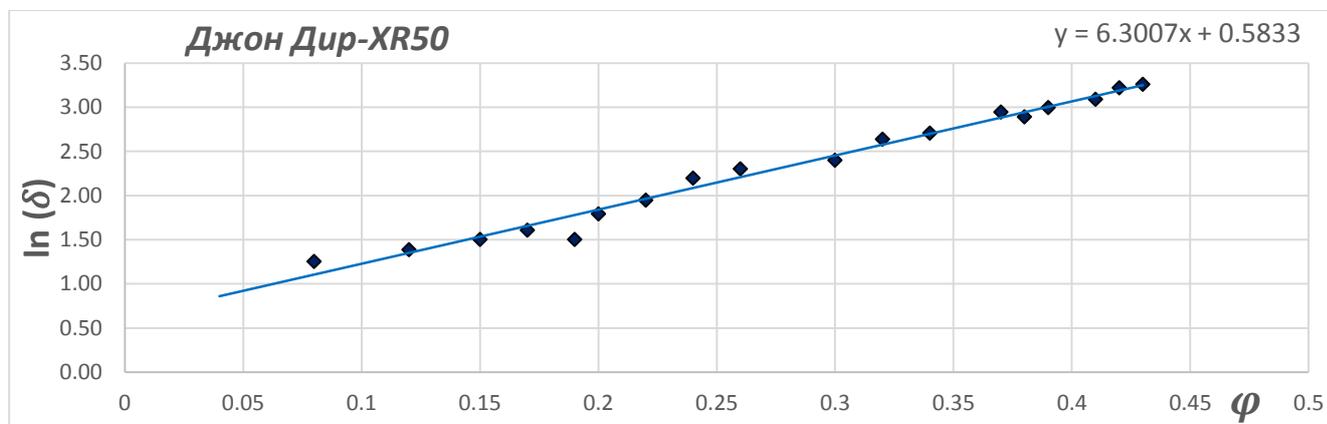


Рисунок А.7 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования Джон Дир-XR50 – фон - стерня озимой пшеницы

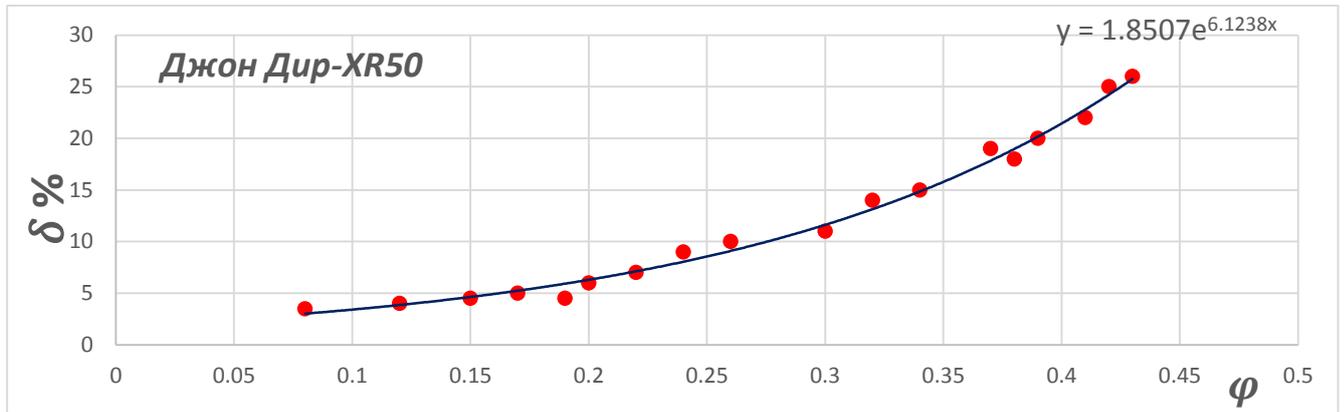


Рисунок А.8 – Зависимость буксования от тягового усилия Джон Дир-ХР50 – фон - стерня озимой пшеницы

**Исходные данные тяговых испытаний трактора ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)**

Трактор 8400кг, фон - подготовленное под посев.

Таблица А.5 – Статистическая обработка опытных данных

№	$P_{кр}, \text{кгс}$	$\delta, \%$	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 1,165e^{6,102x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	17.65	5	1.609	0.236	4.917	0.0069
2	21.67	7	1.946	0.290	6.837	0.0266
3	26.44	10	2.303	0.354	10.103	0.0106
4	28.71	12	2.485	0.384	12.133	0.0177
5	32.1	15	2.708	0.429	15.966	0.9332
6	35.11	20	2.996	0.470	20.505	0.2550
7	38.97	30	3.401	0.521	27.99	4.0401

На графиках А.9 и А.10 показано распределение точек (диф-моделью),

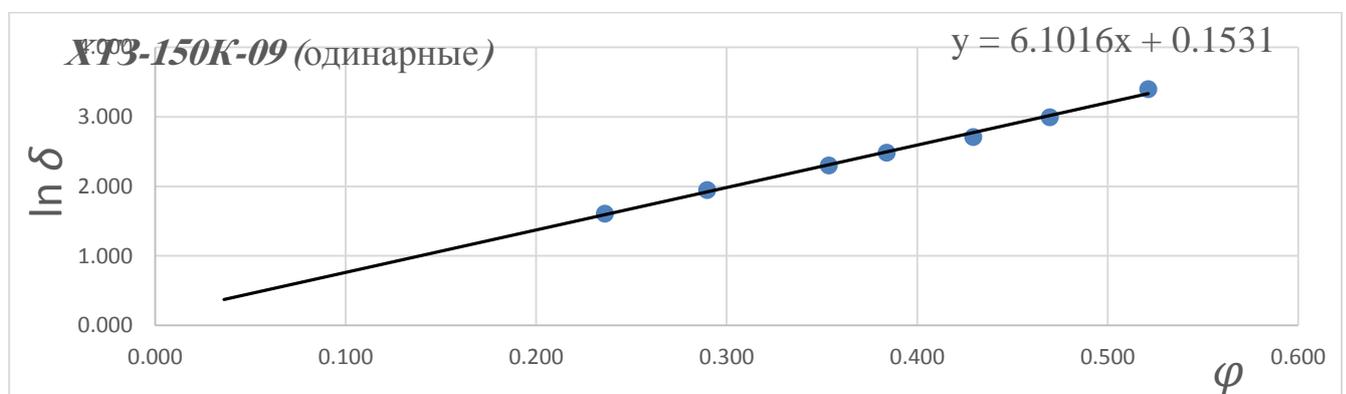


Рисунок А.9 – Уравнение линейризованной прямой линии для буксования ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057) – фон - подготовленное под посев

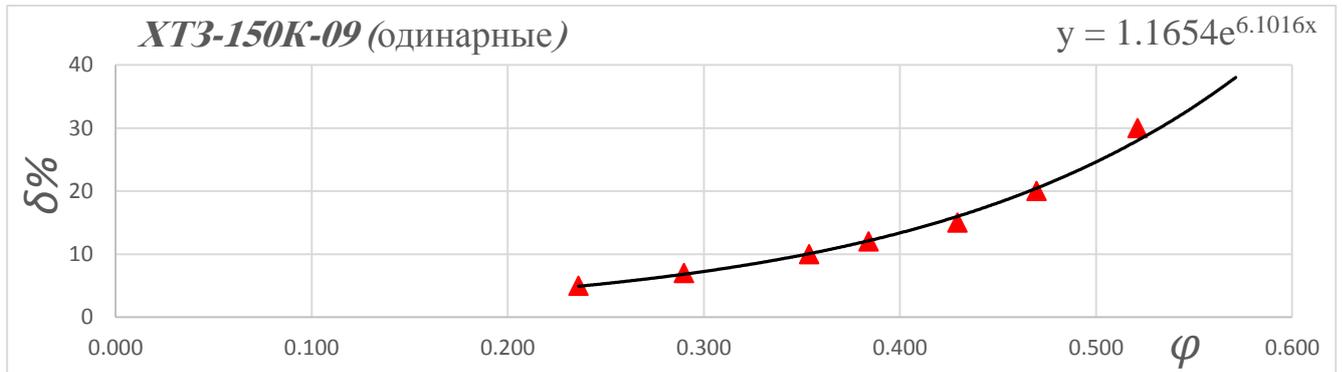


Рисунок А.10 – Зависимость буксования от тягового усилия ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)- Фон- подготовленное под посев

### **Исходные данные тяговых испытаний трактора ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)**

Эксплуатационная масса 8400кг, Фон - подготовленное под посев.

