

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

На правах
рукописи

СТАРОВОЙТОВА ЮЛИЯ ВИКТОРОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ
СВОЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ
ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА**

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование
для агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Перевозчикова Наталия Васильевна

Москва – 2025

Оглавление	
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ.....	14
1.1 Условия труда оператора трактора и способы их модернизации	14
1.2 Общий анализ дизайна верхнего строения современных тракторов.....	28
1.3 Психология труда оператора.....	37
Вывод по главе 1:	41
ГЛАВА 2. ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТРАКТОРА И МЕТОДЫ ИХ СРАВНЕНИЯ С ДРУГИМИ ТРАКТОРАМИ.....	42
2.1 Общие положения по оцениванию технологического уровня трактора...	42
2.2. Методологический подход.	52
2.3. Показатель безопасности и автоматизации	58
2.4. Комплексный показатель технологического уровня.....	63
Выводы по главе 2.....	63
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	64
3.1 Методы оценивания технологического уровня сельскохозяйственных тракторов.....	65
3.1.1 Метод экспертной оценки	66
3.1.2 Метод ранжирования и оценка факторов	69
3.1.3 Метод последовательных сравнений	71
3.1.4 Метод парных сравнений	72
3.2 Методика расчета показателя безопасности	76
3.3 Методика расчета показателя автоматизации.....	80
Выводы по главе 3.....	81
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ: БЕЗОПАСНОСТЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ	82
4.1 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости показателя безопасности	82
4.2 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости показателя автоматизации	85

4.4 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости технологического уровня МЭС	88
4.5 Определение рангов единичных показателей технологического уровня трактора	90
4.2. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности	92
4.2.1 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Case IH Puma 175 CVX	92
4.2.1.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Case IH Puma 175 CVX	94
4.2.2 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Claas Arion 650 Cmatic	95
4.2.2.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Claas Arion 650 Cmatic	96
4.2.3. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Deutz-Fahr 7250 TTV	97
4.2.3.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Deutz-Fahr 7250 TTV ..	98
4.2.4. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Fendt 720 Vario	99
4.2.4.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Fendt 720 Vario.	100
4.2.5. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора John Deere 6175R AP	102
4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора John Deere 6175R AP.	103
4.2.6. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора McCormick X7.670 VT-Drive	104
4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора McCormick X7.670 VT- Drive	105
4.2.7. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Massey Ferguson 7720 Dyna V.	106
4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Massey Ferguson 7720 Dyna V.	107
4.2.8. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора New Holland T7 230 AC	108
4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора New Holland T7 230 AC	109
4.2.9. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Valtra T214 Direct	110
4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Valtra T214 Direct	111

4.2.10 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора МТЗ 80	119
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора МТЗ 80.....	120
4.2.11 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора МТЗ 82.1	121
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора МТЗ 82.1.....	122
4.2.12 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Агромаш 8,5 ТК	123
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора Агромаш 85 ТК	124
4.2.14 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Агромаш ВТЗ 2032	125
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора Агромаш ВТЗ 2032 ...	126
4.2.15 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Kubota В2441.....	127
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора Kubota В2441	128
4.2.16 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Kubota MU5502.....	129
4.2.5.1.Показатель автоматизации (Па) для трактора Kubota MU5502	130
Выводы по главе 4.....	135
ГЛАВА 5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	137
Выводы по главе 5.....	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	150
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ	159

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. **Опасный производственный фактор (ОПФ)** – фактор, воздействие которого при определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.
2. **Вредный производственный фактор (ВПФ)** – фактор, воздействие которого при определенных условиях приводит к профессиональному заболеванию или потере трудоспособности.
3. **КТС (SIP)** – контрольная точка сиденья.
4. **ПДУ** – предельно допустимый уровень.
5. **Технологический уровень** – степень соответствия трактора современным требованиям для выполнения специфических аграрных задач в определенных условиях эксплуатации.
6. **Агротехнические свойства** – показатели, определяющие специализацию трактора, его пригодность для выполнения универсально-пропашных работ или задач общего назначения.
7. **Производительность** – эффективность выполнения сельскохозяйственных операций, учитывающая ширину захвата и тяговое сопротивление.
8. **Стоимость технологического процесса** – экономический показатель, учитывающий совокупные затраты на эксплуатацию и использование трактора.
9. **Безопасность** – уровень защиты, обеспечиваемой конструкцией кабины трактора для оператора и пассажиров.
10. **Автоматизация** – степень внедрения автоматизированных систем управления в сельскохозяйственные тракторы.
11. **Комплексный показатель** – интегральный показатель, объединяющий несколько единичных показателей, характеризующих технологический уровень трактора.
12. **Коэффициент весомости** – показатель, отражающий значимость каждого единичного показателя в общем комплексе.

13.Эталон – наилучшие значения показателей, используемые для сравнения с исследуемыми моделями тракторов.

14.Циклограмма – графическое представление показателей, позволяющее визуально оценить их соответствие эталонным значениям.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В контексте агропромышленного сектора наблюдается тенденция к усилению требований к эксплуатационным параметрам тракторов. Это проявляется в необходимости увеличения мощности на единицу веса, улучшения топливной эффективности, расширения функциональности и повышения общей производительности машин, а также в снижении уровня эмиссии вредных веществ в атмосферу.

Профессия механизатора продолжает оставаться одной из ключевых в аграрной отрасли, несмотря на тенденцию к сокращению численности персонала и уменьшению парка техники. Создание оптимальных условий для труда механизаторов является приоритетной задачей, поскольку это способствует поддержанию их высокой производительности и улучшению качества выполнения агротехнических операций.

При разработке новых моделей тракторов необходимо уделять внимание эргономическим параметрам, включая безопасность эксплуатации, удобство управления и комфортность условий труда оператора. Это способствует повышению эффективности работы и минимизации риска возникновения профессиональных заболеваний и травматизма.

Существует потребность в разработке методологии, позволяющей проводить комплексную оценку технологического уровня тракторов, включая анализ их технических спецификаций, агротехнических характеристик, производительности, безопасности и степени автоматизации.

Современные тенденции в области тракторостроения требуют непрерывного совершенствования конструктивных решений, что предполагает внедрение передовых технологий, систем автоматизации, а также улучшение показателей безопасности и комфорта для операторов.

В свете вышеизложенного, данное исследование направлено на решение актуальных проблем, связанных с повышением эффективности и безопасности эксплуатации тракторов, что имеет значительное значение для прогресса агропромышленного комплекса.

Цель и задачи. В рамках научного исследования проведен анализ и предложены пути усовершенствования методологии оценки технологического уровня сельскохозяйственных тракторов.

Основные задачи исследования включают:

1. Систематический обзор и критический анализ существующих методик оценки технологического уровня сельскохозяйственных тракторов.
2. Разработка и реализация процедуры экспертного опроса с целью выявления ключевых показателей для комплексной оценки и определения коэффициентов их значимости.
3. Модификация существующей математической модели, представляющей собой уравнение, которое связывает комплексный показатель технологического уровня тракторов с обобщенными и специализированными показателями.
4. Формирование теоретических и методических основ для повышения потребительских характеристик тракторов различных назначений, в том числе разработка обобщенного метода квалиметрии на основе построения циклограммы качества.
5. Создание программы для определения агротехнических требований к сельскохозяйственным тракторам и оценки их технологического уровня.

Целью данных задач является комплексное исследование и совершенствование технологических характеристик тракторов, что предполагает как теоретическую, так и прикладную составляющую, направленную на повышение эффективности и безопасности работы сельскохозяйственной техники.

Объект исследований. Предметом анализа выступают сельскохозяйственные тракторы и машинно-тракторные агрегаты, функционирующие на их основе. Исследование охватывает широкий спектр аспектов, связанных с эксплуатационными характеристиками и оценкой технологических параметров данных машин. Особое внимание уделяется

вопросам безопасности эксплуатации, уровня автоматизации, производительности и другим критическим показателям, оказывающим влияние на эффективность аграрного производства.

Предмет исследований. В рамках настоящего исследования осуществляется анализ количественных показателей технологической оснащённости тракторов, а также выявление закономерностей, лежащих в основе их определения. Исследование охватывает методологические подходы к оценке разнообразных параметров тракторов, включая технологическую универсальность, агротехнические характеристики, производительность, безопасность эксплуатации и степень автоматизации. Включает разработку специализированных методик, математических моделей и алгоритмов, предназначенных для комплексной оценки и сопоставления тракторов на основе их технологических атрибутов.

Научная новизна. Методология оценки уровня безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов, учитывающая условия труда операторов. Это позволяет вычислить интегральный индекс безопасности, включающий анализ параметров кабин, таких как габариты и конструктивные особенности, эргономика доступа и размещения рабочего пространства, функциональность органов управления, видимость, параметры микроклимата, уровень запыленности и загрязнённости воздуха, акустические характеристики и вибрационные нагрузки.

В рамках исследования были введены коэффициенты значимости для ключевых показателей безопасности, что способствует более точному отражению их влияния на общую безопасность рабочего пространства. Такой подход обеспечивает более объективную и всестороннюю оценку безопасности кабин тракторов.

Также была разработана методика оценки степени автоматизации тракторов, учитывающая такие аспекты, как автоматизация двигателя, трансмиссии, системы подключения переднего моста, гидравлической системы навески, процессов управления трактором, а также наличие

гибридных силовых установок и электромоторколесах. Это позволяет сформировать комплексный индекс автоматизации и проводить сравнительный анализ различных моделей тракторов.

Исследование предлагает комплексный подход к оценке технологического уровня тракторов, включающий анализ технологической универсальности, агротехнические характеристики, производительность, безопасность и уровень автоматизации. Такой подход дает возможность провести более глубокую и объективную оценку технологического уровня тракторов.

В работе активно применяется метод экспертной оценки для определения коэффициентов значимости показателей безопасности и автоматизации, что позволяет интегрировать мнение специалистов и повысить точность и объективность оценочных процедур.

Таким образом, представленные в исследовании аспекты научной новизны вносят значительный вклад в развитие методик оценки и совершенствование технологических характеристик сельскохозяйственных тракторов, что имеет важное значение для повышения эффективности и безопасности аграрного производства.

Теоретическая значимость работы. В рамках настоящего исследования была осуществлена разработка и апробация методик, направленных на оценку уровня безопасности и степени автоматизации тракторных кабин. Данные методики представляют собой инструмент для комплексной оценки технологического прогресса тракторов, что вносит значимый вклад в развитие теоретических основ оценки и совершенствования технических параметров сельскохозяйственной техники [4].

Исследование предполагает комплексный подход к анализу технологического уровня тракторов, учитывающий множество параметров, включая технологическую адаптивность, агротехнические характеристики, производительность, безопасность эксплуатации и степень автоматизации.

Такой подход обеспечивает более глубокую и объективную оценку технологического потенциала тракторов.

В процессе работы был применён метод экспертных оценок для определения весомости отдельных показателей, связанных с безопасностью и уровнем автоматизации. Использование экспертного мнения специалистов позволяет повысить точность и объективность оценочных процедур, что является важным аспектом для формирования надежной системы оценки технического состояния тракторов.

Практическая значимость исследования. В контексте исследования новых моделей тракторов, полученные результаты обладают потенциалом для применения в процессе разработки усовершенствованных тракторных агрегатов. Это предполагает интеграцию эргономических стандартов, повышение показателей безопасности и уровня автоматизации техники.

В рамках оценки и сравнительного анализа тракторов, разработанные методологические подходы обеспечивают возможность комплексного изучения и сопоставления технологических параметров различных моделей. Данный аспект представляет интерес как для производителей, так и для конечных пользователей, стремящихся к выбору наиболее оптимальных тракторов для своих нужд. Анализ безопасности рабочих мест в кабинах тракторов способствует улучшению условий труда операторов, что, в свою очередь, может привести к повышению их трудовой эффективности и сокращению вероятности возникновения профессиональных заболеваний и травматизма. Исследование уровня автоматизации тракторов играет ключевую роль в повышении производительности труда в аграрном секторе, что потенциально способствует увеличению общей производительности и уменьшению эксплуатационных затрат.

В заключение, данное исследование обладает значительной теоретической и практической ценностью, что подтверждает его актуальность и применимость для специалистов, работающих в сфере агропромышленного комплекса.

Акт внедрения подтверждает практическую значимость результатов научных исследований.

Результаты исследований используются в учебном процессе высших учебных заведениях: ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева.

Методы исследования

В рамках проведённого исследования были применены следующие методологические подходы:

Системный анализ: Данный метод был использован для изучения и выявления взаимосвязей между отдельными компонентами конструкций тракторов и их влияния на уровень технологической развитости.

Дифференцированный подход к оценке качества: Этот метод применялся для визуализации параметров на циклограмме и анализа их воздействия на технологический прогресс.

Экспертная оценка: Использовалась для определения коэффициентов значимости показателей, связанных с безопасностью и степенью автоматизации, на основе консенсуса мнений профессионалов в данной области.

Анкетирование: Применялось для сбора данных от специалистов и операторов тракторов с целью получения объективной информации.

Математическое моделирование: Использовалось для создания математических моделей и алгоритмов, предназначенных для оценки технологического уровня тракторов.

Комплексный метод оценки: Применялся для синтеза различных индикаторов в единую систему, позволяющую оценить технологический уровень тракторов.

Применение вышеперечисленных методов исследования обеспечило комплексный анализ и способствовало разработке методики оценки технологического уровня тракторов, а также способствовало определению коэффициентов значимости для отдельных показателей.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается анализом современных методов исследования, применением математического анализа, использованием современных компьютерных программ, проверкой сходимости полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Положения диссертации были доложены и одобрены:

- Чтения академика В.Н. Болтинского (Москва, 17-18 января 2025г);
- Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 150-летию со дня рождения Миловича Александра Яковлевича (Москва, 3-5 июня 2024г).;
- Чтения академика В.Н. Болтинского (Москва, 17-18 января 2023г);
- Чтения академика В.Н. Болтинского (Москва, 17-18 января 2022 г);
- Научно-практическая конференция, в рамках постоянно действующего семинара «Чтения академика В.Н. Болтинского» (Москва 3-5 июня 2021г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 8 научно-методических работах, в том числе 2 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК России.

Патенты. Оценка потребительских свойств мобильных энергетических средств. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025680580, 07.08.2025. Заявка № 2025668474 от 23.07.2025.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа изложена на 165 страницах машинописного текста, из них основного текста 150 страниц. Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы. Приложения составляют 5 страниц. Список литературы включает 93 источника, в том числе 1 иностранный. Работа содержит 26 таблиц и 28 рисунков.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

1.1 Условия труда оператора трактора и способы их модернизации

Современные условия продвижения различных товаров на рынке диктуют новые требования к качеству продукции. В тракторостроении это проявляется в возрастающей важности технико-эстетических характеристик [62]. Эти аспекты охватывают не только техническую модернизацию выхода новых прототипов тракторов, но и их дизайн, а также визуальную составляющую.

Эффективность тракторов в основном зависит от их технической готовности к работе. Эта готовность формируется не только за счет изначально продуманной и надежной конструкции, но и благодаря целенаправленным действиям по обеспечению и поддержанию их работоспособности на протяжении всего срока эксплуатации [5].

Работоспособность тракторных парков - это комплекс взаимосвязанных технических, экономических, организационных и социальных мероприятий, обеспечивающих поддержание тракторов в работоспособном состоянии при минимальных затратах труда и материальных ресурсов с соблюдением нормативных уровней эксплуатационной и экологической безопасности [65].

Техническая эксплуатация, как область научного знания, фокусируется на определении оптимальных путей и методов управления техническим состоянием тракторов. Это управление направлено на достижение своевременности и безопасности выполнения работ, а также на максимальное использование присущих тракторам технико-эксплуатационных характеристик [31].

При работе с сельскохозяйственной техникой в поле реализуется технологический процесс, имеющий следующие характерные черты:

- из-за сезонности ключевых задач, трудовые процессы становятся неритмичными, с высокой интенсивностью работы в определенные времена года;

- проведение работ на свежем воздухе, когда операторы сельскохозяйственной техники сталкиваются с постоянно меняющимися метеорологическими условиями, которые зависят от климатической зоны, сезона и конкретной погоды, может привести к неблагоприятным микроклиматическим сочетаниям. Эти условия способны вызывать перегрев или переохлаждение организма;

- частое чередование рабочих процессов у одного исполнителя, способное спровоцировать высокий уровень стресса и эмоционального дискомфорта [66].

- разбросанные рабочие места (поля) и их удаленность от постоянных баз приводят к постоянным перемещениям персонала и техники, что создает сложности в организации санитарно-бытового обслуживания.

Продолжая исследовать эволюцию тракторостроения на глобальном уровне, мы видим, что эргономические показатели являются ключевым фактором при проектировании будущих моделей тракторов. При разработке машинно-тракторного агрегата МТА учитывается возможность его дальнейшей эксплуатации и обслуживания на основе анализа физических и психофизиологических способностей человека. Создание эргономичного прототипа трактора, его использование и техническое обслуживание направлены на обеспечение оптимального взаимодействия человека с машиной при минимальных затратах ресурсов человека. Это включает в себя сокращение числа работников, времени подготовки, риска профессиональных заболеваний и травм, а также снижение физиологического и психического напряжения, при этом обеспечивая максимальную удовлетворенность от рабочего процесса. Иллюстрация на рисунке 1.1 отражает взаимосвязь между оператором (трактористом), машиной (МТА) и технологическим процессом, а также их влияние на условия труда и эргономику оператора. Согласно изображению, МТА может выступать в качестве передающего звена от

технологического процесса и элемента, воздействующего на оператора. Взаимодействие также может быть обоюдным. Оператор, посредством МТА, проводит технологические операции, следуя предписаниям технологического процесса. Это означает, что на его рабочую среду оказывают влияние как сам технологический процесс, так и МТА [69].

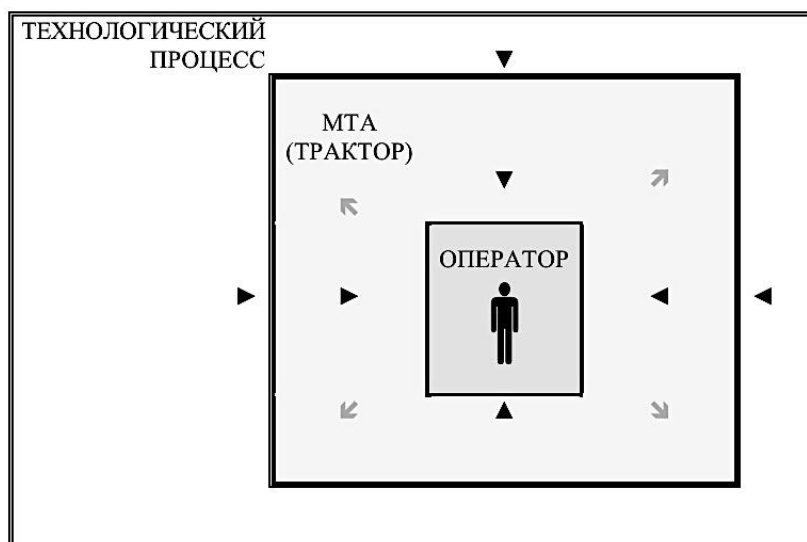


Рисунок 1.1 Обобщенная схема взаимодействия оператора и агрегата при выполнении технологического процесса

Исходя из представленного рисунка, можно выделить ряд аспектов, влияющих на эргономику будущих тракторов, и, соответственно, определить направления для ее улучшения [14].

В зависимости от энергоемкости технологической операции, используемых орудий, погодных условий и других факторов, возникают определенные моменты, которые влияют на состояние или действия оператора.

Необходимо сказать, что ряд ученых занимались разработкой, конструированием машин и механизмов и оценкой их функциональных характеристик в своих трудах. Среди таких Кисленко А. К., Архилаев М. А., Гуськов В. В., Клютко Д. В., Кухарёнок Л. В., Шарипов В. М., Голопятин А. В., Гайда А.С., Сидоров В.Н., Гольятин В.Я. и другие.

Обзор литературы показывает, что эргономика в сельском хозяйстве стала темой многочисленных исследований как в нашей стране, так и за рубежом, включая такие работы как:

1. "Ergonomic Evaluation of Tractor Seats" (Sharma, Gupta, 2015). Цель: исследовать влияние конструкции сидений тракторов на комфорт и усталость оператора. Основные выводы: неравномерное распределение давления связано с болями в пояснице. Более эргономичные сиденья снижают утомляемость на 20–30%.

2. "Whole-Body Vibration in Agricultural Tractors: A Review" (Scarlett et al., 2007) Цель: Анализ влияния вибрации на здоровье операторов и методов её снижения. Основные выводы: длительное воздействие вибрации повышает риск заболеваний позвоночника. Эффективные методы: амортизация сидений, изменение конструкции подвески. Значимость: работа легла в основу стандартов ISO 5008 по вибрации.

3. "Design and Evaluation of Tractor Cab Ergonomics for Indian Agricultural Workers" (Mehta, Tewari, 2020). Цель: Адаптация кабины трактора под антропометрию индийских фермеров. Основные выводы: стандартные кабины не подходят для 40% операторов из-за разницы в росте/весе. Предложен модульный дизайн кабины с регулируемыми элементами. Значимость: решение для развивающихся стран с высокой вариативностью антропометрических данных.

4. "Cognitive Load in Modern Tractor Interfaces: A Case Study" (Pasini, Biondi, 2019). Цель: оценить когнитивную нагрузку от цифровых интерфейсов тракторов. Основные выводы: избыток информации на дисплеях увеличивает ошибки на 15%. Рекомендации по упрощению интерфейсов. значимость: важный вклад в проектирование HMI (Human-Machine Interface).

5. "Ergonomics of Tractor Control Layouts: A Cross-Cultural Study" (Lee, Kim, 2018) Цель: сравнить расположение элементов управления в тракторах для разных регионов. Основные выводы: европейские тракторы лучше оптимизированы под леворучное управление. Азиатские модели чаще вызывают мышечное напряжение. значимость: подчеркивает необходимость локализации дизайна.

6. "Prevention of Musculoskeletal Disorders in Tractor Drivers" (Waters, Dick, 2014) Цель: изучить причины травм опорно-двигательного аппарата у трактористов. Основные выводы: 60% операторов имеют хронические боли в спине. Рекомендованы перерывы каждые 2 часа и упражнения. Значимость: практические рекомендации для сельхозпредприятий.

7. "Thermal Comfort in Tractor Cabs: A Field Study" (Вершин, Иванов, 2016) Цель: исследовать микроклимат в кабинах тракторов при экстремальных температурах. Основные выводы: летом температура в кабине превышает нормы на 10–15°C. Эффективны системы кондиционирования с солнечными панелями. Значимость: Решения для регионов с резко континентальным климатом.

8. "Ergonomic Redesign of Tractor Access Systems" (Mendez, dos Santos, 2021) Цель: снизить риск падений при входе/выходе из кабины. Основные выводы: риск травм снижается на 50% при использовании трёхступенчатой системы. Антискользящее покрытие критически важно. Значимость: Улучшение безопасности для пожилых операторов.

9. "Impact of Seat Suspension Systems on Operator Health" (Liu, Qiu, 2017) Цель: оценить влияние амортизации сидений на здоровье водителей. Основные выводы: Гидропневматические системы снижают вибрацию на 40%. Субъективный комфорт коррелирует с объективными замерами. Значимость: обоснование инвестиций в улучшение подвесок.

10. "Visual Obstruction in Tractor Cab Design: A VR-Based Analysis" (Riley, Thompson, 2022) Цель: оптимизировать обзорность кабины с использованием VR. Основные выводы: узкие стойки кабины улучшают обзор на 25%. VR-тестирование сокращает время разработки новых моделей. Значимость: инновационный подход к проектированию кабин.

11. «Эргономическая оценка рабочего места оператора трактора» (Вершин, Иванов, 2017). Достоинства: фокус на адаптацию под антропometriю российских операторов (актуально для местных условий). Практические рекомендации по расположению органов управления. Недостатки: возможно, устаревшие данные (2017 год) по сравнению с

современной техникой. Нет указания на выборку исследования (количество участников).

12. «Снижение вибрационной нагрузки на операторов сельхозтехники» (Петров, Смирнов, 2019). Достоинства: разработка инженерных решений (амортизация), что важно для российских условий. Акцент на здоровье оператора. Недостатки: нет сравнения с международными аналогами. Неясно, тестировались ли предложенные системы в реальных условиях.

13. «Оптимизация микроклимата в кабинах тракторов в условиях Крайнего Севера» (Кузнецов, Морозов, 2020). Достоинства: уникальное исследование для экстремального климата, что актуально для России. Предложены конкретные решения (обогрев, вентиляция). Недостатки: высокая стоимость внедрения систем. Ограниченность применения (только для северных регионов).

14. «Методика оценки утомляемости тракториста при длительных работах» (Белов, Григорьев, 2018). Достоинства: акцент на длительные нагрузки, характерные для сельхозработ. Методы минимизации усталости. Недостатки: субъективность оценок (опросы операторов). Нет данных о внедрении методики на практике.

15. «Эргономика органов управления современных тракторов» (Соколов, Тимофеев, 2021). Достоинства: сравнение ручного и джойстикового управления (актуально для современных моделей). Практические рекомендации для производителей. Недостатки: не учтены мнения операторов разного возраста. Ограниченность выборки (вероятно, тестировались единичные модели).

16. «Влияние шума на работоспособность оператора трактора» (Козлова, Федоров, 2016). Достоинства: актуальная тема: шум как фактор снижения эффективности. Конкретные предложения по звукоизоляции. Недостатки: устаревшие данные (2016 год). Нет оценки долгосрочных последствий шумового воздействия.

17. «Проектирование сиденья трактора с учётом биомеханики позвоночника» (Киселев, Воронов, 2019). Достоинства: научный подход (биомеханическое моделирование). Профилактика профессиональных

заболеваний. Недостатки: высокая стоимость внедрения новых сидений. Неясно, как учитывались различия в массе/росте операторов.

18. «Анализ травмоопасности при входе/выходе из кабины трактора» (Новиков, Ларин, 2022). Достоинства: акцент на безопасности (особенно для пожилых операторов). Современные данные (2022 год). Недостатки: не предложены инновационные решения (например, автоматические ступени). Не изучены другие риски (скольжение в грязи, обледенение).

19. «Цифровые интерфейсы управления тракторами: эргономические риски» (Золотов, Медведева, 2021). Достоинства: оценка современных технологий (цифровизация сельхозтехники). Выявление рисков когнитивной перегрузки. Недостатки: отсутствие практических тестов (на основе теоретического анализа). Не учтена адаптация операторов к интерфейсам.

20. «Эргономика тракторов для женщин-операторов: гендерный аспект» (Широкова, Ильина, 2020). Достоинства: инновационная тема (гендерные различия в эргономике). Практические рекомендации для адаптации техники. Недостатки: возможно, малая выборка участниц исследования. Не учтены культурные особенности (например, доля женщин-трактористов в РФ).

Исходя из обзора литературы мы выявили общие тенденции:

Достоинства работ: акцент на российскую специфику (климат, антропометрия, условия труда).

Практическая направленность: большинство статей предлагают технические или организационные решения.

Недостатки: ограниченная выборка (часто не указано количество участников). Узкая направленность исследований (регионы, типы тракторов). Недостаточное освещение долгосрочных эффектов предлагаемых решений.

Стремление к созданию более мощных и быстрых тракторов с расширенным функционалом навесного и прицепного оборудования порождает сложности в управлении и обслуживании. Эти факторы в совокупности приводят к увеличению нагрузки на операторов.

В результате увеличения мощности и скорости движения тракторов, операторы подвергаются большему воздействию негативных факторов среды,

таких как шум, вибрация и тепловые излучения от двигателя и других узлов [55].

В основе совершенствования технологического процесса а так же повышение его производительности, ученые видят снижение данных вредных факторов, влияющих на оператора, что обеспечит уменьшение количества вредного воздействия (условно) на единицу произведенной работы (продукции).

Снижение напряженности труда оператора достигается путем увеличения автоматизации трактора, что является неотъемлемой частью совершенствования конструкции МТА. Поэтому ведущие зарубежные производители тракторов стремятся улучшить комплектацию своих машин.

Электронные системы автоматического управления (САУ) находят широкое применение в различных областях [56]. Вот несколько примеров таких систем:

- Бесступенчатые трансмиссии. Они работают, разделяя мощность двигателя на два потока. Один проходит через стандартную механическую передачу, а другой — через гидрообъемный контур с гидронасосом переменной производительности и планетарным редуктором. Оба потока объединяются и передаются на ведущие мосты через редуктор диапазонов и основную коробку передач [64]. Для повышения КПД механический путь передачи мощности преобладает над гидростатическим.
- Электронная система управления трактором представляет собой интегрированное решение, объединяющее функции управления двигателем и трансмиссией, что способствует повышению топливной эффективности агрегата. В рамках данной системы применяется автоматическая трансмиссия (APS), которая производит переключение передач с большей скоростью и точностью, чем это возможно при ручном управлении. При активации ВОМ процесс переключения передач ускоряется по сравнению с режимами транспортировки или работы на холостом ходу. Оператор имеет возможность задавать желаемую передачу и частоту вращения

двигателя посредством интерфейса управления APS, после чего система переходит в автоматический режим функционирования. В случае необходимости ручного управления, система APS может быть деактивирована [57].

- Система интегрированного управления сельскохозяйственными машинами (IMS) представляет собой автоматизированный комплекс, осуществляющий контроль за работой гидравлического распределителя, механизма навески, вала отбора мощности (ВОМ), привода переднего моста (ПВМ) и системы блокировки дифференциала в процессе маневрирования трактора [15]. Управление данными агрегатами осуществляется оператором путем ввода команд на изменение скорости и выполнение последовательности операций, таких как подъем рабочего органа, активация трансмиссии и деактивация ВОМ и ПВМ, с использованием управляющих клавиш. Инициация автоматизированного процесса при подготовке к повороту может быть осуществлена простым нажатием соответствующей клавиши [61].
- Система электрогидравлического управления глубиной обработки почвы (ТИС) представляет собой комплексное решение, обеспечивающее точное регулирование параметров обработки почвы в аграрном секторе. Данная система интегрирована с функцией мониторинга и контроля буксования трактора, что особенно актуально при эксплуатации прицепных агрегатов, совместимых с тракторной техникой. Это позволяет оптимизировать рабочие процессы, повышать эффективность использования сельскохозяйственной техники и минимизировать риск повреждения почвенного покрова вследствие неконтролируемого буксования.
- Бортовой вычислительный комплекс "Datatronic II", разработанный компанией Massey Ferguson, интегрирован в конструкцию кабины транспортного средства, занимая позицию на правой средней стойке. Данный комплекс подключен к системе передачи данных CAN-Bus, что обеспечивает его взаимодействие с системами контроля и

управления трактором. Система имеет возможность регистрации данных о четырех агрегатах сельскохозяйственного назначения и действиях, выполняемых различными операторами. Для интеграции с рабочими орудиями предусмотрен специализированный интерфейс подключения. Информация, аккумулируемая бортовым компьютером, может быть использована оператором для оптимизации технологических процессов, учитывая временные и экономические параметры.

- В рамках совершенствования процессов управления тракторными агрегатами, включая двигатель, трансмиссию, гидравлические системы навесного оборудования и шасси, специалисты в области тракторостроения занимаются разработкой интегрированной электронной системы управления. Данная система реализуется на базе информационной платформы, использующей общую шину передачи данных «CAN-Bus», что позволяет обеспечить синхронизацию и координацию работы всех ключевых компонентов трактора [16].

Данное направление технической разработки соответствует актуальным запросам потребителей, предъявляющим требования к непрерывной трансформации крутящего момента и частоты вращения приводных механизмов без прерывания передачи мощности при наличии нагрузки. Эффективность функционирования указанных типов приводов обусловлена наличием системы электронного управления и регулирования, которая включает в себя как электронные, так и электрогидравлические компоненты.

В тракторных машинах марки New Holland, оснащенных трансмиссией типа SemiPowershift, реализована система управления процессом переключения передач, которая базируется на использовании запоминающих устройств и гидравлически управляемых фрикционных муфт. Данная система обеспечивает возможность смены передач и активации реверсивного движения без прерывания потока мощности, что способствует повышению эффективности работы машины. В контексте адаптации к динамически меняющимся внешним условиям, оператору достаточно кратковременно активировать педаль сцепления, после чего следует нажатие на педаль

акселератора. Это действие инициирует автоматическое переключение на передачу, оптимально соответствующую текущей рабочей ситуации. Примером такого применения может служить работа с фронтальным погрузочным оборудованием, где необходимо обеспечить максимальную производительность и маневренность. Например, при нажатии на рычаг реверса автоматически включается задняя передача, соответствующая необходимой скорости, исходя из предыдущей передней передачи.

Говоря о способах модернизации конструкции трактора в направлении облегчения условий труда оператора, надо выделить следующие моменты: в контексте оптимизации условий труда в агропромышленном комплексе, актуализируется задача постоянного усовершенствования рабочего пространства тракторного оператора и систем управления трактором [32].

Это предполагает интеграцию принципов антропометрии и биомеханики для адаптации рабочих мест к современным требованиям и особенностям человеческого организма.

В процессе проектирования кабины и систем управления современных тракторов, разработчики обязаны учитывать антропометрические параметры для обеспечения оптимальных условий работы оператора. Это предполагает интеграцию следующих факторов:

1. Учет антропометрических измерений, характерных для различных полов и возрастных групп, как в статическом, так и в динамическом аспектах деятельности оператора.
2. Обеспечение достаточного пространства для свободного перемещения тела и его отдельных сегментов в процессе эксплуатации техники.
3. Гарантирование безопасных интервалов между выступающими элементами конструкции и другими компонентами, чтобы минимизировать риск непроизвольного травмирования [17].
4. Проектирование сидений с учетом эргономических требований, включая поддержку боковых и поясничных отделов, а также возможность индивидуальной настройки параметров сидения для достижения наилучшей осанки и удобства взаимодействия с управляющими устройствами.

Управляющие элементы тракторов разрабатываются с учетом биомеханических особенностей движений частей тела оператора, что обеспечивает эффективное и безопасное использование техники [79].

В процессе проектирования элементов управления необходимо учитывать ряд эргономических требований:

1. Элементы управления, включая рукоятки, рычаги, кнопки и клавиши, должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить удобство доступа и манипуляции ими без излишних усилий [95].
2. Конструкция рукояток должна соответствовать анатомическим особенностям руки пользователя, обеспечивая комфортное и эффективное взаимодействие.
3. Визуальные характеристики, форма и пространственное расположение органов управления должны быть адаптированы к функциональным требованиям управления с учетом индивидуальных особенностей восприятия и реакции человека, как врожденных, так и приобретенных в процессе обучения и опыта [82].
4. Организация рабочего пространства и конструкция органов управления должны быть оптимизированы с учетом физических возможностей пользователя и особенностей его движений, чтобы обеспечить максимальную эффективность и минимизировать риск усталости или травм.

Основополагающим критерием является соответствие необходимого усилия для манипуляции трактором физиологическим параметрам оператора. В ситуациях, когда требуемая физическая нагрузка превышает стандартные физиологические пределы, целесообразно применение технических устройств, обеспечивающих поддержку, в частности, использование сервоприводов. Кроме того, необходимо предотвращать продолжительное статическое напряжение одинаковых мышечных групп. Движения управляющих элементов, которые требуют высокой степени точности, должны осуществляться без значительных затрат физических ресурсов.

Необходимо провести оптимизацию параметров сигнальной системы, индикаторов и элементов управления для обеспечения их эффективной

идентификации. Данный процесс предполагает тщательный отбор, соответствующее оформление и стратегическое размещение данных компонентов с учетом специфики восприятия информации человеком.

Увеличение уровня автоматизации в технических системах означает, что человеку требуется меньше физических усилий, но больше умственных ресурсов для обработки поступающей информации.

При этом важно соблюдать несколько ключевых требований:

- ✓ В процессе разработки систем управления особое внимание следует уделять эргономическим аспектам, обеспечивая минимизацию когнитивной нагрузки на оператора. Это предполагает создание интерфейсов, которые не требуют от пользователя значительных умственных усилий для эффективного взаимодействия с системой.
- ✓ Кроме того, информация, необходимая для выполнения управленческих функций на тракторном оборудовании, должна быть представлена в такой форме, которая обеспечивает её быструю и беспрепятственную ассимиляцию оператором. Это подразумевает необходимость разработки информационных дисплеев с интуитивно понятной структурой и логикой представления данных.
- ✓ Важно также, чтобы данные, которые оператору необходимо отслеживать, были поданы в формате, отличающимся простотой и ясностью. Это включает в себя возможность как глобального обзора системы, так и детального анализа отдельных её параметров.
- ✓ В контексте интегрированных систем, взаимодействующих между собой, критически важно обеспечить консистентность в размещении и функциональном назначении графических символов, условных обозначений и команд. Это способствует унификации пользовательского опыта и снижению вероятности ошибок, связанных с недопониманием или путаницей в интерпретации информации.
- ✓ В рамках повышения эффективности производственных процессов и улучшения условий труда, представляется целесообразным

осуществить модернизацию рабочей зоны, непосредственно прилегающей к оператору.