Таблица А.6 – Статистическая обработка опытных данных

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,68e^{5,935x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	24.42	5	1.609	0.327	4.735	0.0702
2	29.42	7	1.946	0.394	7.048	0.0023
3	34.35	10	2.303	0.459	10.366	0.1340
4	36.72	12	2.485	0.491	12.534	0.2852
5	39.22	15	2.708	0.525	15.336	0.1129
6	42.62	20	2.996	0.570	20.031	0.0010
7	46.92	30	3.401	0.628	28.262	3.0206

На графиках А.11 и А.12 показано распределение точек (диф. моделью).

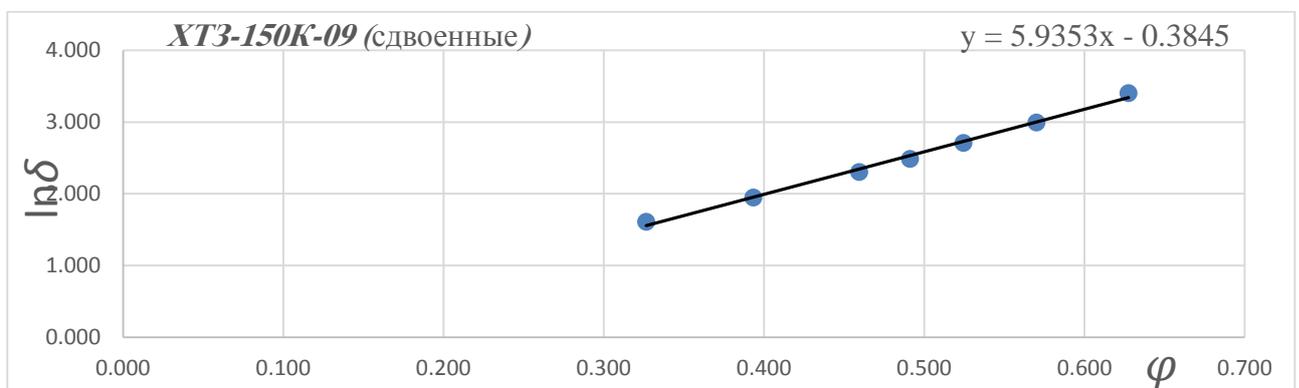


Рисунок А.11 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057) – фон - подготовленное под посев

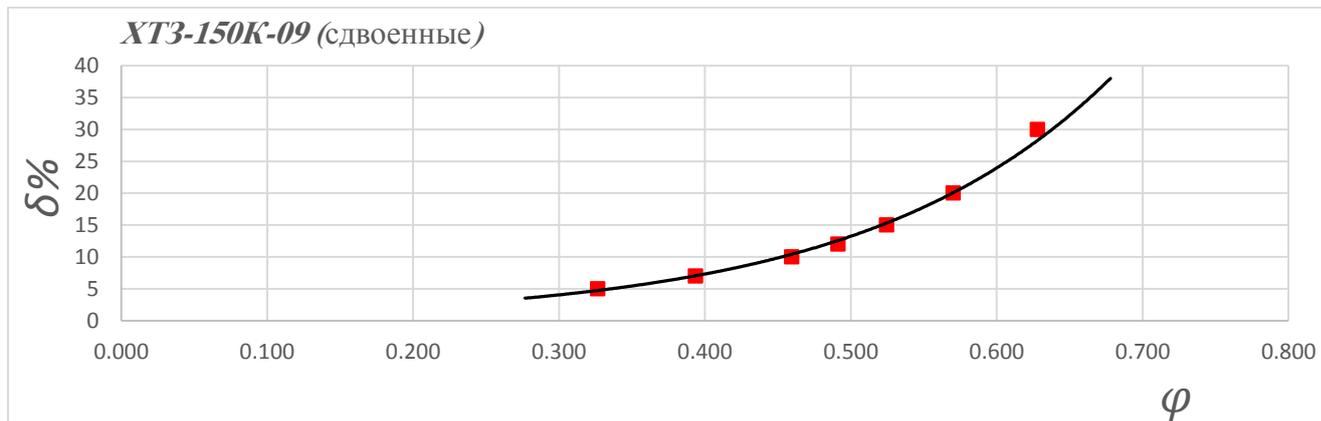


Рисунок А.12 – Зависимость буксования от тягового усилия ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)- Фон- подготовленное под посев

### Исходные данные тяговых испытаний Джон Дир-ХР50-4К4

Температура окруж. воздуха 21С°, барометрический давление 742 мм рт. ст. относительная влажность 64%, эксплуатационная масса 5822 кг, фон - стерня озимой пшеницы.

Таблица А.7 – Исходных данных тяговых испытаний Джон Дир-ХР50-4К4

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,32e^{8,7871x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	3190	39	3.66	0,55	40.18	1.3924
2	3110	33,70	3.52	0,53	33.71	$1 \cdot 10^{-4}$
3	2990	27	3.30	0,51	28.28	1.6384
4	2640	15,00	2.71	0,45	16.69	2.8561
5	2390	12	2.48	0,41	11.74	0.0676
6	2320	10,50	2.35	0,40	10.76	0.0676
7	2280	9,75	2.28	0,39	9.85	0.01
8	2240	9,30	2.23	0,38	9.02	0.0784
9	2190	8,85	2.18	0,37	8.26	0.3481
10	2120	8,25	2.11	0,36	7.57	0.4624
11	2010	6,00	1.79	0,34	6.35	0.1225
12	1870	6,30	1.84	0,32	5.33	0.9409
13	1690	3,75	1.32	0,29	4.69	0.8836
14	1550	3,00	1.10	0,27	3.43	0.1849
15	1170	1,80	0.59	0,20	1.85	0.0025

На графиках А.13 и А.14 показано распределение точек (диф. моделью).