Организация рабочего пространства оператора должна соответствовать требованиям, обеспечивающим отсутствие негативного воздействия физических, химических и биологических факторов на здоровье и работоспособность человека. В контексте этого, необходимо строгое соблюдение следующих критериев:

- ✓ Поддержание оптимальных параметров микроклимата в пределах рабочего помещения, что включает в себя регулирование температуры, влажности и воздушного потока.
- ✓ Обеспечение адекватного уровня звукоизоляции, что предполагает снижение уровня шума до минимально допустимого, влияющего на комфорт и эффективность работы оператора.
- ✓ Реализация мер по виброзащите рабочего места, направленных на снижение воздействия вибрационных нагрузок на организм человека.
- ✓ Гарантирование достаточного уровня освещенности в рабочих зонах, что является критически важным для предотвращения визуального напряжения и повышения эффективности выполнения задач.
- ✓ Таким образом, создание оптимальных условий для работы оператора является важной составляющей его профессиональной деятельности и напрямую влияет на качество выполняемой работы.

Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата, включая температурный режим, уровень влажности и скорость воздушных потоков, а также для защиты персонала от воздействия пыли и токсичных выбросов, целесообразно применять системы кондиционирования воздуха и вентиляции. Применение стеклянных конструкций с тонированными стеклами может служить дополнительным фактором улучшения условий труда. Критически важно также обеспечить высокую степень герметичности рабочего пространства. Для повышения эффективности вибрационной защиты и звукоизоляции рекомендуется внедрение специализированных систем подпрессоривания рабочих мест и использование материалов с высокими звукопоглощающими свойствами [30]. Освещение рабочих зон должно быть

спроектировано с учетом принципов оптимизации визуального восприятия, включая параметры яркости, цветовой спектр, минимизацию бликов и отражений, а также контрастность яркости и цветовой гаммы.

1.2 Общий анализ дизайна верхнего строения современных тракторов

В рамках современных разработок в области дизайна и конструкторских решений верхних элементов транспортных средств, таких как кабины, капоты, облицовочные элементы и крылья, наблюдаются определенные тенденции. Одним из заметных направлений является стремление к унификации стилистических решений в рамках ассортиментного ряда тракторов, предназначенных для выполнения различных функций и отличающихся по мощности [18]. Это включает в себя модели, выпускаемые под различными брендами одной корпорации или холдинговой группы, что демонстрирует тенденцию к стандартизации визуальных характеристик продукции. (рис 1.2)



Рисунок 1.2. Гамма тракторов фирмы Landini

В конструкции тракторов и зачастую в конструкциях присоединяемых к ним машин, применяется унификация элементов внешнего облика, достигаемая за счет использования однородной формы и цветового решения [21]. Применяется метод комбинированной окраски, при котором наблюдается контраст между цветом рамы и цветом верхних элементов конструкции,

включая внешние панели, элементы кузова и кровлю кабины управления (согласно рисунку 1.3).



Рисунок 1.3. Пример корпоративного окрашивания продукции

В производственной практике автомобильной промышленности пластические материалы, включая пластмассы, находят широкое применение в процессе изготовления элементов кузова транспортных средств, таких как капоты, крыши и панели крыльев кабины (см. рисунок 1.4). Применение данных материалов обусловлено их способностью к формированию сложных аэродинамических контуров, что способствует улучшению обтекаемости автомобиля. Кроме того, использование пластических материалов позволяет оптимизировать использование пространства в условиях ограниченных компоновочных параметров конструкции автомобиля [29].



Рисунок 1.4 Применение пластиков и пластмасс для капотов, крыши и крыльев кабины

В рамках исследования методов оптимизации терморегуляции в современных дизельных двигателях с высоким уровнем форсирования, производители автомобильной техники разработали конструкцию капота,

представляющую собой крупную решетчатую панель. Данная панель изготавливается путем штамповки и сварки, формируя сложную геометрию, которая охватывает зону перед радиатором в моторном отсеке автомобиля. Оптические устройства устанавливаются непосредственно на поверхность решетки. Система герметизации радиаторов интегрирована в структуру капота и имеет точное соответствие контуру блока охлаждения, что обеспечивает оптимальное взаимодействие с окружающей средой и способствует повышению эффективности теплового обмена.



Рисунок 1.5 Пример большой решетчатой панели в виде
штампосварной детали сложной геометрии

В процессе установки осветительного оборудования осуществляется интеграция многочисленных фар, предназначенных для обеспечения освещения всех рабочих областей как в передней, так и в задней части устройства. Это решение способствует повышению эффективности рабочих процессов в условиях недостаточной видимости, например, в ночное время. Фары организованы в блоки, которые обладают индивидуальным дизайном, что визуально представлено на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 Примеры блоков оригинального дизайна

Улучшение обзора как впереди, так и сзади для удобства агрегатирования и выполнения разных сельскохозяйственных работ (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 Пример кабин тракторов с улучшенной обзорностью

Приведенные рисунки хорошо демонстрируют дизайн кабин современного трактора с учетом улучшения показателей труда тракториста и повышении эргономики тракторов [41].

На данный момент существует ряд стандартных требований, которые предъявляются к кабине трактора. Далее мы рассмотрим все эти требования.

С одной стороны, кабина трактора служит важным элементом, который выполняет роль рабочего пространства для оператора, защищая его от неблагоприятных внешних факторов [43].

ГОСТ 12.2.019 - 2015 (Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2016 г. № 831-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.019 - 2015 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2017 г.) [19].

Регламентированные требования к рабочему месту оператора и органам управления трактора:

Сиденье оператора. Рабочее место оператора трактора оборудуется поддрессоренным сиденьем со спинкой. Для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин применяется сиденье, соответствующее требованиям ГОСТ 20062. Основные размеры сиденья и зона расположения крепления привязного ремня безопасности приведены на рис. 1.8 [24].

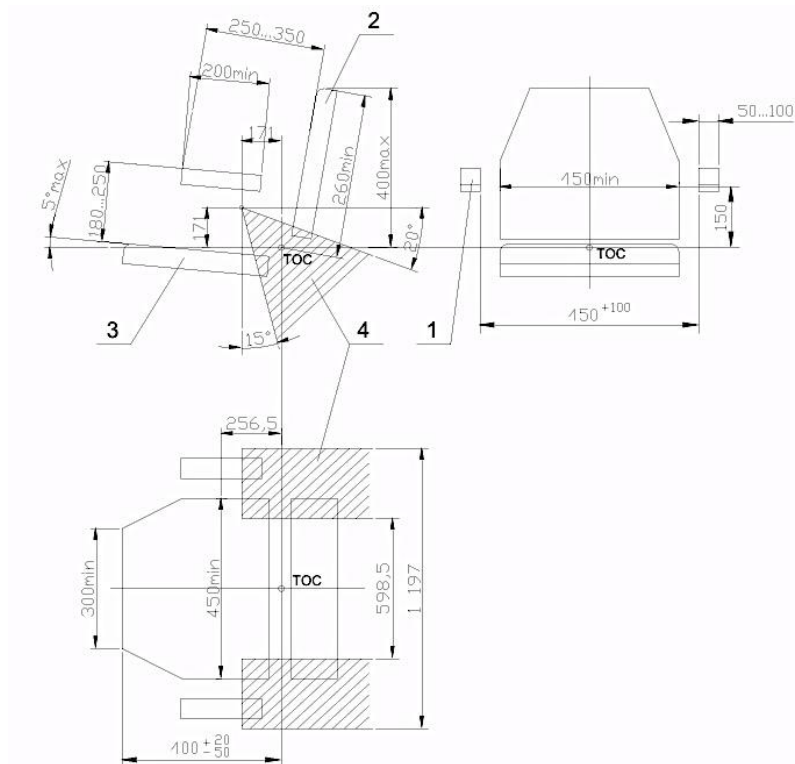


Рисунок 1.8. Основные размеры сиденья и зона расположения крепления привязного ремня безопасности

1 - подлокотники; 2 – спинка сидения; 3 – подушка сидения; 4 – зона крепления привязных ремней безопасности

Органы управления. Базовой точкой отсчета параметров кабин, зон расположения органов управления является контрольная точка сиденья (КТС (SIP)) по ИСО 6682. КТС (SIP) смещена по отношению к точке отсчета сиденья (ТОС) вперед на 130 мм и вверх на 97 мм [20].

Размеры указаны при следующих условиях:

- педали находятся в положении, когда свободный ход выбран;
- сиденье нагружено и находится в среднем по регулировкам положении.

Центры рукояток основных органов управления (во всех рабочих положениях) и центры педалей органов управления трактором и рабочим оборудованием (во всех рабочих положениях) должны быть расположены в пределах зон комфорта, а центры рукояток (кнопок, тумблеров, выключателей и т. п.) второстепенных органов управления – в пределах зоны досягаемости (ГОСТ 12.2120) [25].

В соответствии с международным стандартом ISO 6682, к основным органам управления относятся те элементы, которые оператор использует с высокой частотой или на постоянной основе [43]. К таким элементам относятся: а) органы управления трактором, включающие в себя системы переключения передач, тормозные механизмы и другие аналогичные устройства; б) органы управления рабочим оборудованием, к которым относятся вал отбора мощности (ВОМ) и гидравлическая навесная система (ГНС).

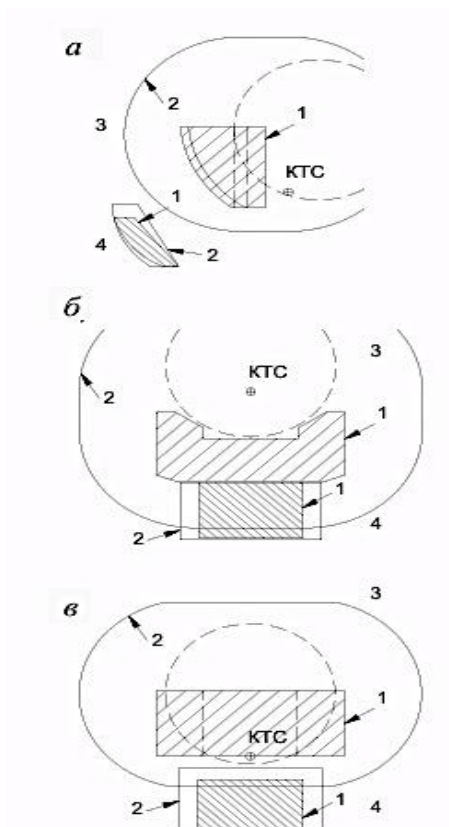


Рисунок 1.9. Зоны комфорта и досягаемости для органов управления по ИСО 6682: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид спереди; 1 – зона комфорта; 2 – зона досягаемости; 3 – зоны расположения органов ручного управления; 4 – зоны расположения органов ножного управления.

Второстепенные органы управления являются компонентами интерфейса оператора, которые используются с низкой частотой в процессе эксплуатации транспортных средств [26]. К данной категории относятся управляющие механизмы для активации переднего ведущего моста, блокировки дифференциала задней оси, а также переключающие устройства для управления системами освещения, очистки стекол, запуска двигателя, отопления, кондиционирования воздуха и другими вспомогательными системами. Эта классификация соответствует стандарту ИСО 6682, определяющему функциональные требования к таким элементам управления.

ГОСТ 12.2.120 жестко регламентирует взаимное расположение сиденья, педалей муфты сцепления и тормоза при выбранном свободном ходе, а также рулевого колеса для сельскохозяйственных машин и тракторов. Регулируемая рулевая колонка при этом должна находиться в среднем по регулировкам положении.

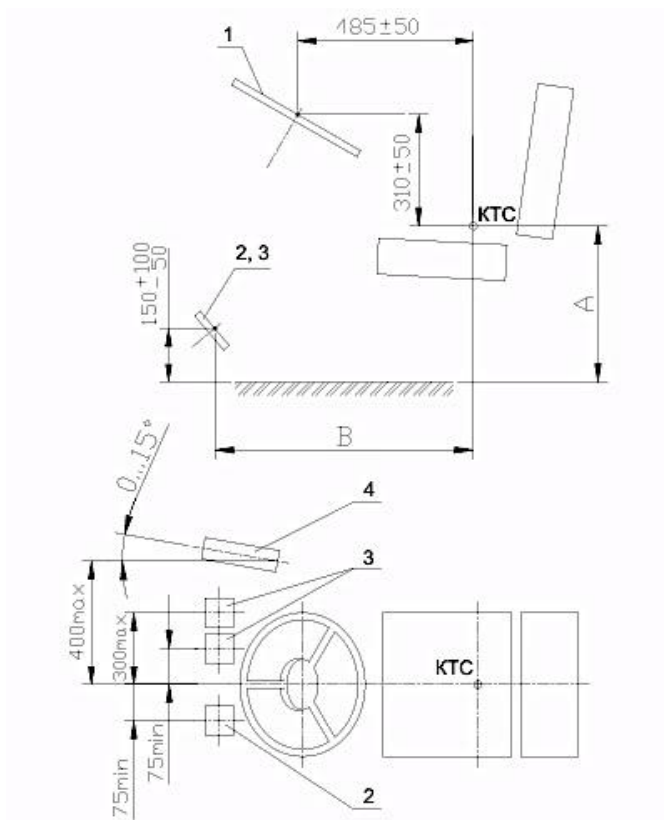


Рисунок 1.10. Взаимное расположение сиденья, рулевого колеса, педалей подачи топлива, муфты сцепления и тормозов по ГОСТ 12.2.120: 1 – рулевое колесо; 2 – педаль управления муфтой сцепления; 3 – педали управления рабочими тормозами; 4 – педаль управления подачей топлива.

Расположение основных и вспомогательных органов управления «на реверсе» для машин с реверсивным постом управления – по техническим условиям на конкретные модели машин (ГОСТ 12.2.120).

Рулевое колесо расположено средне относительно регулировок положения КТС. Рулевое колесо должно располагаться относительно горизонтальной плоскости для сельскохозяйственных тракторов в пределах 25– 40°, для самоходных сельскохозяйственных машин – в пределах 10 – 30° при работе сидя и в пределах 0 – 30° при работе стоя. При этом регулирование должно производиться бесступенчато или с фиксацией не менее чем в пяти положениях (ГОСТ 12.2.120). По ГОСТ 12.2.019 люфт рулевого колеса при работающем двигателе не должен превышать 25°. Усилие на рулевом колесе при повороте трактора должно соответствовать нормам ГОСТ 12.2.120, указанным в таблице.

Таблица 1.1 – Усилия на рулевом колесе при повороте трактора

Механизм поворота	Усилие на рулевом колесе, Н	
	оптимальное значение	максимальное значение
Без усилителя	—	250
С гидроусилителем	—	30
С гидрообъемным приводом при аварийной ситуации	—	600

Педаль сцепления. Педаль сцепления должна быть сконструирована таким образом, чтобы обеспечивать оптимальный доступ для оператора, при этом её размещение должно строго соответствовать стандартам, установленным в соответствии с ГОСТ 12.2.120. Опорная площадка педали должна иметь длину и ширину не менее чем по 60 мм. Угол разворота от продольной оси трактора опорной площадки педали, приводимой в действие стопой ноги, не должен превышать 15° (ГОСТ 12.2.120).

Опорная площадка педали должна иметь длину и ширину не менее чем по 60 мм. Расстояние между кромками площадок рядом расположенных неблокируемых педалей должно быть в пределах 50 – 100 мм, блокируемых 5 – 20 мм. Угол разворота от продольной оси трактора опорной площадки педали, приводимой в действие стопой ноги, не должен превышать 15° (ГОСТ 12.2.120) [36].

Регулятор подачи топлива, отвечающий за скорость вращения двигателя, должен быть сконструирован таким образом, чтобы его расположение обеспечивало максимальный комфорт для оператора. При этом необходимо строгое соблюдение нормативных требований, установленных ГОСТ 12.2.120, касающихся эргономики управления [89].

Органы управления трансмиссией трактор, в частности элементы управления коробкой передач, занимают важное место в системе управления трактором. Они должны быть расположены в зоне, обеспечивающей удобный доступ оператору, что предполагает соответствие международному стандарту ИСО 6682. Это требование обусловлено критической ролью данных элементов в обеспечении безопасной и эффективной эксплуатации тракторов [27].

Расстояния от рукояток рычагов управления КП (во всех положениях) до элементов рабочего места и между рукоятками должно быть не менее 50 мм для приводимых в движение кистью и не менее 25 мм – для приводимых в действие пальцами. Минимальная длина свободной части рычага вместе с рукояткой в любом его положении для промышленных тракторов и машин, изготовленных на их базе, не менее 100 мм.

Регулирование *привода переднего ведущего моста* трактора осуществляется с помощью специализированных элементов управления, которые могут быть установлены в пространственном положении, обеспечивающем удобство доступа для оператора, либо в зоне непосредственной досягаемости, что соответствует положениям международного стандарта ISO 6682. Данные элементы управления не классифицируются как первостепенные для управления трактором [28]. В целях повышения эргономичности и безопасности эксплуатации рекомендовано обеспечить надежную фиксацию органов управления приводом переднего ведущего моста, а также их визуальную идентификацию для облегчения определения текущего положения.

1.3 Психология труда оператора

Двигательное действие – ключевой элемент психомоторной активности человека, которое можно развить через специализированные упражнения, формируя устойчивые навыки. Таким образом, тракторист должен заранее осваивать профессиональные движения и навыки. Возраст и пол оператора могут влиять на скорость зрительно-моторной реакции.

Были экспериментально выявлены разные скорости реакций в разных возрастных группах. Скорость реакции в возрасте 18-25 лет составляет в среднем 0,168-0,174 с. К 45-50 годам она немного увеличивается до 0,176-0,196 с. Однако после 45 лет скорость реакции возрастает почти на 25%, достигая 0,25 с. Зависимость скорости реакции от возраста очевидна: к 60 годам она увеличивается на 60-65% по сравнению с 20 годами.

Скорость сложной реакции, часто встречающаяся в повседневной деятельности операторов, также зависит от их возраста. Она обычно в 3-3,5 раза быстрее простой реакции. Две трети времени сложной реакции уходит на

сенсорную обработку информации. У операторов в возрасте 21-25 лет скорость реакции составляет 1,509-1,585 с, в то время как у тех, кому 50 и более лет, она замедляется до 2,008-2,081 с. У пожилых людей скорость сложной реакции может увеличиваться на 31-38% по сравнению с молодыми, в то время как скорость простой реакции возрастает на 60-65%. Сложная реакция требует выбора объекта из множества для предотвращения аварийной ситуации.

У мужчин скорость сложной реакции быстрее, чем у женщин, при равных условиях. С возрастом она сильно зависит от объема информации, которую нужно обработать в центральной нервной системе. Состояние здоровья, даже соответствующее медицинским стандартам, может влиять на скорость реакции [59]. Небольшие колебания артериального давления в норме также сказываются на ней: скорость может снижаться при повышении давления и увеличиваться при его понижении.