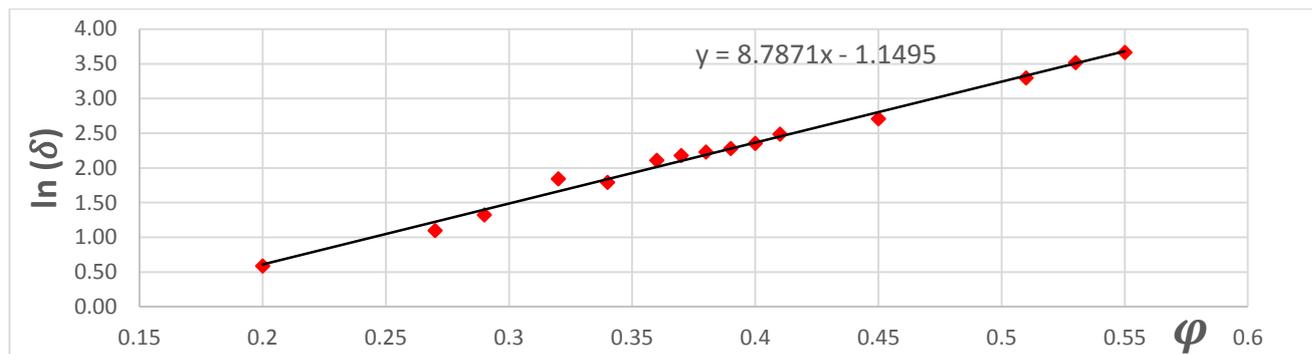


Рисунок А.13 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования

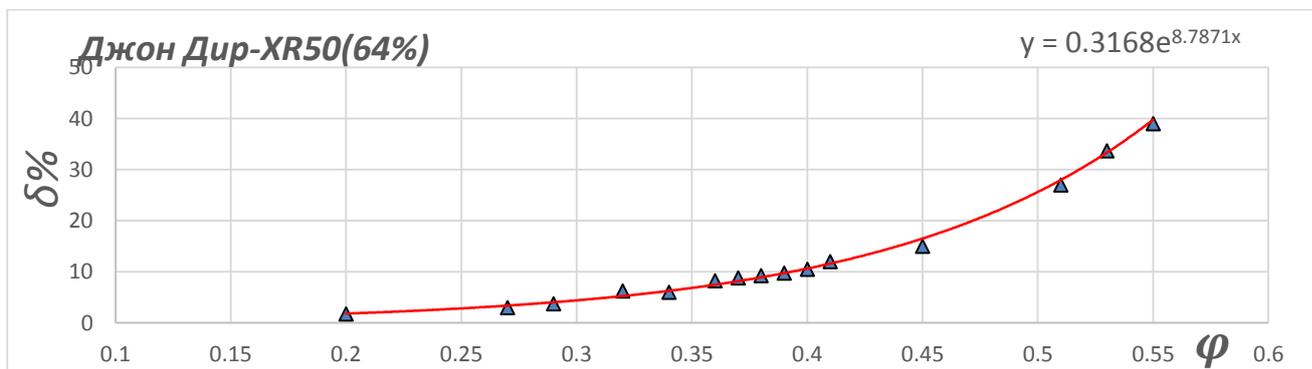


Рисунок А.14 – Зависимость буксования от тягового усилия

### Исходные данные тяговых испытаний Джон Дир-4430-4К4

Температура окруж. воздуха 23С°, барометрический давление 743,5 мм рт. ст., относительная влажность 34%, эксплуатационная масса 7500 кг, фон - стерня озимой пшеницы.

Таблица А.8 – Исходных данных тяговых испытаний Джон Дир-4430-4К4

№	Р <sub>кр</sub> , кгс	δ, %	ln(δ)	φ	$y = 0,44e^{9,0112x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	3825	42.5	3.75	0,51	43.59	1.1881
3	3550	30	3.40	0,47	30.4	0.16
4	3400	25.63	3.24	0,45	25.38	0.0625
5	3340	23.75	3.17	0,44	23.2	0.3025
6	3310	22.5	3.11	0,44	23.2	0.49
7	3160	21.25	3.06	0,42	19.37	3.5344
8	3120	20	3.00	0,42	19.37	0.3969
9	3060	17.5	2.86	0,41	17.70	0.04
10	2990	16.88	2.83	0,40	16.18	0.49
11	2870	15.6	2.75	0,38	13.51	4.3681
12	2820	14.38	2.67	0,38	13.51	0.7569
13	2660	11.88	2.47	0,37	12.34	0.2116
14	2310	6.88	1.93	0,30	6.57	0.0961
15	2150	6.25	1.83	0,29	6.00	0.0625
16	1150	1.59	0.46	0,15	1.70	0.0121

На графиках А.15 и А.16 показано распределение точек (диф. моделью).

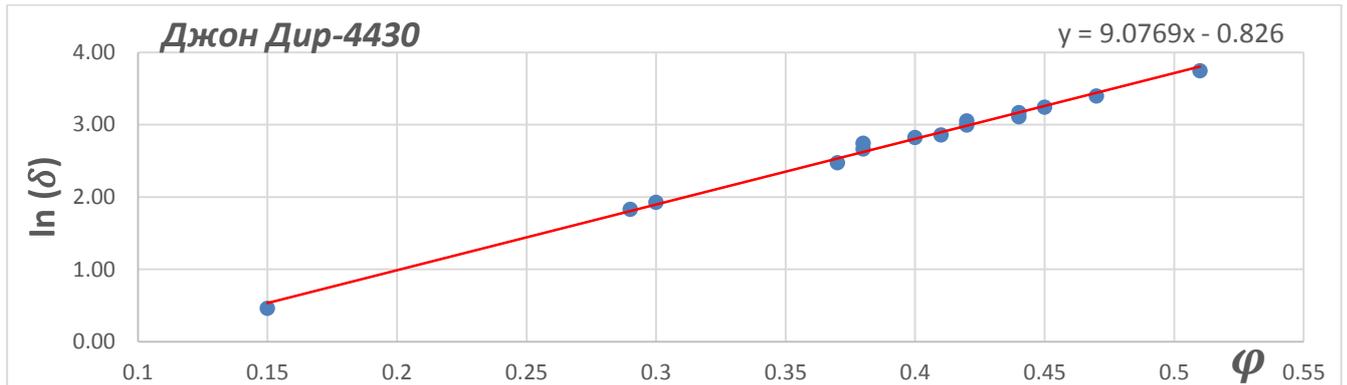


Рисунок А.15 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования

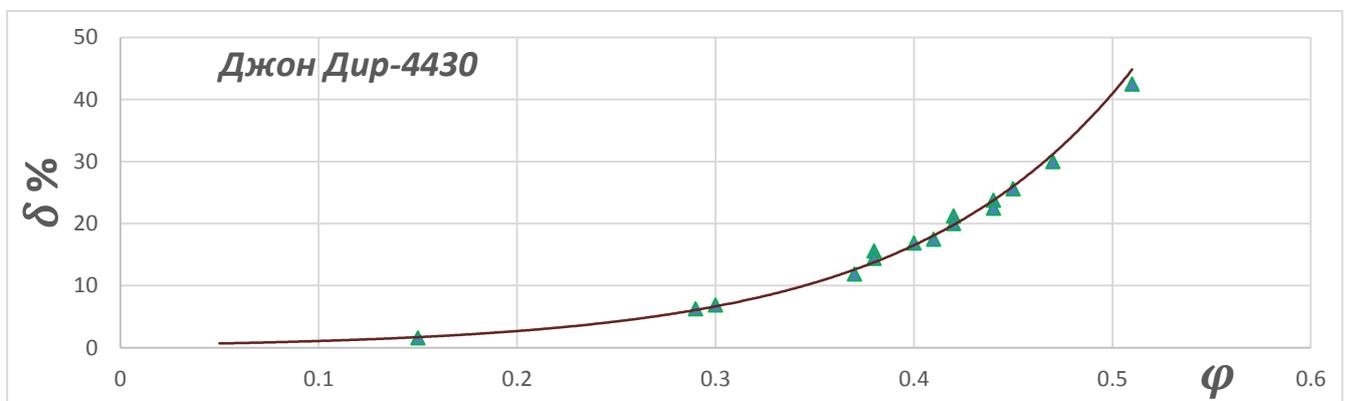


Рисунок А.16 – Зависимость буксования от тягового усилия

### Исходные данные тяговых испытаний трактора ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)

Фон - стерня колосовых

Таблица А.9 – Исходных данных тяговых испытаний ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,988e^{5,157x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	23.42	5	1.609	0.313	4.963	0.0014
2	28.3	7	1.946	0.379	6.976	0.0006
3	33.54	10	2.303	0.449	10.008	0.0001
4	36.29	12	2.485	0.485	12.050	0.0025
5	39.6	15	2.708	0.530	15.198	0.0392
6	43.82	20	2.996	0.586	20.286	0.0818
7	49.17	30	3.401	0.658	29.407	0.3516

На графиках А.17 и А.18 показано распределение точек (диф. моделью).

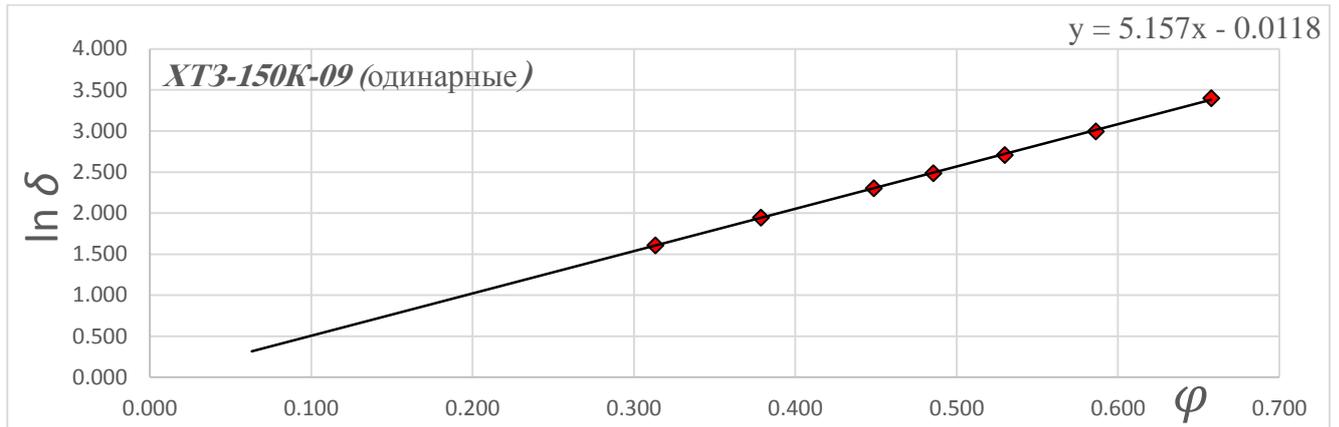


Рисунок А.17 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования

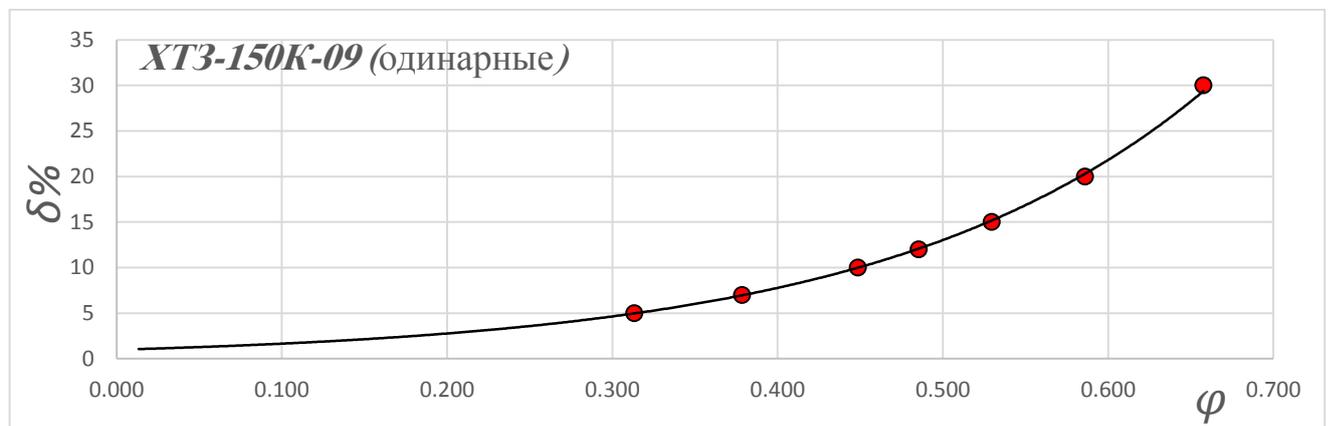


Рисунок А.18 – Зависимость буксования от тягового усилия

### Исходные данные тяговых испытаний трактора ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)

Фон - стерня колосовых, число движителей сдвоенные.

Таблица А.10 – Исходных данных тяговых испытаний ХТЗ-150К-09 (ГОСТ-7057)

№	$P_{кр}$ , кгс	$\delta$ , %	$\ln(\delta)$	$\varphi$	$y = 0,611e^{4,796x}$	$(\delta_i - \delta_{расч})^2$
1	32.49	5	1.609	0.435	4.921	0.0062
2	38.11	7	1.946	0.510	7.052	0.0027
3	43.86	10	2.303	0.587	10.202	0.0408
4	46.61	12	2.485	0.623	12.125	0.0156
5	49.72	15	2.708	0.665	14.83	0.0289
6	54.49	20	2.996	0.729	20.158	0.0250
7	60.51	30	3.401	0.809	29.586	0.1714

На графиках А.19 и А.20 показано распределение точек (диф. моделью).