В исследовании, проведенном для оценки влияния уровня артериального давления на скорость сложной реакции, было установлено, что у индивидов с показателями артериального давления в диапазоне до 120 мм рт. ст. время сложной реакции варьировало от 1,50 до 1,65 секунд. В группе субъектов с артериальным давлением в интервале 130–140 мм рт. ст. наблюдалось увеличение времени реакции до 1,80–1,86 секунд. Кроме того, у пациентов с артериальным давлением в пределах 160–180 мм рт. ст. было зафиксировано увеличение времени реакции на 30–40 процентов по сравнению с исходными значениями. Эти данные свидетельствуют о корреляции между уровнем артериального давления и скоростью сложной реакции, что может иметь значимые клинические последствия. Давление операторов в течение смены может значительно колебаться, влияя на скорость реакции и потенциально приводя к внештатным ситуациям. Типы высшей нервной деятельности и индивидуальные особенности также влияют на скорость реакции. Холерики реагируют быстрее флегматиков на 25–35%, но делают больше ошибок.

Однообразие оказывает аналогичное воздействие на скорость реакции: она замедляется и становится менее устойчивой. Эмоциональные аспекты

также могут влиять на скорость реакции, варьируясь в зависимости от личных характеристик, что особенно заметно при ответе на внезапно появившийся раздражитель [45].

В жарких условиях не только значительно возрастает скорость реакции, но и ухудшается ее качество, что приводит к более серьезным ошибкам в работе. При низких температурах скорость простой реакции также изменяется, однако не столь существенно. На скорость реакции влияют множество факторов, включая удобство расположения органов управления.

Ключевым аспектом работы оператора является координация движений, которая проявляется в гармоничном выполнении различных действий одновременно для достижения поставленной цели. Быстрые и точные реакции, а также умение экономно и соразмерно действовать в сложных рабочих условиях, свидетельствуют о ловкости оператора и определяют его надежность в профессиональной деятельности.

Более сложной и распространенной задачей для оператора является сенсомоторная координация. В этом процессе не только воспринимаемые стимулы находятся в движении, но и действия самого водителя динамичны. Каждое его управляющее движение – это не просто набор отдельных ответов.

Данные манипуляции находятся в прямой зависимости от сенсомоторной координации, при которой двигательные акты регулируются на основе сенсорного восприятия, в то время как само восприятие адаптируется в ответ на осуществляемые двигательные действия. Реакции организма на внешние стимулы классифицируются как сенсомоторные реакции. В рамках таких реакций можно выделить этапы восприятия, информационной обработки и моторального акта, определяющего инициацию движения. Эти реакции могут быть классифицированы как элементарные или более комплексные.

Реакция простого типа характеризуется как минимальное по времени и максимально предсказуемое индивидуальное поведенческое проявление, возникающее в ответ на стимул, который появляется внезапно и является заранее известным субъекту. В качестве иллюстративного примера можно привести действие нажатия на кнопку в момент активации индикаторной

лампы или при возникновении звукового сигнала. Ключевые психофизиологические параметры, которые определяют эффективность работы оператора, охватывают такие аспекты, как визуальное и аудиальное восприятие, поддержание статического и динамического равновесия, чувствительность к изменениям ускорения и вибрации, а также когнитивные способности, связанные с обработкой и усвоением информации. Примечательно, что приблизительно 95% информации, необходимой для безопасного управления транспортным средством, поступает от органов зрения, включая глаза, зрительные нервные пути и корковые зрительные центры головного мозга.

В рамках психологической науки индивидуальные различия между субъектами проявляются не только в их мотивационной сфере, интересах и когнитивных способностях, но и в особенностях темперамента. Темперамент можно определить как совокупность психологических характеристик индивида, которые определяют динамику и интенсивность протекания психических процессов, обусловленных функциональной организацией коры головного мозга [46].

Сила нервных процессов является одним из фундаментальных параметров, оказывающих значительное влияние на жизнедеятельность личности. Высокая работоспособность и адаптивность к интенсивным стимуляциям являются индикаторами силы нервных процессов. Данные характеристики проявляются в способности индивида к поддержанию высокой эффективности деятельности под воздействием значительных нервных нагрузок, к сохранению эмоциональной стабильности в условиях риска и сложных жизненных обстоятельств, а также к проявлению высокой устойчивости в экстремальных условиях профессиональной и иной деятельности [13].

В рамках нейрофизиологии, концепция гомеостаза нервных процессов включает в себя поддержание оптимального соотношения между силой и пластичностью нервной системы. Это соотношение проявляется в способности индивида избегать избыточной реактивности, демонстрировать самодисциплину и осуществлять контроль над импульсивными поступками и

решениями. Кроме того, важным аспектом является способность к быстрой и адекватной реактивности в ситуациях, требующих немедленного ответа. Пластичность нервных процессов определяется как способность к эффективному переключению между состояниями возбуждения и ингибирования, что является ключевым для адаптивного поведения.

Данная способность проявляется в способности индивида к оперативной адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды, толерантности к периоду ожидания, эффективному переключению между разнообразными, в том числе и контрастирующими типами деятельности, а также в возможности быстрого засыпания и пробуждения. Кроме того, характеризуется лёгкостью в изменении фокуса внимания и направлении мыслительных процессов [44].

Гомеостаз процессов возбуждения и ингибирования в коре головного мозга оказывает существенное влияние на такие характеристики, как физическая выносливость, работоспособность, волевые способности, эмоциональную резилиентность, скорость сенсомоторных реакций, а также на способность к переключению внимания и когнитивную гибкость оператора в условиях сложных и нестандартных ситуаций. Эти факторы играют ключевую роль в обеспечении надёжности и безопасности деятельности оператора.

Вывод по главе 1:

Современные требования к труду оператора трактора диктуют и новые подходы к разработке проектных тракторов в целом, а также к отдельным агрегатам и узлам, в частности. Последние тенденции затрагивают улучшение автоматизации трактора, за счет внедрения все большего числа вспомогательных автоматических процессов. Также входят в массовое использование те трактора, где разработчики учли моменты по улучшению безопасности оператора во время его работы, и трактора, где эргономика выходит на первый план. Разработанные ранее методики не учитывают прогноз развития современной техники и не оценивают показатели безопасности труда трактористов.

ГЛАВА 2. ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТРАКТОРА И МЕТОДЫ ИХ СРАВНЕНИЯ С ДРУГИМИ ТРАКТОРАМИ

2.1 Общие положения по оцениванию технологического уровня трактора

Трактор является высокотехнологичным устройством, интегрированным в состав машинно-тракторных агрегатов (МТА) и предназначенным для осуществления сельскохозяйственных операций. Он должен соответствовать строгим технологическим нормативам, обусловленным специфическими условиями эксплуатации и агрономическими стандартами качества. Оптимальная производительность трактора в контексте агротехнических процессов, в сочетании с другими сельскохозяйственными машинами, определяет его ключевые технологические параметры. К основным характеристикам, отражающим соответствие агрономическим требованиям, относятся эффективность выполнения сельскохозяйственных операций, соответствие установленным стандартам и экономическая целесообразность, выраженная в минимизации себестоимости выполняемых работ.

Стандарты качества и рекомендации, касающиеся универсально-пропашных тракторов и тракторов общего назначения, детализированы в упомянутом постановлении [71] и в исследовательской работе [83].

Исследование конструкции тракторов обнаружило существование процедуры оценки технических параметров, интегрированной в систему управления качеством тракторостроения. Данная система предназначена для выявления конструктивных преимуществ тракторов отечественного производства по сравнению с иностранными аналогами. Однако, несмотря на обширный набор критериев для оценки, система не включает в себя специфические требования, связанные с технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве. В то же время, комплексный анализ стоимости технологического процесса и производительности, совместно с оценкой технологических характеристик тракторов, позволяет осуществить детальную оценку их функциональных возможностей.

Также анализ научных исследований показал несовершенство методик для создания системы оценки множества параметров конструкции тракторов. Таким образом, оценка технологического уровня тракторов осуществляется через неформальные рассуждения, аналогии, интуицию и опыт.

Определение и сравнение технологического уровня тракторов требует тщательного анализа их физических свойств, тенденций развития в тракторостроении и количественной оценки с помощью разработанных показателей.

В рамках проведенного литературного анализа, охватывающего источники [18, 90, 25, 80, 79, 81], были выявлены ключевые критерии, которым должны соответствовать показатели, характеризующие технологический уровень тракторов. *Во-первых*, показатели обязаны всесторонне отражать основные факторы, оказывающие влияние на технологическую оснащенность данных машин. *Во-вторых*, они должны быть поддающимися измерению на всех этапах жизненного цикла трактора, начиная от производства и заканчивая эксплуатацией. *В-третьих*, показатели должны быть универсальными для проведения сравнительного анализа тракторов, принадлежащих к различным концепциям, типам и классам, включая те, которые характеризуются сложными конструктивными решениями. Наконец, показатели должны способствовать реализации конструктивно-технологических усовершенствований и обеспечивать оценку их эффективности.

В ходе исследования воздействия различных факторов, иллюстрируемого на рисунке 2.1, технологический уровень трактора может быть интерпретирован как алгоритмическая модель. В рамках данной модели входные параметры, представляющие собой потребительские характеристики, подвергаются трансформации с целью получения конечного интегрального показателя качества. Это утверждение находит своё подтверждение в работах [13,87].

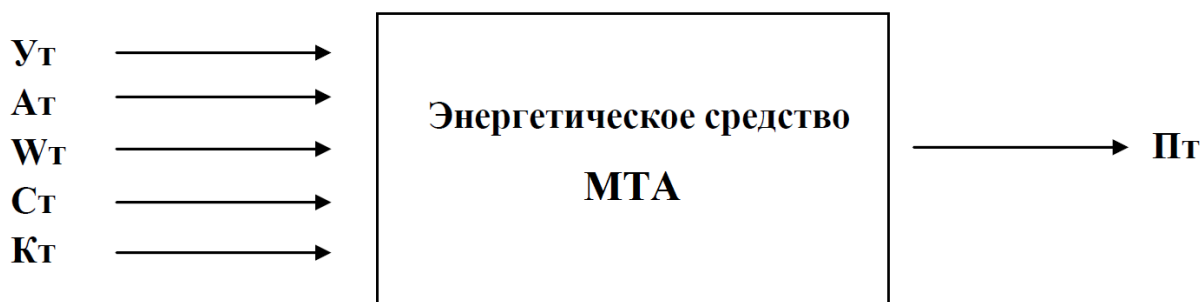


Рисунок 2.1 Модель технологического уровня трактора

Исследование трактора в качестве системного образования предполагает детальный анализ отдельных элементов, их функциональных особенностей и взаимодействий, что является ключевым для осмысления его значимости в составе машинно-тракторного агрегата. Системные параметры характеризуют технологическую адаптивность, агрономические свойства, эффективность работы, экономичность эксплуатационных процессов и уровень комфорта, что в совокупности определяет интегральное состояние системы и ее технологическую категорию через качественные и количественные метрики.

В рамках предложенной концептуальной модели, осуществляющей оценку технологической зрелости энергетического оборудования с использованием синтезированных индикаторов, реализуется системный подход, который способствует оптимизации эксплуатационных параметров и повышению коэффициента использования оборудования в контексте практической деятельности аграрных предприятий. Данный подход открывает перспективы для разработки и реализации специфических стратегий, направленных на улучшение технологического статуса, повышение общей эффективности и технологичности машинного парка, опираясь на анализ ключевых показателей.

Для разработки адекватной модели динамики индикаторов часто используется метод многофакторного анализа. Данный методологический подход позволяет повысить эффективность исследования за счёт применения статистической обработки и анализа данных, что подтверждается практическими исследованиями [73].

Процесс структурирования задач, связанных с оценкой технологического уровня, предполагает применение как специфических, так и интегрированных индикаторов, последующая оптимизация которых должна осуществляться в соответствии с иерархической моделью.

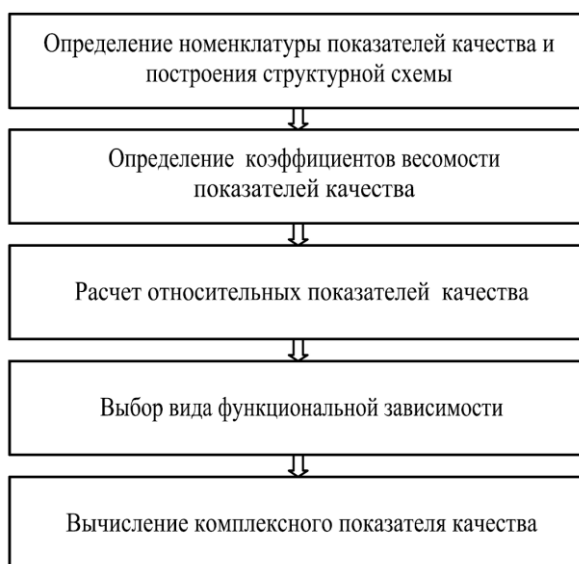


Рисунок 2.2 Алгоритм расчета комплексного показателя качества

Общий вид можно представить в виде функциональной зависимости:

$$П_T = f(Y_T, A_T, W_P, C_T, K_T) \quad (2.1)$$

Объем показателей, подлежащих анализу и мониторингу, определяется на основе конструктивных характеристик современных тракторов как отечественного, так и зарубежного производства, а также на основании накопленного опыта их эксплуатации [38]. Кроме того, учитываются внешние факторы и стандарты, в том числе государственные стандарты (ГОСТы) и отраслевые стандарты (ОСТы), регламентирующие эффективность работы тракторной техники.

Система призвана способствовать росту технологического уровня тракторов, повышению качества и увеличению объемов производства в тракторостроении, отвечая тем самым на запросы агропромышленного комплекса.

В соответствии с рисунком 2.3, параметры оценки тракторов включают следующие аспекты:

1. Технологическая универсальность ($Ут$) представляет собой критерий, характеризующий эффективность использования энергетического агрегата в многофункциональных транспортных агрегатах (МТА) и его способность осуществлять широкий спектр аграрных операций.
2. Агротехнические свойства ($Ат$) являются показателем, который определяет специализацию тракторного агрегата, в частности, его пригодность для выполнения универсально-пропашных работ или задач общего назначения.
3. Производительность ($Wп$) отражает эффективность работы трактора с определённым типом орудий, учитывая ширину захвата и тяговое сопротивление, соответствующее номинальному уровню тяги, измеряемому на крюке агрегата.
4. Стоимость выполнения процесса ($Ст$) представляет собой экономический показатель, который учитывает совокупные затраты на эксплуатацию и использование тракторного агрегата.
5. Безопасность ($Б$) оценивает уровень защиты, обеспечиваемой конструкцией кабины трактора для оператора и пассажиров.
6. Автоматизация ($Па$) измеряет степень внедрения автоматизированных систем управления в сельскохозяйственные тракторы, что влияет на эффективность и удобство их эксплуатации.

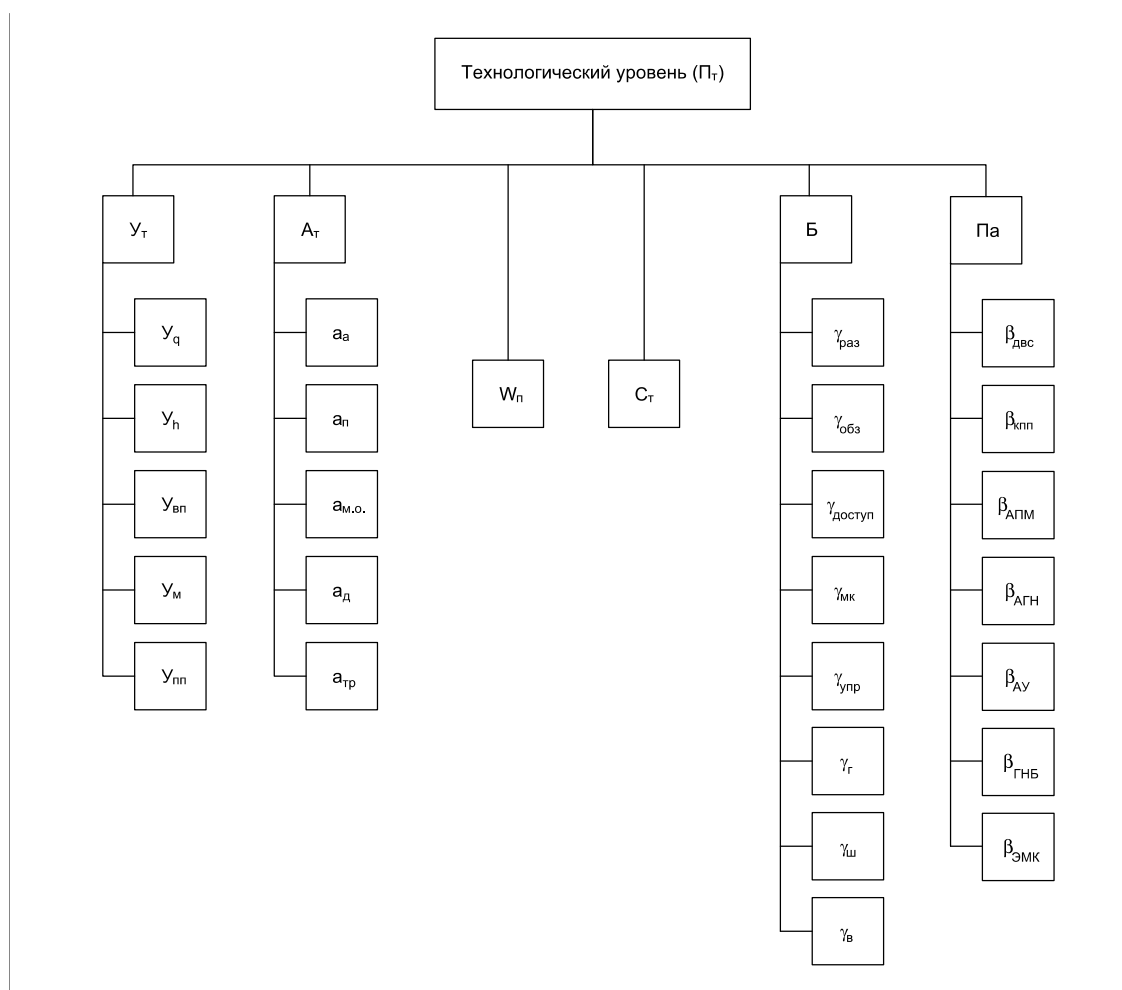


Рисунок 2.3. Схема обобщенных и частных показателей технологического уровня сельскохозяйственных тракторов.

Для анализа конкурентоспособности тракторной техники в рамках отрасли, а также для изучения потребительских предпочтений и идентификации конструктивных, производственных и эксплуатационных параметров, требуется провести оценку технологического уровня. Эта оценка должна базироваться на определенных количественных и качественных показателях. Полученные данные послужат фундаментом для формирования эффективной стратегии совершенствования методик оценки.

Взаимосвязь между различными индикаторами обладает как качественными, так и количественными характеристиками. В случаях, когда определённые индикаторы не поддаются количественному измерению, их оценка становится сложной задачей. Для уточнения параметров и определения весовых коэффициентов применяется метод экспертных оценок [23].