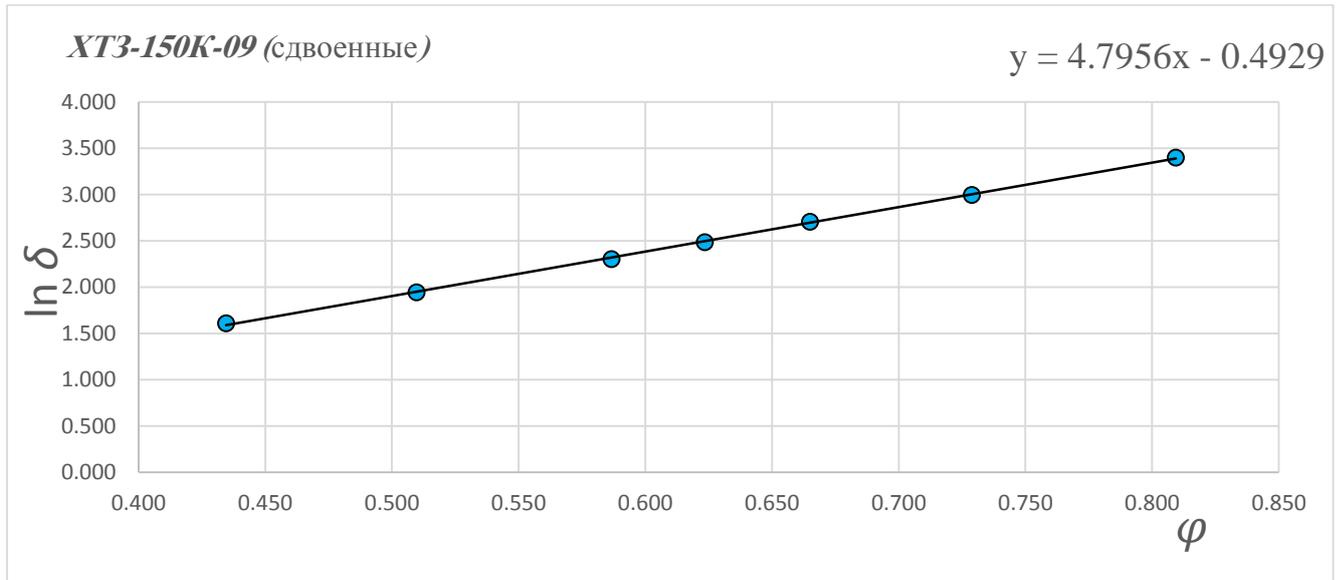


Рисунок А.19 – Уравнение линеаризованной прямой линии для буксования

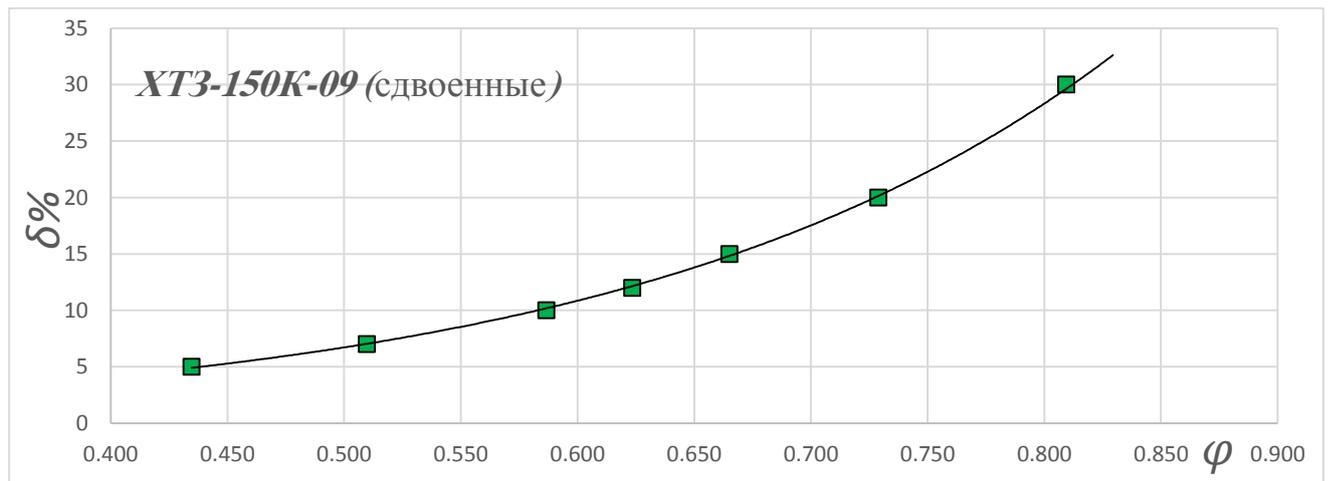


Рисунок А.20 – Зависимость буксования от тягового усилия

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

В таблице Б.1 приведены наиболее распространенные чизельные плуги в некоторых арабских странах [160, 96, 155].

*Почвообрабатывающие машины.* Из таблицы Б.1 мы определяем распространенность плугов в некоторых странах Ближнего Востока.

Таблица Б.1 – Чизельные плуги, развернутые на Ближнем Востоке

Описание	чизельный плуг			
	Пружинный экскаватор 	Сирия	Зубчатый экскаватор 	Сирия, Ирак
Место производства	Сирия	Сирия	Сирия, Ирак	Сирия, Ирак
Ширина захвата, см	240	195	165	216
Глубина обработки, см	25	25	30	30
Ширина корпуса, см	20	20	4,5	4,5
Количество лап, шт.	9	7	7	11
Высота, см	---	47	26	-----
масса плуга, кг	650	415	430	290
Дополнительные замечания	угол наклона головы ( $\beta$ ): 80°, угол реза ( $\gamma$ ): 22°.		угол врезания рычагов плуга (attack angle) 25 градусов	лемех 45 см, расчетная глубина 12 см, тип стойки цельный, общая длина стойки 553,41 мм.

Характеристик лемешных плугов, широко распространенных в арабских странах на Ближнем Востоке [97, 98, 113], то они приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Лемешные плуги, развернутые на Ближнем Востоке

Описание	Лемешный плуг			
	местная промышленность	местная промышленность	AYDIN PULLUK	Отвал-лемешный плуг
производства	Сирия	Сирия	Ирак	Ирак
Ширина захвата, см	105	87	82	140
Глубина обработки, см	25	30	35	25

## Продолжение таблицы Б.2

Количество лап, шт.	3	3	3	4
масса плуга, кг	-----	320	290	-----
Дополнительные замечания	шириной пахоты для каждого оружия (35 см), с прямой кромкой, длиной оружия (47 см) и его высотой спереди (14 см) и сзади (8 см), образующих угол 42° с направлением движения	Длина рабочей части 34см, высота рабочей части (см) 43	Тип оружия - традиционное долото.	отвал полуспиральный по форме. ширина корпуса 35см.

Что касается наиболее распространенных дисковых плугов и борон [113, 116, 127], то они приведены в таблицах Б.3 и Б.4.

Таблица Б.3 – Дисковые плуги, развернутые на Ближнем Востоке

Описание	Дисковый плуг		
	Самодельный	Самодельный	NARDI-TODN-500C
Место производства	Сирия	Ирак	Италия
Ширина захвата, см	105	90	80
Глубина обработки, см	25	25-30	25
Количество корпусов, шт.	3	3	3
Диаметр диска, см	70	63	-----
угол наклона опорного колеса, наклона диска	42° - 15°	----	35° - 45°
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной

Таблица Б.4 – Бороны, развернутые на Ближнем Востоке

Описание	Катки дисковые	
	Сирия	Сирия
Ширина захвата, м	2,5	3
Тип агрегатирования	навесной	навесной
Количество корпусов, шт.	10	25
диаметр диска, см	---	50,8
Масса, кг	---	1550

Таблица Б.5 – Механические свойства плугов Ближнего Востока, на которых основывался расчет

Описание	Лемешный плуг	чизельный плуг	дисковый плуг
	ПЛН-3-35	ЗЗТ-1.4	ПНД-3
Место производства	Россия	Китай	Белоруссия
Ширина захвата, см	105	140	970
Глубина обработки, см	30	10-20	25-30
Рабочая скорость, км/ч	6-9	7-10	10
Количество лап, шт.	3	7	3
Ширина корпуса, см	0,35	0,20	0,30
масса плуга, кг	444	300	390
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Высота, см	129	80	140
Требуемая мощность, л.с.(кВт)	-----	30-40 (22,1-29,4)	60(44,4)

Таблица Б.6 – Механические свойства плугов Ближнего Востока, на которых основывался расчет

Описание	Лемешный плуг	чизельный плуг	дисковый плуг
Место производства	Сирия – Ирак	Сирия	Сирия
Ширина захвата, см	105	140	105
Глубина обработки, см	25(10-25)	25	25
Рабочая скорость, км/ч	(3-6) 4,5	4,68	(4-8) 6,01
Количество лап, шт.	3	7	3
Ширина корпуса, см	35	20	35
масса плуга, кг	445	415	---
Тип агрегатирования	навесной	навесной	навесной
Высота, см	47	47	-----
Дополнительные замечания	высотой спереди (14 см) и сзади (8 см), образующих угол 42° с направлением движения	угол наклона головы ( $\beta$ ): 80°, угол реза ( $\gamma$ ): 22°.	Диаметр диска, 70 см, Угол обработки (диск)- угол наклона 42°- 15°

Картофель выращивается в Сирии в 10 сирийских провинциях, как показано на следующей диаграмме (рис. Б.1), и его производство колеблется из года в год из-за ежегодных изменений в посевных площадях. В 2020 году провинции Хомс, Хама и Алеппо контролировали около 60% посевных площадей в Сирии и около 50% от общего объема производства, а с другой стороны, провинция Сувейда занимает первое место по урожайности продукции с примерно 42,7 тонн/га.