Технологический уровень может быть представлен в виде комплексного индикатора, который учитывает как количественные, так и качественные аспекты, отражающие степень развития и совершенствования технологических процессов и систем.

$$\left\{ \begin{array}{l} A_T = a_{10} + a_{11}S_{11} + a_{12}S_{12} + \dots + a_{1n}S_{1n} + \varepsilon \\ Y_T = y_{20} + y_{21}S_{21} + y_{22}S_{22} + \dots + y_{2n}S_{2n} + \varepsilon \\ W_{\Pi} = w_{30} + w_{31}S_{31} + w_{32}S_{32} + \dots + w_{3n}S_{3n} + \varepsilon \\ C_T = c_{40} + c_{41}S_{41} + c_{42}S_{42} + \dots + c_{4n}S_{4n} + \varepsilon \\ B = b_{50} + b_{51}S_{51} + b_{52}S_{52} + \dots + b_{5n}S_{5n} + \varepsilon \\ \Pi_a = p_{50} + p_{51}S_{51} + p_{52}S_{52} + \dots + p_{5n}S_{5n} + \varepsilon \end{array} \right. \quad (2.2)$$

где S – коэффициенты моделей системы.

Анализ совокупного индикатора технологического уровня сельскохозяйственного трактора осуществляется посредством следующего выражения:

$$\Pi_T = f(Y_T, A_T, W_{\Pi}, C_T, B, \Pi_a) \rightarrow \max \quad (2.3)$$

где f – функции, точный вид которых определяем статистически;

n – является количеством частных показателей.

В рамках научного исследования, разнообразие параметров, влияющих на технологический процесс, ассоциируемый с машинами и тракторными агрегатами (МТА), можно классифицировать по категориям первого порядка, которые обозначаются как обобщенные показатели. К ним относятся: универсальность технологичности, агротехнические характеристики процесса, экономические аспекты осуществления процесса при достижении максимального уровня производительности, а также удобство эксплуатации МТА [1].

Технологический уровень МТА определяется множеством факторов, которые были выявлены в ходе анализа конструктивных особенностей и систематизированы в таблице 2.1. Для улучшения технологического уровня МТА необходимо интегрировать эти факторы в процесс проектирования

тракторов, что позволит оптимизировать их эксплуатационные характеристики и повысить эффективность использования.

Таблица 2.1 – Влияние параметров на технологический уровень [32].

Показатели технологических свойств	Характеристики, определяющие показатели технологических свойств	Конструкционные параметры, влияющие на показатели технологического уровня
Производительность	Номинальное тяговое усилие трактора; Эксплуатационная мощность двигателя; Агрегатируемость; Технологические пространства; Универсальность навесного устройства; Эргономичность.	Основные параметры: вес трактора и мощность двигателя Компоновочная схема
Агротехнические свойства	Давление движителя на почву; Агротехнический просвет; Вписываемость в междурядье; Управляемость; Обзорность.	Соответствие назначению трактора: тип ДВС, трансмиссии, ходовой системы
Стоимостные показатели	Рыночная цена трактора; Расход ГСМ.	Уровень автоматизации; Оснащенность технологическим оборудованием.
Показатели безопасности тракториста	Управляемость; Обзорность; Эргономичность.	Уровень автомат.; Шумоизоляция; Виброизоляция; Система кондиционирования
Показатели автоматизации сельскохозяйственного трактора	Повышение производительности; Снижение затрат;	Уровень автоматизации ДВС, силовой передачи, гидронавесного

	Эксплуатационная мощность двигателя; Расход ГСМ Управляемость; Рыночная цена трактора.	оборудования и наличие системы точного земледелия.
--	--	--

На основе анализа современных рекомендаций, касающихся технологического уровня тракторной техники, можно выделить многофункциональность как один из центральных параметров. Г.М. Кутьков определяет этот аспект как технологическую универсальность, которая характеризует собой спектр операций, осуществляемых трактором в ходе одного прохода [49]. Кроме того, значительное внимание уделяется совершенствованию комбинированных машинно-тракторных агрегатов (МТА), которые представляют собой синергетическое объединение тракторов с различными сельскохозяйственными орудиями. В соответствии с современными стандартами, ожидается, что такие агрегаты смогут выполнять не менее пяти операций в рамках одного прохода. Долгосрочные перспективы развития данной техники предполагают увеличение данного показателя до десяти операций, что будет способствовать повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Эффективность выполнения аграрных задач коррелирует с уровнем технологической оснащенности тракторных агрегатов. Ключевыми аспектами являются интеграция с аграрными инновациями, способность к увеличению сцепного веса, наличие мощного мотора, высокая грузоподъемность навесных орудий, а также универсальность вала отбора мощности с разнообразными режимами функционирования. Автоматизация агропромышленных процессов предполагает создание многофункциональных бортовых вычислительных систем, способных управлять как основными, так и дополнительными системами через шину CAN, включая функции адаптивного круиз-контроля и прецизионного земледелия. В соответствии с глобальными тенденциями в области автоматизации, на передний план выходят электрические тракторы,

которые обеспечивают высокий уровень автоматизации, а также повышают комфорт и безопасность труда операторов.

Функциональные характеристики тракторов оказывают значительное влияние на уровень комфорта оператора, способствуя повышению безопасности и оптимизации условий труда [12]. Технологический уровень тракторов оценивается с использованием комплексного индекса, который рассчитывается на основе коэффициентов значимости для отдельных параметров, а также для агрегированных показателей.

В рамках научного анализа, общая модель показателей технологического уровня тракторов может быть представлена следующим образом:

$$Y = f(Y_T, A_T, W_P, C_T, B, Pa) \quad (2.4)$$

где $Y_T, A_T, W_P, C_T, B, Pa$ – обобщенные показатели;

В данном разделе изложены основные выводы, полученные в ходе исследования конструктивных характеристик, оказывающих воздействие на уровень технологической зрелости, а также представлены критерии, используемые для их оценки. Технологическая универсальность энергетического средства, отражающая общий технологический уровень, [7] определяется его способностью выполнять разнообразные сельскохозяйственные операции в составе машинотракторного агрегата.

Полный набор полевых сельскохозяйственных задач подразделяется на четыре ключевые категории операций, выполняемых с использованием мобильной техники и соответствующих агрегатов. В рамках агрономической практики, каждый метод агротехнической обработки почвы предполагает реализацию комплексного набора технологических процедур, характеризующихся аналогичной последовательностью выполнения и сходными технологическими параметрами механизированных трудовых операций (МТА). Эффективность использования энергетических ресурсов в разнообразных агротехнических процессах определяется через функциональные зависимости, которые могут быть представлены следующим образом:

$$Y_T = f(\alpha_a, \alpha_{\text{п}}, \alpha_{\text{м.о}}, \alpha_{\text{тр}}, \alpha_{\text{д}}). \quad (2.5)$$

где $\alpha_a, \alpha_{\text{п}}, \alpha_{\text{м.о}}, \alpha_{\text{тр}}, \alpha_{\text{д}}$ – параметры эффективности функционирования мобильного энергетического устройства в составе навесных комбинированных агрегатов, применяемых для выполнения агротехнических операций, таких как обработка почвы, междурядная обработка пропашных культур и транспортировка, являются ключевыми индикаторами его эксплуатационных характеристик. Данный показатель интегрирует в себя техническую концепцию трактора, включая его тяговые и тягово-энергетические показатели, что позволяет оценить способность агрегата к выполнению заданных сельскохозяйственных задач.

2.2. Методологический подход.

В методологическом подходе, разработанном Г.М. Кутьковым, первоначально предусматривалась интеграция показателя, отражающего степень задействования трактора в процессах сельскохозяйственного уборочного цикла. Однако в ходе дальнейшего анализа была выявлена тенденция, свидетельствующая о неэффективном применении трактора в контексте механизированных трудовых операций при выполнении уборочных работ. В связи с этим, применение данного показателя для оценки трудоемкости использования техники представляется нерациональным, что обуславливает необходимость его исключения из формулы расчета. В дополнение к этому, подробные данные по остальным ключевым показателям будут представлены в последующих разделах.

Показатель α_a – отражает эффективность использования мобильного энергетического средства в комбинированных агрегатах.

$$\alpha_a = \frac{\frac{Z_{\text{ор}}}{Z_{\text{ор.макс}}} + \frac{Z_{\text{ем}}}{Z_{\text{ем.макс}}} + T_{\text{ВОМ}} + \frac{m_{\text{п.н.с.}}}{m_{\text{тр.б}}} + \frac{m_{\text{з.н.с.}}}{m_{\text{тр.б}}}}{5} \quad (2.6)$$

где $Z_{\text{ор}}$ – количество точек подключения орудий на оцениваемом тракторе;
 $Z_{\text{ор.макс}} = 3$ – максимальное количество точек подключения орудий на современных энергетических средствах;

$Z_{\text{ем}}$ – количество точек на оцениваемом тракторе для размещения ёмкостей с технологическими материалами.

$Z_{\text{ем.макс}} = 2$ – максимальное количество емкостей с технологическими материалами, перевозимых современными энергетическими средствами;

$T_{\text{ВОМ}}$ – показатель наличия переднего ВОМ трактора [8].

$m_{\text{п.н.с.}}$ – грузоподъёмность передней навесной системы выбираемого трактора;

$m_{\text{з.н.с.}}$ – грузоподъёмность задней навесной системы выбираемого трактора;

$m_{\text{тр.б}}$ – эксплуатационная масса трактора с балластами.

Мы будем оценивать наличие переднего $T_{\text{ВОМ}}$, с помощью показателя, который принимает значение: $T_{\text{ВОМ}} = 1$, если трактор оборудован ВОМ, и $T_{\text{ВОМ}} = 0,5$, если на тракторе его нет.

Показатель $a_{\text{п}}$ –отражает эффективность использования мобильного энергетического средства в почвообрабатывающих операциях.

$$a_{\text{п}} = \frac{\frac{P_{\text{кр.н}}}{P_{\text{кр.н.макс}}} + \frac{\Xi_{\text{тр}}}{\Xi_{\text{эт}}} + \frac{m_{\text{бал.}}}{m_{\text{тр}}} + \frac{B_{\text{зах}}}{B'_{\text{зах}}}}{3} \quad (2.7)$$

Номинальное тяговое усилие $P_{\text{кр.н}}$ сравнивается $P_{\text{кр.н.макс}}$, с установленным установленного ГОСТ 27021–86 для универсально–пропашного трактора тягового класса 2 (27 кН) и для тракторов общего назначения тягового класса 6 (72 кН) [22]; энергонасыщенность оценивается относительно эталонной энергонасыщенности для колесных и гусеничных тракторов ($\Xi_{\text{эт}} = 1,5$ кВт/кН для колесных и $\Xi_{\text{эт}} = 1,5$ кВт/кН – для гусеничных тракторов).

Показатель $a_{\text{м.о}}$ – показатель эффективности использования мобильного энергетического средства в междурядной обработке пропашных культур.

По аналогии с расчетом $a_{\text{п}}$ и $a_{\text{а}}$ значение $a_{\text{м.о}}$ можно определить значение, используя следующую зависимость:

$$a_{\text{м.о}} = \frac{T_{\text{вк}}}{T_{\text{вк.макс}}} \quad (2.8)$$

где $T_{\text{вк}}$ – диапазон регулирования ширины колеи оцениваемого трактора;

$T_{\text{вк}} = 700$ мм – максимальная величина регулирования ширины колеи среди доступных на рынке тракторов.

Показатель $a_{\text{тр}}$ – показатель определяется номинальной часовой производительностью на транспортных работах.

$$W_{\Gamma} = Q_{\Gamma} * K_{\Gamma} * v_{\text{тр}} * \tau_{\Gamma} \quad (2.9)$$

где Q_{Γ} – грузоподъемность тракторного прицепа; $K_{\Gamma} = 0,3 \dots 1$ – коэффициент использования грузоподъемности тракторного прицепа (принимается $K_{\Gamma} = 1$); $v_{\text{тр}}$ – транспортная скорость трактора, в км/ч; τ_{Γ} – коэффициент использования времени смены при движении с грузом (принимается $\tau_{\Gamma} = 1$).

Так как мы приняли $K_{\Gamma} = 1$ и $\tau_{\Gamma} = 1$, то номинальная часовая производительность на транспортных работах будет равняться:

$$W_{\Gamma} = Q_{\Gamma} * v_{\text{тр}} \quad (2.10)$$

Часовая производительность трактора на транспортных работах W_{Γ} будет сравнена с его максимально возможной производительностью $W_{\Gamma.\text{макс}}$, определяемой:

$$W_{\Gamma.\text{макс}} = Q_{\Gamma.\text{макс}} * v_{\text{макс}} \quad (2.11)$$

где $Q_{\Gamma.\text{макс}}$ – максимально возможная грузоподъемность тракторного прицепа (принимается 10 тонн – для универсально-пропашных тракторов и 20 тонн – для тракторов общего назначения);

$v_{\text{макс}} = 60$ км/ч – максимальная скорость трактора, предельная для современных колесных тракторов.

Тогда показатель на транспортных работах $a_{\text{тр}}$ можно выразить:

$$a_{\text{тр}} = \frac{W_{\Gamma}}{W_{\Gamma.\text{макс}}} \quad (2.12)$$

В рамках агропромышленного комплекса наблюдается тенденция к глобализации производства тракторов, основанных на концепции тягово-энергетических показателей. Данные машины характеризуются способностью к эффективной работе с двумя категориями сельскохозяйственной техники,

обладающей различными параметрами тяги. Это свойство придаёт им повышенную универсальность в сравнении с классическими моделями тракторов. В результате, аграрные предприятия получают возможность сократить парк техники, используя меньшее количество марок и моделей тракторов [9].

Особую ценность такие тракторы представляют для фермерских хозяйств, поскольку один трактор, оснащённый специализированным технологическим модулем или имеющий усиленное балластирование, способен выполнять функции, которые ранее требовали наличия двух и более тракторов различного типа и предназначения. Это не только оптимизирует затраты на приобретение и обслуживание техники, но и способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства в целом.

Учитываем наличие свойства у трактора тягово-энергетической концепции как единицы $a_d = 1$, а его отсутствие у трактора тяговой концепции как нуля $a_d = 0$.

В рамках агрономической науки для количественной оценки агротехнических параметров тракторов применяются следующие метрики: давление на почву, создаваемое движителями (обозначаемого γ_q), высота агротехнического просвета (γ_h), характеристики видимости с рабочего места тракториста ($\gamma_{обз}$), способность движителя вписываться в междурядья ($\gamma_{вп}$), радиус маневренности (γ_m), площадь, подвергаемая уплотнению движителями ($\gamma_{пл}$). Комплексный индекс агротехнических характеристик тракторов может быть представлен в виде интегральной оценки, учитывающей все вышеперечисленные параметры.

$$A_T = f(\gamma_q, \gamma_h, \gamma_{обз}, \gamma_{вп}, \gamma_m, \gamma_{пл}) \quad (2.13)$$

С учетом данных коэффициентов формула для определения показателя агротехнических свойств принимает следующий вид:

$$A_T = S * \gamma_{вп} + S * \gamma_q + S * \gamma_h + S * \gamma_{пл} + S * \gamma_m \quad (2.14)$$

При расчете показателя A_T не учитывается обзорность, поскольку данные по ней отсутствуют в технической документации и трудно поддаются объективной оценке.

В процессе разработки обобщенного индекса агротехнических характеристик, необходимо учитывать, что исходные единичные показатели, такие как вписываемость рабочих органов в междурядное пространство, нагрузка на почвенный покров, агротехнический зазор, площадь воздействия на почву и маневренность, обладают разнородными размерностями и величинами. Для интеграции этих показателей в единый индекс, необходимо провести их стандартизацию, преобразовав в относительные значения с применением адекватных математических преобразований [3].

$$\gamma = \frac{X_{\text{оц}}}{X_6} \text{ или } \gamma = \frac{X_6}{X_{\text{оц}}} \quad (2.15)$$

где X_6 – нормированное или базовое значение единичного показателя;

$X_{\text{оц}}$ – натуральное значение оцениваемого единичного показателя.

В процессе оценки адаптивности тракторных тяговых агрегатов к эксплуатации в условиях междурядных культур применяется методика, основанная на использовании натурального единичного показателя. Этот показатель представляет собой комплексный критерий, учитывающий различные параметры и характеристики техники, позволяющий объективно оценить её соответствие специфическим требованиям междурядной работы.

$$\gamma_{\text{вп}} = \frac{b_{\text{ш}}}{b_{\text{пр}}} \quad (2.16)$$

где $b_{\text{ш}}$ – ширина шины колеса анализируемого трактора; $b_{\text{пр}}$ – это расстояние в междурядье с учетом защитной зоны.

$$b_{\text{пр}} = c - 2b_3 \quad (2.17)$$

где c – ширина междурядья; b_3 – защитная зона.

Показатель давления движителей на почву γ_q определяется как соотношение давления $q_{\text{ГОСТ}}$ по ГОСТ 26955–86, равное 80 кПа, и давления на почву движителей оцениваемого трактора $q_{\text{тр}}$:

$$\gamma_q = \frac{q_{\text{гост}}}{q_{\text{тр}}} \quad (2.18)$$

Для обеспечения эффективной работы универсальных пропашных тракторов в аграрном секторе, необходимо, чтобы агротехнический клиренс данных машин соответствовал параметрам в диапазоне от 600 до 700 миллиметров [6].

$$\gamma_h = \frac{h_{\text{пр.тр}}}{h_{\text{пр.макс}}} \quad (2.19)$$

где $h_{\text{пр.тр}}$ – агротехнический просвет оцениваемого трактора;

$h_{\text{пр.макс}} = 700$ мм – базовый агротехнический просвет.

В рамках исследования, направленного на количественную оценку степени вытаптывания почвенного покрова под воздействием движения тракторных агрегатов, предполагается анализировать минимально допустимую ширину шин тракторных колес в качестве одного из сравнительных параметров.

$$\gamma_{\text{пл}} = \frac{b_{\text{ш.мин}}}{b_{\text{ш}}} \quad (2.20)$$

где $b_{\text{ш}}$ – ширина шины колеса оцениваемого трактора;

$b_{\text{ш.мин}}$ – минимальная ширина шины среди оцениваемых тракторов.

Единичный показатель маневренности γ_m .

$$\gamma_m = \frac{R_{\text{мин}}}{R_{\text{мин.тр}}} \quad (2.21)$$

где $R_{\text{мин.тр}}$ – минимальный радиус поворота оцениваемого трактора;

$R_{\text{мин}}$ – базовое значение минимального радиуса поворота.

Для оценки технологической зрелости изделий целесообразно применять метрики, отражающие конструктивную сложность. Путём исследования воздействия данных метрик и последующего использования многофакторного корреляционного анализа, возможно формирование аналитических моделей, которые адекватно описывают взаимосвязь между конструктивными особенностями и основными показателями эффективности.

Необходимо подчеркнуть, что в контексте современной индустриальной практики особо значимыми являются характеристики тракторов, включая безопасность эксплуатации и степень автоматизации управления.

2.3. Показатель безопасности и автоматизации

В работе предлагается ввести показатель безопасности (Б), который определяется единичными показателями (показатели размера и конструкции кабин тракторов $\gamma_{\text{размер}}$, удобства и безопасности доступа в кабину $\gamma_{\text{доступ}}$, удобство пользования органами управления и приборами $\gamma_{\text{управ}}$, обзорности $\gamma_{\text{обз}}$, микроклимата в кабине $\gamma_{\text{МК}}$, [76] запыленности и загазованности воздуха в кабине $\gamma_{\text{г}}$, шума $\gamma_{\text{ш}}$, вибрации $\gamma_{\text{в}}$). Поскольку эти частные показатели не имеют аналитической или эмпирической зависимости друг от друга или от обобщенного показателя (Б), мы предлагаем определить их весомость путем ранжирования на основе экспертных оценок [63].

Процесс будет включать опрос экспертов для ранжирования каждого единичного показателя и последующее вычисление их весовых коэффициентов. При этом, общая сумма всех весовых коэффициентов должна быть равна 1.

А также вводим показатель автоматизации сельскохозяйственного трактора Па, который определяется единичными показателями ($\beta_{\text{ДВС}}$ $\beta_{\text{КПП}}$ $\beta_{\text{АПМ}}$ $\beta_{\text{АГН}}$ $\beta_{\text{АУ}}$ $\beta_{\text{ГИБ}}$ $\beta_{\text{ЭМК}}$). Данные показатели не связаны между собой или с обобщенным (Па) показателем никакой аналитической или эмпирической зависимостью. Ранжирование единичных показателей, осуществленное по результатам опроса экспертов, позволило определить значения весовых коэффициентов [93].

Наличие какой-либо системы автоматизации в определенном узле будем оцениваться по показателю $\beta = 1$, если трактор оснащен только одной системой [83]. При наличии двух систем автоматизации, то $\beta = 0,5$ и так далее.

Степень автоматизации ДВС $\beta_{\text{ДВС}}$ зависит от установленных автоматических систем и принимает следующие значения: $\beta_{\text{ДВС}} = 0,7$ при наличии системы автоматического регулирования (САР). Эта система обеспечивает согласованную работу двигателя и регулятора,

поддерживающего заданный уровень контролируемого параметра [6]. При наличии системы автоматического управления (САУ), организует совместную работу двигателя (как объекта управления) с приборами, осуществляющими автоматизированное управление $\beta_{ДВС} = 0,8$. Наличие системы непрерывного действия в ДВС, которая непрерывно измеряет отклонение параметра от заданного значения и постоянно вносит корректировки при необходимости $\beta_{ДВС} = 1$. Если используется система прерывистого действия, то параметр тоже измеряется постоянно, но команды на изменение подаются не сразу, а через определенные промежутки времени, $\beta_{ДВС} = 0,9$.

Показатель автоматизации в зависимости от вида автоматической коробки передач может иметь следующие значения $\beta_{КПП}$.

Наиболее широко применяемым типом трансмиссии является традиционная автоматическая трансмиссия (ТАТ) [81], в которой передача тягового усилия от двигателя к колёсам осуществляется посредством гидротрансформатора и комплекса планетарных редукторов. Для дальнейших вычислений будем использовать значение $\beta_{КПП} = 0,5$. Наличие автоматизированной механической трансмиссии (АМТ), имитирует функционирование механической КПП, исключая при этом необходимость ручного управления сцеплением (педалью) и выбора передач (рычагом). Электронный блок управления отвечает за активацию сцепления и переключение передач. В данном случае, коэффициент автоматизации трансмиссии примем $\beta_{КПП} = 0,6$.

Благодаря гидростатической трансмиссии, крутящий момент двигателя передается на движители без ступеней. Такая система дает возможность плавно менять скорость и направление движения, исключая необходимость в переключении передач. В сравнении с другими трансмиссиями, она может обеспечить более высокую мощность и производительность, особенно в связке с электронным управлением $\beta_{КПП} = 1$.

Показатель автоматического подключения переднего моста $\beta_{АПМ}$ будет иметь значения из-за вида автоматических систем подключения переднего моста.

Принцип работы полного привода Torque-on-Demand (TOD) заключается в следующем: трактор движется с приводом на задние колеса. Как только задние колеса теряют сцепление (проскальзывают), система автоматически активирует передний мост, передавая на него часть крутящего момента. Время, когда необходимо подключить второй мост, определяет автоматика. Для активации полного привода в таких установках применяются муфты с электромагнитным управлением (многодисковые), а также муфты вязкостного или гидравлического типа. Следует отметить, что на тракторах, помимо автоматического включения полного привода, может присутствовать и автоматическая блокировка дифференциала. В следствии этого, логичнее было бы принять коэффициент $\beta_{\text{АПМ}}$ состоящим из двух слогаемых $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75 + 0,25$. Вклад автоматической системы полного привода оценивается в 0,75, тогда как автоматическая блокировка дифференциала вносит 0,25.

Подключаемый полный привод Part-Time, в котором передний мост подключается трактористом посредством раздаточной коробки. Привод обычно не имеет межосевого дифференциала, поэтому включенный полный привод можно использовать только на бездорожье. На дороге с твёрдым покрытием трансмиссия будет испытывать ударные нагрузки и снизится управляемость трактора. Принимаем $\beta_{\text{АПМ}} = 0,5$. При отсутствии подключения переднего моста $\beta_{\text{АПМ}} = 0$.

Показатель автоматизации гидросистемы навески $\beta_{\text{АГН}} = 1$ при наличии гидросистемы навески трактора с электроуправляемыми распределителями. При отсутствии автоматизации гидросистемы навески $\beta_{\text{АГН}} = 0$.

Показатель автоматизации управления трактором $\beta_{\text{АУ}}$ может иметь значение в зависимости от наличия следующих систем, входящих в состав данного узла: Авто навигатор или подруливающее устройство $\beta_{\text{АУ}} = 0,25$, система интеллектуального управления Cognitive Agro Pilot или искусственный интеллект имеет $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$. При наличии авто новигатора $\beta_{\text{АУ}}=0,25$. Интеллектуальная система или искусственный интеллект имеет $\beta_{\text{АУ}}=1$. При отсутствии автоматизации управления трактором $\beta_{\text{АУ}}$ принимаем равным 0.

Показатель наличия гибридной силовой установки $\beta_{\text{тиб}}$ можно также оценить в зависимости от видов гибридных силовых установок:

Микрогибриды являются самым простым видом гибридизации, представляющий собой продвинутую систему Start-Stop. Генератор отключается при наборе скорости, что снижает нагрузку на мотор. При торможении трактора генератор накапливает энергию. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 0,75$.

Мягкие гибриды применяют электрические двигатели двойного действия. Они соединяются с ДВС и помогают ему увеличивать динамику. Но такие гибриды ещё не могут передвигаться только с помощью электротяги. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 0,75$.

Полные гибриды это такие гибриды, где полноценные гибридные установки соединяются с ДВС посредством сцепления или муфты. Данный гибрид способен накапливать энергию во время торможения. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 1$.

При наличии электрополноприводного гибрида, каждый агрегат (гибрид и ДВС) отвечает за свою ось. Электродвигатель может вращать задние колёса, используя собственный редуктор, а двигатель с коробкой — передние. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 0,5$.

Последовательные гибриды это гибриды, в которых ДВС работает только с генератором, который вырабатывает энергию. За оси трактора отвечает электромотор, который может быть не один. Для накопления энергии используются батареи, подзаряжающиеся при торможении и отдающие мощность при повышенных нагрузках. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 1$.

Последовательно-параллельные гибриды образуются при добавлении отдельного генератора и делителя мощности (планетарного механизма) к схеме параллельного гибрида. Это позволяет гибриду функционировать как последовательный: на малых скоростях трактор запускается и движется исключительно на электротяге, а на высоких скоростях и при поддержании постоянной скорости подключается ДВС. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 1$.

Подзаряжаемые гибриды значительно увеличивают отдачу и длительность работы, так как могут накапливать энергию заблаговременно. Примем $\beta_{\text{тиб}} = 0,9$.

При отсутствии наличия гибридной силовой установки $\beta_{\text{тиб}}$ равен 0.

Показатель наличия электромотора колеса $\beta_{\text{эмк}} = 1$, поскольку на данный момент существует два основных типа мотор-колес: безредукторные (с прямым приводом) и редукторные [80].

Безредукторное мотор-колесо, или мотор-колесо с прямым приводом, ценится за свою исключительную надежность и долговечность, обусловленные простотой конструкции. Оно обеспечивает нулевой люфт, тихую работу и повышенную жесткость при эксплуатации. Важной особенностью является его способность функционировать как генератор во время замедления, преобразуя кинетическую энергию в электрическую и возвращая ее в аккумулятор. Этот тип мотор-колеса часто применяется на транспортных средствах с высокой грузоподъемностью, оснащенных тяговым электродвигателем.

Принцип работы редукторного мотор-колеса основан на использовании редуктора, который снижает скорость вращения, но увеличивает крутящий момент. Дополнительно, наличие обгонной муфты позволяет колесу вращаться практически без сопротивления, когда тяга отсутствует. Благодаря такому сочетанию, достигается значительная фактическая мощность двигателя при сниженном энергопотреблении. Это приводит к тому, что редукторные мотор-колеса отличаются компактностью и небольшим весом [10]. Важно отметить, что эти мотор-колеса, будучи легкими и обычно маломощными, требуют замены шестерен редуктора каждые несколько лет. Тем не менее, совокупность этих факторов делает их самым популярным типом мотор-колес [95].

При отсутствии наличия электромотора колеса $\beta_{\text{эмк}} = 0$.

2.4. Комплексный показатель технологического уровня

Комплексный показатель технологического уровня сельскохозяйственного трактора формируется путем обобщения представленных частных показателей:

$$П_{\text{Т}} = S_1 * Y_{\text{Т}} + S_2 * A_{\text{Т}} + S_3 * W_{\text{П}} + S_4 * C_{\text{Т}} + S_5 * Б + S_6 * П_{\text{А}} \quad (2.24)$$

где $S_1; S_2; S_3; S_4; S_5; S_6$ – коэффициенты весомости.

Учет весомости показателей – ключ к удовлетворению потребностей клиентов и обеспечению конкурентоспособности российской техники на быстрорастущем рынке.

Выводы по главе 2

1. Были проанализированы требования и показатели к техническому уровню трактора. Определено, что показатели технологического уровня тракторов не связаны строгими аналитическими связями, хотя многие из них являются значимыми.

2. При изучении обобщающих и частных показателей технического уровня была проанализирована необходимость применения коэффициентов весомости для подсчета некоторых показателей.

3. Введены новые показатели для сравнения технологического уровня тракторов: безопасность и автоматизация, а также даны их частные показатели.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Существующие методы использования обобщенных показателей (состоящих из частных) (рисунок 3.1) основаны на применении в большинстве случаев субъективных методов. Многофакторность решаемой задачи приводит в таких условиях к значительной потере важной информации и изменение реальных комплексных показателей для сравниваемых машин [85]. Кроме того, эти методики не в состоянии обеспечить возможность поиска конструктивных решений энергетических средств, позволяющих повысить технологический уровень, т.к. комплекс выбранных показателей включает далеко не все факторы, влияющие на это значение [54].

Система показателей оказывается недостаточной для точной оценки комплексного технологического уровня машин и результативности конкретных конструкторских разработок, влияющих на общую эффективность производства.



Рисунок 3.1 Уровни расположения показателей

Изучив существующие методы оценки [58;60]. энергетических машин и выявив их недостатки, мы пришли к необходимости разработки нового метода, который должен:

- Основываться на всестороннем анализе ключевых факторов, влияющих на эксплуатацию энергетических средств в сельском хозяйстве;
- уточнить и конкретизировать элементы комплексной оценки введения новых технологий в тракторостроении применяемые ко всем исследуемым факторам [92];

- мероприятия по улучшению технологического уровня трактора должны быть непосредственно обусловлены данными и выводами оценки;
- Иметь широкое применение на всех этапах жизненного цикла трактора, включая образовательные учреждения [2].

3.1 Методы оценивания технологического уровня сельскохозяйственных тракторов

В условиях конкуренции на рынке тракторов производители внедряют передовые технологии и расширяют модельный ряд, чтобы предложить технику с улучшенными характеристиками. Адаптация продукции к потребительским запросам является ключевой для поддержания конкурентоспособности. Современные тракторы, обладая сложной конструкцией и новыми механизмами, предъявляют требования к оценке их энергетических показателей и значимости этих параметров для конкурентоспособности [67].

Оценка технологий современных тракторов, как импортных, так и отечественных, осложняется множеством факторов. Однако существуют методики и стандарты, позволяющие сравнивать объекты. В рамках проведённых исследований, тракторные агрегаты подвергаются сравнительному анализу с использованием передовых моделей аналогичного класса для определения оптимального технического решения, обеспечивающего максимальную эффективность работы.

Сравнение с базовой моделью становится однозначным, если трактор превосходит или уступает по всем показателям. Но часто трактор выигрывает по одним критериям и проигрывает по другим, что усложняет сравнение. С развитием тракторов и появлением новых возможностей, увеличивается количество объектов и показателей для сравнения.

Для сравнительного анализа тракторов разных брендов по технологическому уровню необходимо комплексно оценивать их. Это позволяет определить эффективность для различных операций и разработать меры по улучшению конструкции, учитывая потребности потребителей. В практике применяются методы экспертной оценки, ранжирования, оценки факторов, параллельных и парных сравнений [67;68].

3.1.1 Метод экспертной оценки

Применение указанной методологии предполагает обязательное привлечение квалифицированного эксперта, обладающего специализированными знаниями и опытом в сфере эксплуатации и конструирования тракторной техники, способного провести комплексную и детализированную оценку работы машинно-тракторных агрегатов (МТА). Экспертная оценка проводится на основе комиссионного подхода с привлечением группы специалистов и рабочих коллективов [23]. Составление экспертных групп включает в себя анализ технического состояния МТА и может предусматривать создание специализированных подгрупп для решения конкретных задач в рамках оценки.

Выбор методологии для проведения опроса среди экспертов осуществляется на основе анализа конкретных условий, в которых будет проводиться оценка, а также с учетом временных ограничений и допустимого уровня затрат труда [69]. В рамках существующих методологических подходов можно выделить два основных: групповой и индивидуальный.

Индивидуальный подход предполагает применение метода анкетирования, при котором респонденты самостоятельно заполняют анкеты. Этот процесс сопровождается предоставлением пояснительной записки, в которой содержится информация о цели исследования, описывается процедура анкетирования и приводится образец заполнения анкеты. Опросный лист, входящий в состав анкеты, содержит набор вопросов, на которые респонденты предоставляют свои ответы.

В рамках разработки интегрированной модели компетенций специалиста применяется методология комплексной оценки. Данная методика включает в себя синтез индивидуальных оценочных показателей в интегрированную систему, для чего применяется алгоритм вычисления средневзвешенного арифметического [77;78]. Этот методологический подход обеспечивает учёт веса каждой отдельной оценки, что, в свою очередь, способствует более достоверному отображению степени профессиональной квалификации специалиста, которая определяется на основе экспертной оценки.

$$K_3 = 0,15K_{\text{сам}} + 0,20K_{\text{вз}} + 0,10K_{\text{р.г.}} + 0,25K_{\text{ос}} + 0,30K_{\text{вр}} \quad (3.1)$$

где 0,15; 0,20; 0,10; 0,25; 0,30 – коэффициенты весомости; $K_{\text{сам}}$ – показатель самооценки экспертов; $K_{\text{вз}}$ – показатель взаимооценки экспертов; $K_{\text{р.г.}}$ – показатель рабочей группы; $K_{\text{ос}}$ – отклонение эксперта от среднего значения группы; $K_{\text{вр}}$ – показатель воспроизводимости результатов эксперта.

В ходе выполнения исследовательского проекта были применены методические указания, изложенные в источниках [40,64,87]. Специалисты, участвующие в исследовании, осуществили анализ, основываясь на упрощенной модели, которая учитывала два ключевых параметра: индивидуальную самооценку $K_{\text{сам}}$ каждого участника и коллективную оценку, сформированную на основе взаимного оценивания экспертов, включенных в состав исследовательской группы $K_{\text{вз}}$.

$$K_3 = 0,40K_{\text{сам}} + 0,60K_{\text{вз}} \quad (3.2)$$

Коэффициент самооценки:

$$K_{\text{сам}} = \sum_{i=1}^n m_i K_i \quad (3.3)$$

где m – весомость показателей осведомленности с информацией и знакомства с проблемой; K_i – фактическое значение i -го показателя; n – количество показателей. Если $\sum m_i = 1$, а $0 \leq K_i \leq 10$, то $0 \leq K_{\text{сам}} \leq 10$.

Значение взаимооценки экспертов:

$$K_{\text{вз}} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n m_i \varphi_{ij} \quad (3.4)$$

где φ_{ij} – оценка эксперта по i – му показателю взаимооценки, обозначенная j – м экспертом;

3 – количество экспертов, участвующих в оценивании.

Номинальные шкалы классифицируются и дифференцируются на основе трех фундаментальных аксиом идентификации [72]:

1. i это j , или не j ;
2. если i это j , то j это i ;
3. если i это j и j это k , то и i это k .

Разнообразие шкал измерений, включая нормальную, порядковую, интервальную и шкалу отношений, обеспечивает различные способы интерпретации дискретных различий между объектами. В случаях, когда фактор не может быть точно определен, его оценка может быть выполнена с привлечением экспертного мнения [68].

Информация, извлеченная в процессе проведения опросов среди специалистов, приобретает значимость для аналитических исследований и процесса принятия управленческих решений исключительно после её конвертации в адекватный аналитический формат.

Значения α_{ij} устанавливают определенный паритет исследуемых объектов и рассчитываются по следующему алгоритму [11].

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} +1, i \text{ важнее } j; \\ -1, j \text{ важнее } i; \\ 0, i \text{ и } j \text{ равноценны.} \end{cases}$$

Иерархические шкалы находят широкое применение в научных исследованиях благодаря их способности обеспечивать сравнение объектов, принадлежащих к различным категориям показателей. Классификация факторов в группы производится с использованием систем предпочтений, разработанных экспертами в соответствующей области [75].

В рамках анализа оценочных данных, полученных от экспертного сообщества, часто прибегают к применению интервальных шкал. Основные типы шкал и их характеристики представлены в таблице 3.2 источника [14].

Применение шкаловых данных расширяет спектр доступных статистических методов, однако исключает те, которые предполагают наличие абсолютной нулевой точки, определяемой условным образом.