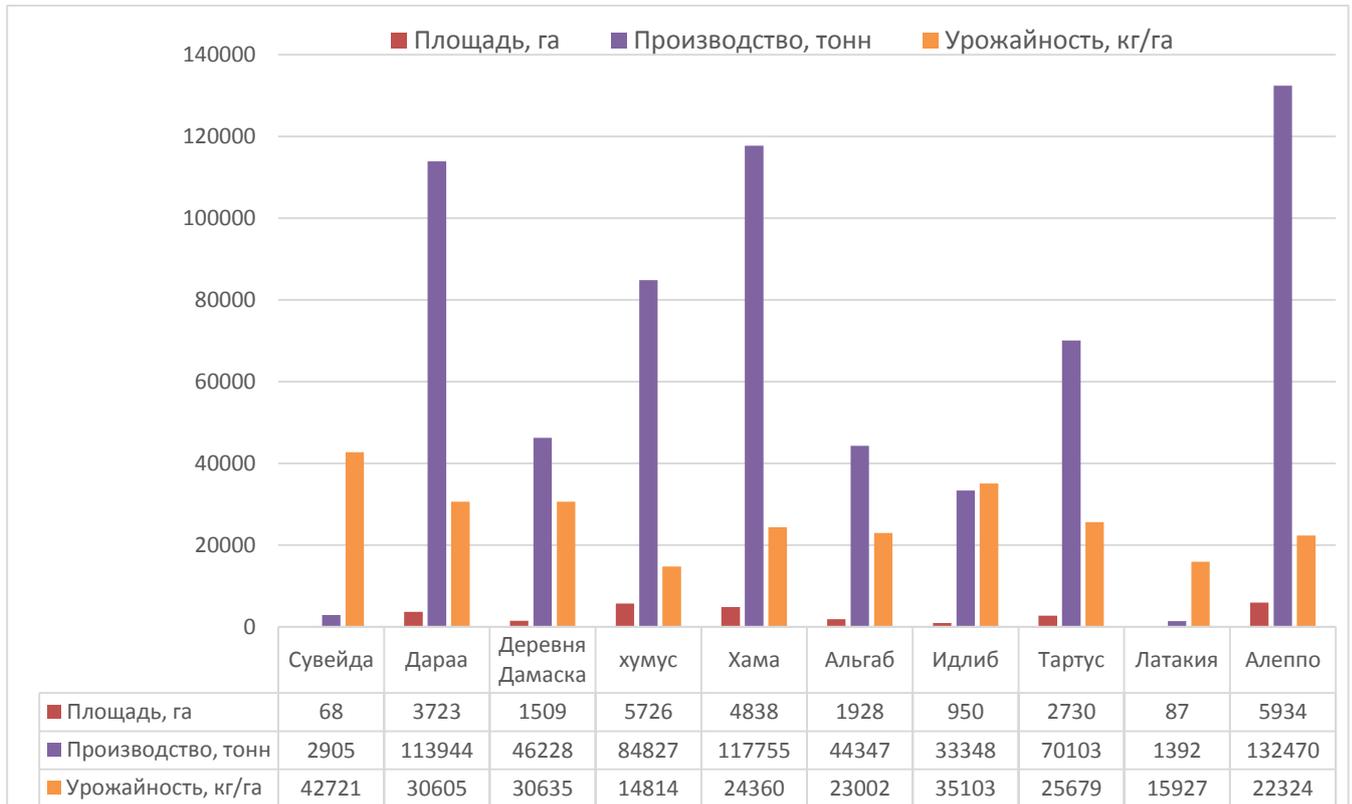


Рисунок Б.1 – Площадь, объем производства и урожайность по сирийским регионам.



Рисунок Б.2 – Урожайность и производство урожая картофеля по годам в Сирии.

Второй сайт (суглинистая почва)						Первый сайт (глинистая почва)						Места	
Дугообразный		Перекошено вперед		Вертикальный		Дугообразный		Перекошено вперед		Вертикальный		Форма стебля (стойка)	
13-17		8-12		13-17		8-12		13-17		8-12		Глубина обработки почвы, см	
9,64		7,15		3,70		9,64		7,15		3,70		Скорость обработки почвы, км/ч	
858,33		791,37		983,37		1041,73		1058,40		1075,00		Тяговое усилие, кгс	
16,67		15,41		18,98		20,12		20,61		20,83		Буксование, %	
8,53		7,67		13,66		16,03		10,40		13,99		Расход топлива, л/ч	
26,00		24,33		21,23		11,41		22,23		22,47		Тяговая мощность, кВт	
5,22		4,65		5,00		2,90		7,84		5,83		Потерянная мощность при буксовании, кВт	
9,64		7,15		3,70		9,64		7,15		3,70		1,62	
858,33		791,37		983,37		1041,73		1058,40		1075,00		1,81	
16,67		15,41		18,98		20,12		20,61		20,83		4,49	
8,53		7,67		13,66		16,03		10,40		13,99		5,67	
26,00		24,33		21,23		11,41		22,23		22,47		6,53	
5,22		4,65		5,00		2,90		7,84		5,83		3,98	
9,64		7,15		3,70		9,64		7,15		3,70		2,66	
858,33		791,37		983,37		1041,73		1058,40		1075,00		7,84	
16,67		15,41		18,98		20,12		20,61		20,83		7,84	
8,53		7,67		13,66		16,03		10,40		13,99		7,84	
26,00		24,33		21,23		11,41		22,23		22,47		7,84	
5,22		4,65		5,00		2,90		7,84		5,83		7,84	

Таблица Б.7 – Значения пробуксовки колес трактора Фураг 470 с дисковым плугом разного угла и некоторые эксплуатационные характеристики

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

*Расчеты по хронометражным наблюдениям в третьей зоне стабильности в Сирии по каждому полю.*

**- Размеры поля (315,5\*112) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 3,5 га, расход топлива 52,5 л (15 л/га)

$$n_{\text{прох}} = \frac{112}{0,9} = 125 * 2 = 250,$$

$$T_{\text{прох}} = 250 * 32\text{сек} = \frac{8000\text{сек}}{3600} = 2,22 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}}=10 \text{ сек}, T_{\text{отд}}=16 \text{ сек}, T_{\text{чел-ф}}=10 \text{ сек}, T_{\text{конт}}=6 \text{ сек}, T_{\text{заб-р}}=7 \text{ сек}, (0,817 \text{ час})$$

$$T_{01} = 4,083 - 0,817 = 3,266 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}}=15 \text{ сек}, T_{\text{отд}}=20 \text{ сек}, T_{\text{чел-ф}}=16 \text{ сек}, T_{\text{п.коч}}=9 \text{ сек}, T_{\text{заб-р}}=12 \text{ сек}, (1,2 \text{ час})$$

$$T_{02} = 5,67 - 1,2 = 4,47 \text{ час},$$

$$T_0 = 7,736 - 2,22 = 5,516 \text{ час}$$

$$T_{\text{см1}} = 4,967 \text{ час}, T_{\text{см2}} = 6,25 \text{ час}, T_{\text{см}} = 11,217 \text{ час},$$

$$k_{\text{см}} = \frac{5,516}{11,217} = 0,508,$$

$$W_0 = 0,1 * 6 * 0,9 = 0,54 \text{ га/ч},$$

$$W_{\text{см}} = 0,54 * 0,492 = 0,27 \text{ га/ч}$$

**Размеры поля (337\*89) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 3га, , расход топлива 54 л,(18 л/га)

$$n_{\text{прох}} = \frac{89}{0,9} = 99 * 2 = 198$$

$$T_{\text{прох}} = 198 * 35\text{сек}, = \frac{6930}{3600} = 1,925 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}}=9 \text{ сек}, T_{\text{отд}}=25 \text{ сек}, T_{\text{чел-ф}}=17 \text{ сек}, T_{\text{конт}}=11 \text{ сек}, T_{\text{заб-р}}=14 \text{ сек}, ( 1,267 \text{ час})$$

$$T_0 = 7,17 - 1,925 - 1,267 = 3,978 \text{ час},$$

$$T_{\text{см}} = 8,25 \text{ час},$$

$$k_{\text{см}} = \frac{3,978}{8,25} = 0,482,$$

$$W_0 = 0,1 * 6 * 0,9 = 0,54 \text{ га/ч},$$

$$W_{\text{см}} = 0,54 * 0,578 = 0,26 \text{ га/ч}$$

На рисунке Рисунок А.3 – показаны размеры земельного участка площадью 3 гектара и экскаватор, используемый для выравнивания.



Рисунок В.1 – Плуги, используемые во время наблюдения

Затем, 01.07.2024, была проведена операция по выравниванию с использованием экскаватора, 7 кор, на глубине 10 см, при рабочей скорости 7 км/ч, с целью выравнивания почвы, рыхления почвы и уничтожения сорняков, где смена началась в 07:00 и заканчивается в 11:10 утра.

- **Размеры поля (337\*89) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 3 га, , расход топлива 24 л,(8 л/га),

$$n_{\text{прох}} = \frac{89}{2,25} = 40 * 2 = 80, T_{\text{прох}} = 80 * 24 \text{ сек} = 0,533 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}}=6 \text{ сек}, T_{\text{отд}}=14 \text{ сек}, T_{\text{чел-ф}}=7 \text{ сек}, T_{\text{кон}}=5 \text{ сек}, T_{\text{заб-р}}=9 \text{ сек}, (0,683 \text{ час})$$

$$T_0 = 3 - 0,533 - 0,683 = 1,784 \text{ час},$$

$$T_{\text{см}} = 4,17 \text{ час},$$

$$k_{\text{см}} = \frac{1,784}{4,17} = 0,428,$$

$$W_0 = 0,1 * 7 * 2,25 = 1,575 \text{ га/ч},$$

$$W_{\text{см}} = 1,575 * 0,428 = 0,674 \text{ га/ч}$$

В большинстве операций вспашки с использованием агрегата использовался челночный, и операции вспашки могут выполняться дважды и ортогонально, в зависимости от желания владельца поля.

Вспашку поля можно осуществлять в двух перпендикулярных

направлениях, и это зависит от владельца поля, кроме того, стоимость как трактора, так и необходимого топлива удваивается.

Согласно первым наблюдениям и в зависимости от опыта водителя, трактор потребляет 6...8 л/га при средней производительности 1,2...1,3 га/ч. Тип фона - подготовка земли для посев ячменя (чердачные земли), здесь смена длилась около 10,5 часов.

- **Размеры поля составляют (500\*120) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 6 гектаров,

$$n_{\text{прох-1}} = \frac{120}{2,1} = 57,$$

Хронометраж одного прохода в поле достигал 25...30 секунд, и у нас есть количество проходов на обоих концах поля, равное 114 (57\*2)

$$T_{\text{прох}} = 114 * 25 = 2850 \text{ сек} = 2850/3600 = 0,792 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}} = 12 \text{ sec}, T_{\text{ОТД}} = 13 \text{ sec}, T_{\text{ЧЕЛ-Ф}} = 15 \text{ sec}, T_{\text{КОН}} = 7 \text{ sec}, T_{\text{заб-Р}} = 14 \text{ sec}, (1,017 \text{ час})$$

$$T_{\text{O1}} = 4,92 - 0,792 - 1,017 = 3,11 \text{ час},$$

- **Размеры второго поля составляют (250\*80) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 2 гектаров,

$$n_{\text{прох-2}} = \frac{80}{2,1} = 38,$$

Хронометраж одного прохода в поле достигал 23...27 секунд, и у нас есть количество проходов на обоих концах поля, равное 76 (38\*2)

$$T_{\text{прох-2}} = 0,528 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}} = 4 \text{ sec}, T_{\text{ОТД}} = 6 \text{ sec}, T_{\text{ЧЕЛ-Ф}} = 3 \text{ sec}, T_{\text{КОН}} = 4 \text{ sec}, T_{\text{заб-Р}} = 4 \text{ sec},$$

$$T_{\text{O2}} = 1,5 - 0,528 - 0,35 = 0,622 \text{ час},$$

- **Размеры поля (200\*125) м<sup>2</sup>**, что эквивалентно площади в 2,5 га,

$$n_{\text{прох-3}} = \frac{125}{2,1} = 60,$$

Хронометраж одного прохода в поле достигал 28 секунд, из-за наличия нескольких крупных камней по краям поля, и у нас есть количество проходов на обоих концах поля, равное 120,

$$T_{\text{прох-3}} = 0,933 \text{ час},$$

$$T_{\text{Тех.от}} = 2 \text{ sec}, T_{\text{ОТД}} = 3 \text{ sec}, T_{\text{ЧЕЛ-Ф}} = 2 \text{ sec}, T_{\text{КОН}} = 3 \text{ sec}, T_{\text{заб-Р}} = 2,5 \text{ sec}, (0,21 \text{ час})$$

$$T_{\text{O3}} = 3,11 - 0,933 - 0,21 = 0,94 \text{ час},$$

$$T_{\text{O}} = T_{\text{O1}} + T_{\text{O2}} + T_{\text{O3}} = 3,11 + 0,622 + 0,933 = 4,665 \text{ час},$$

$$T_{\text{см}} = 10,5 \text{ час},$$

$$k_{\text{см}} = \frac{4,665}{10,5} = 0,44,$$

$$W_{\text{O}} = 0,1 * 8 * 2,1 = 1,68 \text{ га/ч},$$

$$W_{\text{см}} = 1,68 * 0,59 = 0,74 \text{ га/ч},$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Результаты апробации научно-квалифицированной работы





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

## СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

*Международной научной конференции молодых учёных и специалистов,  
посвящённой 160-летию В. А. Михельсона*

*Выдан*

**Алсанкари Ахмад**

*за доклад на тему*

An Analytical Study of the Reality of Planting and  
Harvesting Potatoes in the Syrian Arab Republic

*на секции*

Иностранный язык в профессиональной сфере  
и лингвострановедение

Ректор РГАУ – МСХА  
имени К.А. Тимирязева,  
Академик РАН, д.с.-х.н.,  
д.э.н., профессор,



В.И. Трухачев

Москва 2020



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА  
Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра «Тракторы и автомобили» имени академика В.Н. Болтинского

## СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА



Семинара «Чтения академика В.Н. Болтинского»  
22 - 24 января 2020 года

Выдан  
Алсанкари Ахмад

за участие в семинаре с докладом:  
*Анализ использования машинно-тракторного парка  
в Республике Сирия*

Ректор,  
Академик РАН



В.И. Трухачев

Москва  
2020



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

## СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО  
СОСТАВА, ПОСВЯЩЕННАЯ 155-ЛЕТИЮ РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

*Выдан*

**Алсанкари Ахмад**

*за доклад на тему*

Анализ почвенных условий при возделывании  
сельскохозяйственных культур в условиях Сирии

*на секции*

Инновационная техника и технологии в АПК

Ректор РГАУ – МСХА  
имени К.А. Тимирязева,  
Академик РАН, д.с.-х.н.,  
д.э.н., профессор,



В.И. Трухачев

Москва, 2-4 декабря 2020 г.

# СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

Международная научная конференция  
молодых учёных и специалистов,  
посвящённая 150-летию со дня рождения  
Миловича Александра Яковлевича

Выдан

Алсанкари Ахмад

за доклад на тему:  
АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ВЛИЖНЕГО  
ВОСТОКА И РОССИИ

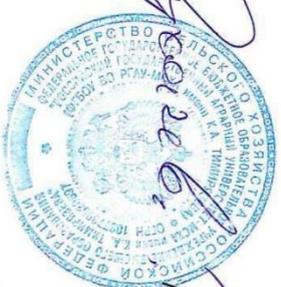
на секции

Инновационная техника и технологии в АПК



СНУ

РГАУ-МСХА  
имени К.А.Тимирязева



В.И. Трухачев  
Ректор,  
Академик РАН,  
профессор

Москва, 3-5 июня 2024 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Акты внедрения результатов работы



Перевод данного текста выполнен переводчиком Кизевой Виталиной Васильевной.