Таблица 3.2 – Шкалы и их характеристики

Тип шкалы	Определение шкалы	Отношение между объектами, заданными в шкале
Нормальная	Наиболее простой тип измерений, в котором числа применяются для классификации объектов	Эквивалентность (-)
Порядковая	Показатели одной группы находятся в некотором отношении к показателям другой группы	Эквивалентность (=) Больше, чем (>)
Интервальная	Применение порядковой шкалы с применением известного расстояния между числами на шкале.	Эквивалентность (=) Больше, чем (>) Известно отношение любых двух интервалов.
Шкала отношений	Применение интервальной шкалы с истиной нулевой точкой	Эквивалентность (=) Больше, чем (>) Известно отношение любых двух интервалов. Определено отношение между любыми двумя точками.

3.1.2 Метод ранжирования и оценка факторов

В ходе анализа технологической оснащенности и функциональных возможностей тракторов сельскохозяйственного назначения было выявлено, что основные критерии оценки не могут быть подвержены прямой количественной оценке. Процесс классификации оценочных параметров в порядке возрастания или убывания конкретных характеристик получает название ранжирования. Данная методика обеспечивает возможность выделения наиболее значимого критерия среди множества других для определения уровня технологической оснащенности.

В процессе применения метода ранжирования, специалист обязан систематизировать набор объектов в соответствии с установленной иерархией предпочтений, при этом каждому объекту присваивается уникальный ранг, выраженный в форме натуральных чисел. Объект, обладающий наивысшей

значимостью, занимает позицию с первым рангом, тогда как объект с наименьшей значимостью – последний в порядке рангов.

Исходы ранжирования должны отражать порядковую шкалу, где количество присвоенных рангов эквивалентно количеству объектов, подлежащих оценке.

В контексте ситуаций, когда экспертная оценка не позволяет установить однозначную последовательность среди группы объектов, или когда наблюдается совпадение рангов для нескольких объектов, применяется процедура стандартизации рангов. Согласно данной методологии, общее количество присвоенных рангов соответствует количеству объектов в группе. В случае равенства оценок объекты получают стандартизированные ранги, что обеспечивает унификацию и сопоставимость в рамках анализа.

Для иллюстрации процесса ранжирования рассмотрим пример, в котором семь объектов были оценены и распределены по рангам, что отражено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Пример распределения рангов

i	1	2	3	4	5	6	7
X_i	2	1	2	3	3	3	2

В соответствии с представленной таблицей, наблюдается, что факторы, обладающие идентичными оценочными значениями, занимают три равнозначные позиции в иерархии. В связи с этим производится вычисление стандартизированного ранга для данных факторов. Аналогичный подход применяется к показателям, обозначенным как 4, 5 и 6, для которых стандартизированный ранг принимает определенное числовое значение. $S=(5+6+7)/3=6$.

Согласно установленным рейтингам представлены данные (см. таблицу 3.4):

Таблица 3.4 – Пример рейтингов по установленным данным

i	1	2	3	4	5	6	7
X_i	3	1	3	6	6	6	3

После проведения расчетов и присвоения соответствующих, включая стандартизированные, рангов, определяем сумму этих рангов S_N . Эта сумма будет равна сумме натурального ряда:

$$S_N = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{n(n+1)}{n} \quad (3.5)$$

Точность процедуры зависит от числа оцениваемых объектов: меньшее количество способствует более точной дифференциации и ранжированию объектов. Оптимально оценивать до 20 объектов для максимальной точности $n < 10$ [14].

3.1.3 Метод последовательных сравнений

Методика агрегирования рангов или баллов представляет собой широко распространенный инструмент, облегчающий процесс выбора среди альтернатив. Данный подход находит применение в оценке качественных характеристик, потребительских атрибутов и в сфере научных исследований [40]. Основное преимущество данной методики заключается в её способности к сравнению разнородных параметров, несмотря на то, что она часто применяется без проведения детализированного анализа.

Тем не менее, метод суммирования оценок обладает определенными ограничениями. В частности, различные показатели могут взаимно компенсировать друг друга, что приводит к формированию идентичных итоговых результатов, несмотря на существующие различия в их значимости. Для обеспечения надежности оценок необходимо выявление корреляций и зависимостей между анализируемыми факторами.

Метод последовательных сравнений применим при соблюдении определённых условий, разработанных У. Черчменом и Р. Акофом [14].

Алгоритм включает оценку экспертом факторов по их относительной важности. Фактор с наивысшей значимостью получает максимальную оценку $v_1 = 1$, остальные оцениваются по шкале от 0 до 1 в соответствии с их взаимной значимостью.

Далее, показатель с оценкой $v_1 = 1$ сравнивают с комбинацией остальных факторов и устанавливают его превосходство.

$$v_1 > \sum_{i=2}^n v_i \quad (3.6)$$

При не выполнении данного условия, то корректировка происходит в обратном порядке, v_1 делают меньше суммы всех остальных факторов:

$$v_1 < \sum_{i=2}^n v_i \quad (3.7)$$

Далее проводит аналогичные действия для второго наиболее значимого фактора v_2 по сравнению с оставшимися факторами из перечня, повторяется алгоритм, что и для v_1 . Данная процедура продолжается до фактора $(n - 1)$.

На основании представленных зависимостей осуществляется систематическая проверка.

Фундаментальный методологический подход предполагает интеграцию базовых сравнений в каждую категорию эмпирических данных. Важно обеспечить адекватность оценочных параметров, применяя в качестве контрольного инструмента альтернативные базовые показатели.

Методика последовательного сравнения предполагает использование шкалы от 0 до 1, предоставляющей возможность эксперту осуществить предварительную оценку каждого отдельного события на основе доступной информации.

В связи с тем, что оценка множества элементов, состоящего из семи и более позиций, представляет собой сложную задачу из-за значительного объема данных, рекомендуется сегментировать такие множества на подгруппы, содержащие не более шести элементов в каждой.

3.1.4 Метод парных сравнений

Метод парных сравнений позволяет уменьшить трудности ранжирования при прямой оценке. Эксперты сравнивают факторы попарно, выбирая наиболее значимый в каждой паре. Факторы делят на группы, и из каждой пары выбирают предпочтительный. Эксперт может установить равенство или использовать шкалу для своих предпочтений.

В контексте оценки множества объектов, применение метода парных сравнений одним экспертом оказывается высокоэффективным, особенно в

условиях, когда оценка проводится группой экспертов. Данный метод становится особенно предпочтительным при анализе обширных массивов данных, где объекты обладают значительной степенью схожести. Это позволяет сформировать корректную иерархию приоритетов, что является критически важным в рамках исследований, направленных на оценку больших групп объектов с незначительными вариациями в характеристиках.

Сравнение объектов A_i и A_j производит группа экспертов в количестве m , результаты заносятся в сводную матрицу, состоящую из элементов X_{ij} , равных количеству вариантов ответа, когда соблюдалось условие, A_i важнее A_j [90].

Пример матрицы, основанной на методе парных сравнений, представлен в таблице 3.5. Эксперты, заполняя матрицу, должны оценить ячейку на пересечении строк и столбцов для сравниваемых объектов. По результатам весомости фактора i над фактором j , это оценка лежит в пределах от 1 до 0 соответственно.

Таблица 3.5 – Матрица парных сравнений

	1	2	...	j	...	n
1	-	X_{12}		X_{1j}		X_{1n}
2	X_{21}	-		X_{2j}		X_{2n}
...						
i	X_{i1}	X_{i2}		X_{ij}		X_{in}
...						
n	X_{in}	X_{n2}		X_{nj}		-

Диагональ матрицы заполняют прочерками, поскольку пересечение строки и столбца учитывает один фактор. При однократном парном сравнении факторов количество сравнений определяется как $I = \frac{n(n-1)}{2}$.

В контексте проведения экспертной оценки, предварительный этап предполагает индивидуальный анализ каждого члена экспертной группы. После этого осуществляется агрегация индивидуальных оценок в единую базу

данных, последующий анализ которой позволяет сформировать коллективное мнение участников [86].

Данная информация представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Матрица в случаях, когда фактор i предпочтительнее j

Фактор i	Фактор j						Сумма ряда
	1	2	...	j	...	n	
1	-	P_{12}		P_{1j}		P_{1n}	P_1
2	P_{21}	-		P_{2j}		P_{2n}	P_2
...							
i	P_{i1}	P_{i2}		P_{ij}		P_{in}	P_i
...							
n	P_{n1}	P_{n2}		P_{nj}		-	P_n

Свойства данной матрицы P , является $P_{ij} = \frac{x_{ij}}{m}$, где m – число экспертов;
 $P_{ij} + P_{ji} = 1$.

Если оценка факторов выполняется парным сравнением группой экспертов $m \geq 25$, то полученные разности между их результатами имеют нормальное распределение.

Пусть группа экспертов m оценивают n признаков $R_i(i_1, i_2, \dots, i_n)$ и приписывают им числа $S_j(j_1, j_2, \dots, j_n)$ в соответствии с качеством X какого либо признака.

$$S_i - S_j = Z_{ij}\sigma_{ij} \quad (3.8)$$

где S_i, S_j – шкальные оценки факторов;

σ_{ij} – среднее квадратичное отклонение предполагаемого распределения различий между S_i и S_j ;

Z_{ij} – нормированное отклонение, соответствующее P_{ij} , представляющему долю случаев предпочтения фактора i фактору j , т.е.

$$G(Z_{ij}) = P_{ij} = \int_{\Sigma i}^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{r^2}{2}} dt \quad (3.9)$$

Приняв σ_{ij} в формуле (2.11) равным единицы, имеем:

$$S_i - S_j = Z_{ij} \quad (3.10)$$

Оценки неизбежно будут отличаться от ожидаемых. Поэтому основная задача – минимизировать разброс оценок. Z_{ij} .

Алгоритм формирования шкальных оценок заключается в приведении предполагаемых отношений P_{ij} к ожидаемым Z_{ij} согласно уравнению (2.12), используя таблицу нормального распределения [89]. Для этого данные группируются в матрицу Z_{ij} с двумя входами или матрицу основного преобразования Z с рядами i и столбцами цифр j , как показано в таблице 3.7.

В таблице 3.7 каждая оценка Z_{ij} – это различия между параметрами i и параметром j в стандартных отклонениях, сумма этих оценок $Z_j = \sum Z_i$, а среднее значение

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{m} \quad (3.11)$$

где m - число экспертов.

Таблица 3.7 – Матрица Z основного преобразования (различий)

Фактор i								Всего	Среднее значение
	1	2	3	...	j	...	n		
1	-	Z_{12}	Z_{13}		Z_{1j}		Z_{1n}	Z_1	$\bar{Z}_1$
2	Z_{21}	-	Z_{23}		Z_{2j}		Z_{2n}	Z_2	$\bar{Z}_2$
3	Z_{31}	Z_{32}	-		Z_{3j}		Z_{3n}	Z_3	$\bar{Z}_3$
...									
i	Z_{i1}	Z_{i2}	Z_{i3}		Z_{ij}		Z_{in}	Z_i	$\bar{Z}_i$
...									
n	Z_{n1}	Z_{n2}	Z_{n3}		Z_{nj}		-	Z_n	$\bar{Z}_n$

При этом P_{ij} рассматривается как площадь нормального распределения от $-\infty$ до Z .

Метод парного сравнения классифицируется как интервальный, поскольку в данном методе шкала измерений и начало отсчета определяются произвольным образом.

3.2 Методика расчета показателя безопасности

Оценка технологических свойств сельскохозяйственных тракторов позволяет определять ключевые показатели, рассчитывать индивидуальные и обобщенные технологические характеристики перспективных моделей и аналогов, а также анализировать их технологический уровень [35;50].

Методика, разработанная Г.М. Кутьковым, не включает оценку безопасности кабин тракторов [48;51;52].

Учитывая данные обстоятельства, мы приняли решение создать методику для оценки безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов с точки зрения условий труда, чтобы определить интегральный показатель безопасности.

В данной работе мы вводим комплексный показатель безопасности B , определив который, мы сможем оценить, на основе сравнения, безопасность кабин тракторов разных моделей и различных производителей [36;47;73;74;].

В качестве единичных показателей безопасности кабин трактора, принимаем показатели размера и конструкции кабин тракторов $\gamma_{\text{размер}}$, удобства и безопасности доступа в кабину $\gamma_{\text{доступ}}$, удобство пользования органами управления и приборами $\gamma_{\text{управ}}$, обзорности $\gamma_{\text{обз}}$, микроклимата в кабине $\gamma_{\text{мк}}$, запыленности и загазованности воздуха в кабине $\gamma_{\text{г}}$, шума $\gamma_{\text{ш}}$, вибрации $\gamma_{\text{в}}$.

$$B = f(\gamma_{\text{размер}} \gamma_{\text{доступ}} \gamma_{\text{управ}} \gamma_{\text{обз}} \gamma_{\text{мк}} \gamma_{\text{г}} \gamma_{\text{ш}} \gamma_{\text{в}}) \quad (3.12)$$

Комплексный показатель безопасности B отличается тем, что его составляющие единичные показатели не связаны друг с другом и не имеют аналитической или эмпирической зависимости от B [77].

Цель исследования заключается в определении существующей корреляции. В качестве эффективного инструмента для достижения данной цели предлагается использование метода ранжирования отдельных индикаторов на основе экспертных оценок. Данный подход требует детального анализа.

Репрезентативность данных, полученных в результате опроса экспертов с целью определения рангов отдельных индикаторов, коррелирует с профессиональной квалификацией и численностью участников. Важно, чтобы состав экспертной группы был разнообразным и не ограничивался

представителями одной дисциплины, что позволяет избежать односторонности оценок. Актуальность коллективной оценки пропорциональна количеству экспертов: сокращение численности участников приводит к повышению влияния индивидуальных мнений на общий результат, что может снизить объективность оценки. В то же время, увеличение числа экспертов усложняет процесс формирования единой точки зрения, поскольку снижает вес индивидуальных суждений, не совпадающих с преобладающим мнением, однако не обязательно ошибочных [39].

Определить оптимальный размер экспертной группы сложно, но по нашим оценкам, она должна включать минимум семь специалистов. При опросе экспертов следует учитывать, что каждый эксперт (m) ранжирует (n) агрономических показателей по их важности, присваивая им ранги t_{mn} .

Он ставит на первое место самый значимый показатель (t_1), а на последнее — наименее значимый (t_n). Номер места отражает ранг. Каждый эксперт может добавлять дополнительные показатели, влияющие на агротехническое свойство [78].

Для анализа оценок экспертов и выявления согласованности их мнений используется коэффициент конкордации W по формуле Кендалла:

$$W = \frac{12R}{m^2(n^3 - n)} \quad (3.13)$$

Коэффициент ранговой корреляции представляет собой статистический показатель, который меняет степень согласованности рангов среди группы экспертов. Данный коэффициент принимает значения в диапазоне от 0, что свидетельствует об отсутствии корреляции между присвоенными рангами, до 1, что указывает на полное совпадение мнений экспертов [53]. Для вычисления данного коэффициента необходимо провести суммирование рангов, присвоенных отдельными экспертами по каждому из исследуемых показателей.

Данные для расчета коэффициента конкордации W представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Таблица ранговых оценок

Эксперты	Показатели					
m_1	n_1	n_2	n_3	n_4	...	n
m_2	t_{m1n1}	t_{m1n2}	t_{m1n3}	t_{m1n4}	t_{m1n5}	t_{m1n}
m_3	t_{m2n1}	t_{m2n2}	t_{m2n3}	t_{m2n4}	t_{m2n5}	t_{m2n}
m_4	t_{m3n1}	t_{m3n2}	t_{m3n3}	t_{m3n4}	t_{m3n5}	t_{m3n}
...	t_{m4n1}	t_{m4n2}	t_{m4n3}	t_{m4n4}	t_{m4n5}	t_{m4n}
m	t_{m5n1}	t_{m5n2}	t_{m5n3}	t_{m5n4}	t_{m5n5}	t_{m5n}
Сумма рангов Σt	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_n
Отклонение от средней суммы рангов	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_n
Квадрат отклонений	Δ_1^2	Δ_2^2	Δ_3^2	Δ_4^2	Δ_5^2	Δ_n^2
Сумма квадратов отклонений	R					
Итоговый ранг	t_k	t_k	t_k	t_k	t_k	t_k

Наивысший (первый) ранг t_{k1} по результатам опроса экспертов присваивают показателю, получившему наименьшую сумму рангов T_1 и наоборот, показателю, получившему наибольшую сумму рангов T_n присваивают самый низкий ранг t_{kn} (см. табл.3.8). Остальные объекты упорядочивают в соответствии со значением суммы рангов относительно

объекта, которому присвоен первый ранг [36].

В соответствии с ГОСТ 15467—79 «Управление качеством продукции» комплексный показатель безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов (Б) может быть выражен суммой произведений коэффициентов весомости S_i единичного показателя безопасности на относительные значения этих же единичных показателей γ_i :

$$B = S_{\gamma_{\text{размер}}} \cdot \gamma_{\text{размер}} + S_{\gamma_{\text{доступ}}} \cdot \gamma_{\text{доступ}} + S_{\gamma_{\text{управ}}} \cdot \gamma_{\text{управ}} + S_{\gamma_{\text{обз}}} \cdot \gamma_{\text{обз}} + S_{\gamma_{\text{МК}}} \cdot \gamma_{\text{МК}} + S_{\gamma_{\text{Г}}} \cdot \gamma_{\text{Г}} + S_{\gamma_{\text{ш}}} \cdot \gamma_{\text{ш}} + S_{\gamma_{\text{В}}} \cdot \gamma_{\text{В}} \quad (3.21)$$

где - $S_{\gamma_{\text{размер}}}, S_{\gamma_{\text{доступ}}}, S_{\gamma_{\text{управ}}}, S_{\gamma_{\text{обз}}}, S_{\gamma_{\text{МК}}}, S_{\gamma_{\text{Г}}}, S_{\gamma_{\text{ш}}}, S_{\gamma_{\text{В}}}$ - коэффициенты весомости единичных показателей безопасности [37].

Коэффициенты, весомости единичных показателей рассчитывают по выражению

$$S_i = \frac{1 - \frac{t_k - 1}{n}}{\sum_{i=1}^n (1 - \frac{t_k - 1}{n})} \quad (3.22)$$

где t_k — итоговый ранг единичного показателя;

n — общее количество единичных показателей.

Точность и надежность ранжирования зависят от количества показателей. Чем меньше показателей рассматривает эксперт, тем яснее они выделяются из-за их большего веса, что позволяет надежнее определить ранг. Оптимально для ранжирования использовать не более 20 показателей, а для наибольшей надежности — менее 10.

Натуральные значения единичных показателей безопасности ($\gamma_{\text{ш}}, \gamma_{\text{обз}}, \gamma_{\text{В}}, \gamma_{\text{Г}}, \gamma_{\text{МК}}, \gamma_{\text{разм}}, \gamma_{\text{доступ}}, \gamma_{\text{управ}}$) имеют разную размерность. Поэтому их следует привести к относительной (безразмерной) форме.