Российская Федерация

Город Москва

Семнадцатого июня две тысячи двадцать четвертого года

Я, Моисеева Лилия Владимировна, нотариус города Москвы, свидетельству подлинность подписи переводчика Кизевой Виталины Васильевны.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

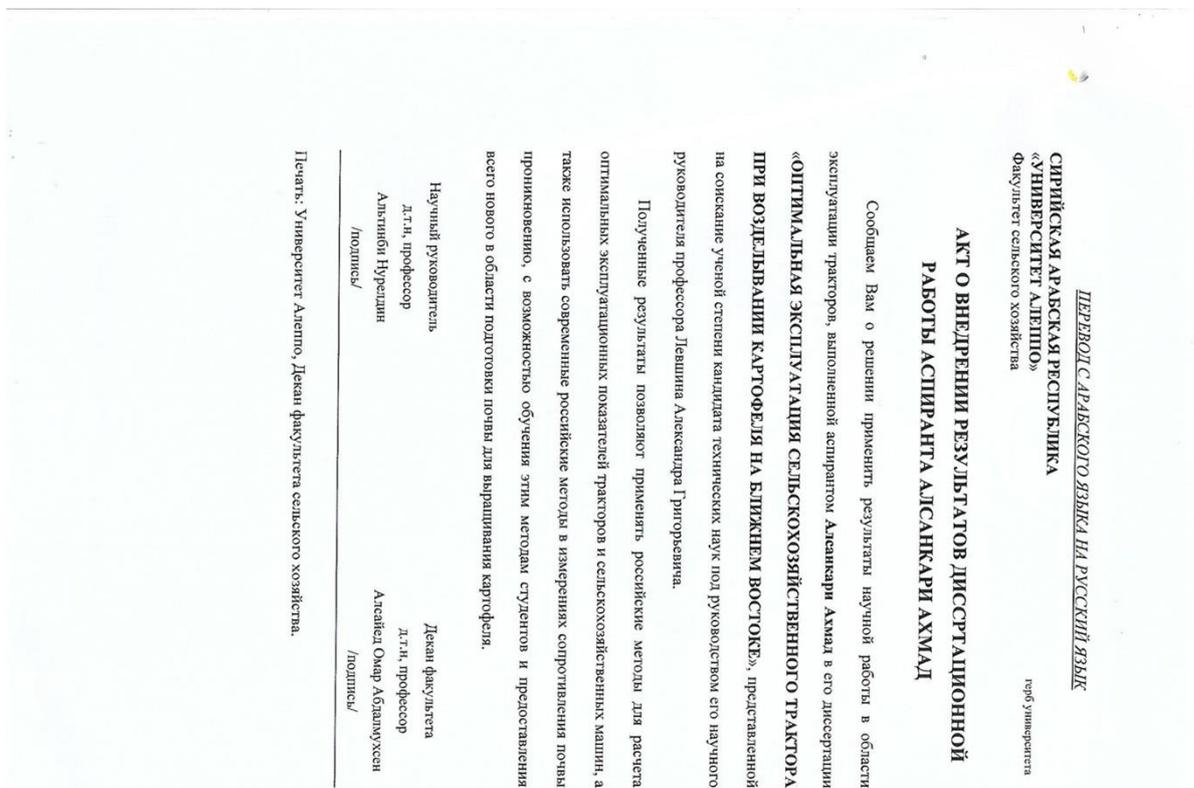
Зарегистрировано в реестре: № 50/095-и/77-2024-15- 046

Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.



Всего прошнуровано, пронумеровано и скреплено печатьми 2 лист(а)-00

Л.В. Моисеева



# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## Результаты апробации мероприятия



### Тимирязевка пригласила арабских абитуриентов в рамках проекта Россотрудничества



По приглашению представительства Россотрудничества в рамках международного гуманитарного сотрудничества в Республике Ливан Тимирязевская академия приняла участие в проекте «Открываем ведущие российские вузы в Русском Доме в Бейруте». Проект предполагает проведение и запись онлайн-трансляции, а также ее последующую демонстрацию на арабском и английском языках жителям стран Ближнего Востока.

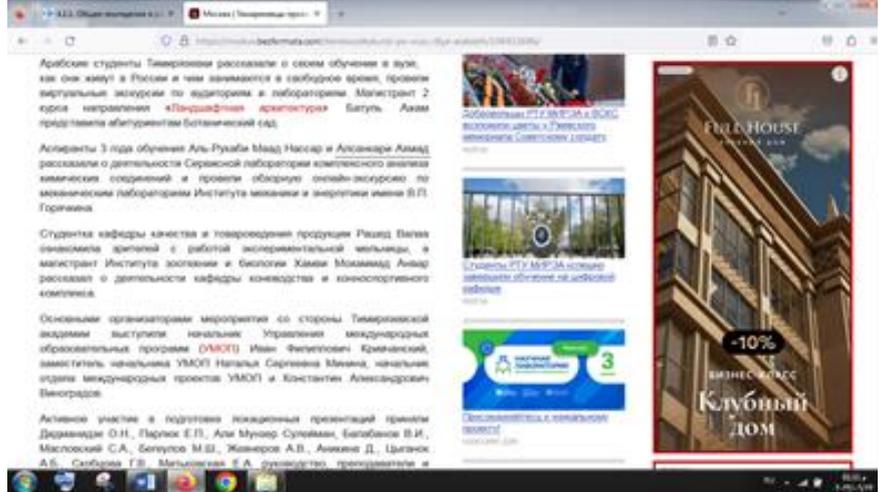
27 Июнь / 2022

Профориентационная кампания ориентирована на арабских абитуриентов, планирующих поступать в российские вузы в рамках квоты Правительства РФ или на коммерческой основе. Информация о вузах будет демонстрироваться на официальном источнике проекта «Открываем ведущие российские вузы в Русском Доме в Бейруте», а также на арабском телевизионном канале Аль-Джазира.

Модераторами мероприятия на арабском языке выступили руководитель представительства Россотрудничества в Ливане Руслан Сабирович Рамазанов и заведующий кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водотведения, насосов и насосных станций РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Али Мунаер Сулейман. Презентацию вуза на английском языке провел начальник отдела международных проектов Управления международных образовательных программ Константин Александрович Виноградов.

Арабские студенты Тимирязевки рассказали о своем обучении в вузе, как они живут в России и чем занимаются в свободное время, провели виртуальную экскурсию по аудитории и лаборатории. Магистрант 2 курса направления «Ландшафтная архитектура» Батул Ахмед представила абитуриентам Ботанический сад.

Аспирант 3 года обучения Аль-Рушди Маад Нассар и Алсанкари Ахмад рассказали о деятельности Сервисной лаборатории комплексного анализа химических соединений и провели обзорную онлайн-экскурсию по механическим лабораториям Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Тимирязевская ул. 49, г. Москва 127550 Тел:(499)976-04-80 Факс: (499) 976-04-28 E-mail: info@timacad.ru  
№ 284-51/64

«08» апреля 2024 г.

### СПРАВКА

О мероприятии  
"РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
пригласил арабских абитуриентов в рамках проекта  
Представительства Россотрудничества и Русского дома в Бейруте"

По приглашению Представительства Россотрудничества в рамках международного гуманитарного сотрудничества в Республике Ливан Тимирязевская академия приняла участие в проекте «Открываем ведущие российские вузы в Русском Домом в Бейруте». Проект предполагает проведение и запись онлайн-трансляции, а также ее последующую демонстрацию на арабском и английском языках жителям стран Ближнего Востока.

Аспирант 3 года обучения Алсанкари Ахмад рассказал о деятельности Сервисной лаборатории анализа и провел обзорную онлайн-экскурсию по лабораториям Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина. Ссылка на запись есть на YouTube: <https://youtu.be/JTj41f3B-OU>.

В фильме Алсанкари Ахмад, представитель Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, рассказывает о типах тракторов и автомобилей, а также о различных видах деятельности Института и реализуемых направлениях подготовки. С 34:40 по 42:35 время показа видео. Ссылка также находится на веб-сайте университета:

<https://www.timacad.ru/news/timiriazevka-priglasila-arabskikh-abiturientov-v-ramkakh-proekta-rossotrudnichestva>.



Ведущий специалист  
Управления международных  
образовательных программ, профессор  
(подпись, расшифровка подписи)

И.Ф. Кривчанский