Сумма коэффициентов, весомости единичных показателей равна 1.

Тогда итоговая формула для определения показателя безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов будет выглядеть:

$$B = S_{\text{размер}} \cdot \frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} + S_{\text{доступ}} \cdot \frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} + S_{\text{управ}} \cdot \frac{\gamma_{\text{управ}}}{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}} + S_{\text{обз}} \cdot \frac{\gamma_{\text{обз}}}{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}} + S_{\text{МК}} \cdot \frac{\gamma_{\text{МК}}}{\gamma_{\text{МК ГОСТ}}} + S_{\text{Г}} \cdot \frac{\gamma_{\text{Г}}}{\gamma_{\text{Г ГОСТ}}} + S_{\text{ш}} \cdot \frac{\gamma_{\text{ш}}}{\gamma_{\text{ш ГОСТ}}} + S_{\text{В}} \cdot \frac{\gamma_{\text{В}}}{\gamma_{\text{В ГОСТ}}} \quad (3.23)$$

3.3 Методика расчета показателя автоматизации

Кроме того, метод оценки технологических характеристик сельскохозяйственных тракторов, предложенный Г.М. Кутьковым, не включает в себя степень автоматизации трактора.

Поэтому, вместе с разработкой методики оценки безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов по условиям труда для определения комплексного показателя безопасности аналогичным образом мы разработаем методику оценки степени автоматизации трактора для определения комплексного показателя автоматизации [33].

Для решения нашей задачи мы вводим комплексный показатель автоматизации Pa , определив который, мы сможем оценить, на основе сравнения, степень автоматизации тракторов разных моделей и различных производителей [84].

В качестве единичных показателей автоматизации трактора, принимаем показатели автоматизации ДВС $\beta_{ДВС}$, [70]. показатель автоматизации КПП $\beta_{КПП}$, показатель автоматического подключения переднего моста $\beta_{АПМ}$, показатель автоматизации гидросистемы навески $\beta_{АГН}$, показатель автоматизации управления трактором $\beta_{АУ}$, показатель наличия гибридной силовой установки $\beta_{ТИБ}$, показатель наличия электромотора колеса $\beta_{ЭМК}$.

$$Pa = f(\beta_{ДВС} \beta_{КПП} \beta_{АПМ} \beta_{АГН} \beta_{АУ} \beta_{ТИБ} \beta_{ЭМК}) \quad (3.24)$$

В комплексном показателе автоматизации Pa отдельные показатели не имеют аналитической или эмпирической связи ни между собой, ни с самим показателем Pa , подобно показателю безопасности. Для выявления такой зависимости мы применим метод ранжирования показателей через опрос экспертов.

Согласно стандарту ГОСТ 15467—79 «Управление качеством продукции» [34], интегральный показатель автоматизации сельскохозяйственных тракторов (Pa) можно представить как сумму произведений весовых коэффициентов S_i для каждого отдельного показателя автоматизации на их относительные значения β_i :

$$Pa = S_{\beta_{ДВС}} \cdot \beta_{ДВС} + S_{\beta_{КПП}} \cdot \beta_{КПП} + S_{\beta_{АПМ}} \cdot \beta_{АПМ} + S_{\beta_{АГН}} \cdot \beta_{АГН} + S_{\beta_{АУ}} \cdot$$

$$\beta_{\text{АУ}} + S_{\beta_{\text{ГНБ}}} \cdot \beta_{\text{ГНБ}} + S_{\beta_{\text{ЭМК}}} \cdot \beta_{\text{ЭМК}} \quad (3.25)$$

где $S_{\beta_{\text{ДВС}}}, S_{\beta_{\text{КПП}}}, S_{\beta_{\text{АПМ}}}, S_{\beta_{\text{АГН}}}, S_{\beta_{\text{АУ}}}, S_{\beta_{\text{ГНБ}}}, S_{\beta_{\text{ЭМК}}}$ - коэффициенты весомости единичных показателей автоматизации.

Натуральные значения единичных показателей автоматизации ($\beta_{\text{ДВС}}, \beta_{\text{КПП}}, \beta_{\text{АПМ}}, \beta_{\text{АГН}}, \beta_{\text{АУ}}, \beta_{\text{ГНБ}}, \beta_{\text{ЭМК}}$) имеют разную размерность. Поэтому их так же следует привести к относительной (безразмерной) форме.

Сумма коэффициентов, весомости единичных показателей равна 1.

Тогда итоговая формула для определения показателя автоматизации сельскохозяйственных тракторов будет выглядеть:

$$\begin{aligned} \text{Па} = & S_{\text{ДВС}} \cdot \frac{\beta_{\text{ДВС}}}{\beta_{\text{ДВС max}}} + S_{\text{КПП}} \cdot \frac{\beta_{\text{КПП}}}{\beta_{\text{КПП max}}} + S_{\text{АПМ}} \cdot \frac{\beta_{\text{АПМ}}}{\beta_{\text{АПМ max}}} + S_{\text{АГН}} \cdot \frac{\beta_{\text{АГН}}}{\beta_{\text{АГН max}}} + S_{\text{АУ}} \cdot \\ & \frac{\beta_{\text{АУ}}}{\beta_{\text{АУ max}}} + S_{\text{ГНБ}} \cdot \frac{\beta_{\text{ГНБ}}}{\beta_{\text{ГНБ max}}} + S_{\text{ЭМК}} \cdot \frac{\beta_{\text{ЭМК}}}{\beta_{\text{ЭМК max}}} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Выводы по главе 3

1. Разработана методика и программа опросов экспертов для получения достоверных данных, необходимых для определения весомости показателей безопасности и автоматизации.
2. Разработана методика оценки комплексного показателя безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов, основанная на весовых коэффициентах отдельных показателей безопасности.
3. В рамках научного исследования была разработана методика для количественной оценки уровня автоматизации сельскохозяйственных тракторов. Данная методика предполагает использование весовых коэффициентов для каждого отдельного параметра автоматизации, что позволяет сформировать комплексный индекс автоматизации. Этот индекс отражает степень интеграции автоматизированных систем в структуру тракторной техники и может быть использован для сравнительного анализа эффективности различных моделей тракторов

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ: БЕЗОПАСНОСТЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

В данной главе произведен расчет показателей безопасности конкретных моделей тракторов. Для оценки безопасности кабин трактором нами были отобраны 9 единиц тракторов 4 класса разных производителей, наиболее распространенных в сельскохозяйственном производстве: Case IH Puma 175 CVX, Claas Arion 650 Cmatic, Deutz-Fahr 7250 TTV, Fendt 720 Vario, John Deere 6175R AP, McCormick X7.670 VT-Drive, Massey Ferguson 7720 Dyna V, New Holland T7 230 AC, Valtra T214 Direct. Также был проведен расчет для следующих универсально-пропашных тракторов: МТЗ 80, МТЗ 82.1, Агромаш 8.5 ТК, Т25, Агромаш ВТЗ 2032, Kubota B2441, Kubota MU 5502.

4.1 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости показателя безопасности

Был проведен опрос экспертов для определения рангов рассматриваемых единичных показателей безопасности. В опросе принимали участие 20 экспертов (механизаторы, представители научной сферы (преподаватели кафедры тракторы и автомобили РГАУ-МСХА)).

Экспертам было предложено проранжировать единичные показатели безопасности по степени значимости.

Таблица 4.1. Единичные показатели безопасности

n1	Размер и конструкция кабин
n2	Удобство и безопасность доступа и размещения тракториста на рабочем месте
n3	Удобство пользования органами управления и приборами
n4	Обзорность и освещенность
n5	Микроклимат в кабине
n6	Запыленность и загазованность воздуха в кабине
n7	Шум на рабочем месте тракториста
n8	Вибрация в кабине

Показатели ранжируются по сумме рангов по итогам опроса. Первый ранг занимает показатель с наименьшей суммой рангов и далее по увеличению суммы распределяются остальные места.

Далее по формуле 3.11 находим коэффициенты весомости каждого единичного показателя:

$$S_{n1} = \frac{\left(1 - \frac{8-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,028 \quad (4.1)$$

$$S_{n2} = \frac{\left(1 - \frac{6-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,083 \quad (4.2)$$

$$S_{n3} = \frac{\left(1 - \frac{5-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,111 \quad (4.3)$$

$$S_{n4} = \frac{\left(1 - \frac{3-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,167 \quad (4.4)$$

$$S_{n5} = \frac{\left(1 - \frac{7-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,056 \quad (4.5)$$

$$S_{n6} = \frac{\left(1 - \frac{2-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,194 \quad (4.6)$$

$$S_{n7} = \frac{\left(1 - \frac{4-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,139 \quad (4.7)$$

$$S_{n8} = \frac{\left(1 - \frac{1-1}{8}\right)}{\frac{\sum_1^n \left(1 - \frac{8-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{6-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{5-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{3-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{7-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{2-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{4-1}{8}\right) + \left(1 - \frac{1-1}{8}\right)} = 0,222 \quad (4.8)$$

Проверка: $\sum S_i = 1$,

$$\begin{aligned} \sum S &= 0,028 + 0,083 + 0,111 + 0,167 + 0,056 + 0,194 + 0,139 + 0,222 \\ &= 1 \quad (4.9) \end{aligned}$$

Данные, полученные в результате опроса экспертов и последующих расчетов сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2. Таблица ранговых оценок по итогам проведения опроса экспертов.

Эксперты	Показатели							
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8
m1	8	7	5	3	4	2	6	1
m2	7	8	5	6	4	3	2	1
m3	3	1	2	5	8	4	7	6
m4	2	1	3	6	8	7	4	5
m5	3	1	2	5	7	4	8	6
m6	3	6	4	1	5	2	7	8
m7	8	5	6	3	2	7	1	4
m8	7	6	8	3	4	2	5	1
m9	8	7	4	5	1	6	2	3
m10	8	7	5	3	4	2	6	1
m11	7	6	8	3	4	2	5	1
m12	7	8	5	6	4	3	2	1
m13	3	6	4	1	5	2	7	8
m14	2	1	3	6	8	7	4	5
m15	7	6	8	3	4	2	5	1
m16	5	4	3	6	7	8	2	1
m17	8	7	5	3	6	1	4	2
m18	8	2	3	4	6	5	1	7

m19	8	1	5	6	7	3	4	2
m20	7	5	4	2	8	1	6	3
Сумма рангов	119	95	92	80	106	73	88	67
Отклонения от средней суммы рангов	29	5	2	10	16	17	2	23
Квадрат отклонений	841	25	4	100	256	289	4	529
Сумма квадратов отклонений	2048							
Ранг	8	6	5	3	7	2	4	1
Коэффициент весомости	0,028	0,083	0,111	0,167	0,056	0,194	0,139	0,222
Наивысший (первый) ранг присваивают показателю, получившему наименьшую сумму рангов; и наоборот, показателю, получившему наибольшую сумму рангов, присваивают самый низкий ранг.								

Таким образом, после проведения опроса экспертов, мы определили ранги рассматриваемых единичных показателей безопасности и коэффициенты весомости этих показателей.

Далее определим численные значения приведенных единичных показателей безопасности по каждой рассматриваемой модели трактора.

4.2 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости показателя автоматизации

Также был проведен опрос экспертов для определения рангов рассматриваемых единичных показателей автоматизации, данные которого занесены в таблицу 4.5.

Показатели ранжируются по сумме рангов по итогам опроса. Первый ранг занимает показатель с наименьшей суммой рангов и далее по увеличению суммы распределяются остальные места.

Таблица 4.5 – Единичные показатели автоматизации

n1	Система автоматизации ДВС
n2	Автоматическая коробка переменных передач (АКПП)
n3	Автоматическое подключение переднего моста
n4	Автоматическое управление механизмом навески трактора
n5	Система автоматического управления трактора (подруливающее устройство, система курсоуказателей)
n6	Гибридная силовая установка
n7	Электро-мотор колеса

Далее по формуле 3.11 находим коэффициенты весомости каждого единичного показателя:

$$S_{n1} = \frac{(1 - \frac{1-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,25$$

$$S_{n2} = \frac{(1 - \frac{2-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,21$$

$$S_{n3} = \frac{(1 - \frac{5-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,1$$

$$S_{n4} = \frac{(1 - \frac{4-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,14$$

$$S_{n5} = \frac{(1 - \frac{3-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,18$$

$$S_{n6} = \frac{(1 - \frac{7-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,05$$

$$S_{n7} = \frac{(1 - \frac{6-1}{7})}{\sum_1^n (1 - \frac{1-1}{7}) + (1 - \frac{2-1}{7}) + (1 - \frac{5-1}{7}) + (1 - \frac{4-1}{7}) + (1 - \frac{3-1}{7}) + (1 - \frac{7-1}{7}) + (1 - \frac{6-1}{7})} = 0,07$$

Проверка: $\sum S_i = 1$,

$$\sum S = 0,25 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,18 + 0,05 + 0,07 = 1$$

Данные, полученные в результате опроса экспертов и последующих расчетов сведем в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Таблица ранговых оценок по итогам проведения опроса экспертов

Эксперты	Показатели						
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7
m1	6	1	3	4	2	7	5
m2	4	3	6	7	1	5	2
m3	7	5	3	4	2	1	6
m4	6	3	2	5	7	1	4
m5	1	4	3	6	2	5	7
m6	3	1	4	7	5	6	2
m7	7	2	3	4	5	1	6
m8	6	1	5	4	2	7	3
m9	7	4	5	1	6	3	2
m10	2	5	3	4	1	7	6
m11	6	1	3	5	2	4	7
m12	2	7	6	5	4	3	1
m13	6	4	1	5	2	3	7
m14	4	3	7	1	5	6	2
m15	6	1	5	4	2	7	3
m16	2	5	1	6	7	4	4
m17	5	7	6	1	3	2	4
m18	2	3	1	7	5	4	6
m19	2	5	6	3	7	1	4
m20	6	7	1	4	2	3	5
Сумма рангов	90	71	74	87	72	80	86
Отклонения от средней суммы рангов	10	9	6	7	8	0	4
Квадрат отклонений	100	81	36	49	64	0	16
Сумма квадратов отклонений	346						
Ранг	1	2	5	4	3	7	6
Коэффициент весомости	0,25	0,21	0,1	0,14	0,18	0,05	0,07
Наивысший (первый) ранг присваивают показателю, получившему наименьшую сумму рангов; и наоборот, показателю, получившему наибольшую сумму рангов, присваивают самый низкий ранг.							

Таким образом, после проведения опроса экспертов, мы определили ранги рассматриваемых единичных показателей автоматизации и коэффициенты весомости этих показателей.

4.4 Определение рангов единичных показателей и коэффициентов значимости технологического уровня МЭС

Экспертов попросили дать ранговую оценку единичных показателей технологического уровня МЭС, приведенных в таблице в таблицу 4.7

Таблица 4.7 Единичные показатели технологического уровня МЭС

n1	Ут – показатель технологической универсальности
n2	Ат – показатель агротехнических свойств
n3	Wп – показатель производительности
n4	Б - показатель безопасности
n5	Па – показатель автоматизации
n6	Сп – показатель стоимости технологического процесса

Показатели ранжируются по сумме рангов по итогам опроса. Первый ранг занимает показатель с наименьшей суммой рангов и далее по увеличению суммы распределяются остальные места.

Далее по формуле 3.11 находим коэффициенты весомости каждого единичного показателя:

$$S_{n1} = \frac{(1 - \frac{3-1}{6})}{\sum_1^n (1 - \frac{3-1}{6}) + (1 - \frac{1-1}{6}) + (1 - \frac{6-1}{6}) + (1 - \frac{4-1}{6}) + (1 - \frac{2-1}{6}) + (1 - \frac{5-1}{6})} = 0,19$$

$$S_{n2} = \frac{(1 - \frac{1-1}{6})}{\sum_1^n (1 - \frac{3-1}{6}) + (1 - \frac{1-1}{6}) + (1 - \frac{6-1}{6}) + (1 - \frac{4-1}{6}) + (1 - \frac{2-1}{6}) + (1 - \frac{5-1}{6})} = 0,29$$

$$S_{n3} = \frac{(1 - \frac{6-1}{6})}{\sum_1^n (1 - \frac{3-1}{6}) + (1 - \frac{1-1}{6}) + (1 - \frac{6-1}{6}) + (1 - \frac{4-1}{6}) + (1 - \frac{2-1}{6}) + (1 - \frac{5-1}{6})} = 0,04$$

$$S_{n4} = \frac{(1 - \frac{4-1}{6})}{\sum_1^n (1 - \frac{3-1}{6}) + (1 - \frac{1-1}{6}) + (1 - \frac{6-1}{6}) + (1 - \frac{4-1}{6}) + (1 - \frac{2-1}{6}) + (1 - \frac{5-1}{6})} = 0,14$$

$$S_{n5} = \frac{(1 - \frac{2-1}{6})}{\sum_1^n (1 - \frac{3-1}{6}) + (1 - \frac{1-1}{6}) + (1 - \frac{6-1}{6}) + (1 - \frac{4-1}{6}) + (1 - \frac{2-1}{6}) + (1 - \frac{5-1}{6})} = 0,23$$

$$S_{n6} = \frac{(1-\frac{5-1}{6})}{\sum_1^n (1-\frac{3-1}{6}) + (1-\frac{1-1}{6}) + (1-\frac{6-1}{6}) + (1-\frac{4-1}{6}) + (1-\frac{2-1}{6}) + (1-\frac{5-1}{6})} = 0,09$$

Проверка: $\sum S_i = 1$,

$$\sum S = 0,19 + 0,29 + 0,04 + 0,14 + 0,23 + 0,11 = 1$$

Данные, полученные в результате опроса экспертов и последующих расчетов, сведем в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 Таблица ранговых оценок по итогам проведения опроса экспертов

Эксперты	Показатели					
	n1	n2	n3	n4	n5	n6
m1	5	6	1	3	4	2
m2	5	4	3	6	2	1
m3	1	6	5	3	4	2
m4	1	6	3	2	5	4
m5	5	1	4	3	6	2
m6	6	3	1	4	2	5
m7	1	6	2	3	4	5
m8	7	6	1	5	4	2
m9	3	2	4	5	1	6
m10	7	2	5	3	4	1
m11	4	6	1	3	5	2
m12	3	2	1	6	5	4
m13	3	6	4	1	5	2
m14	6	4	3	2	1	5
m15	3	6	1	5	4	2
m16	4	2	5	1	6	3
m17	2	5	4	6	1	3
m18	4	2	3	1	6	5
m19	1	2	5	6	3	4
m20	3	6	5	1	4	2
Сумма рангов	74	83	60	69	76	64

Отклонения от средней суммы рангов	3	12	11	2	5	7
Квадрат отклонений	9	144	121	4	25	49
Сумма квадратов отклонений	352					
Ранг	3	1	6	4	2	5
Коэффициент весомости	0,19	0,29	0,04	0,14	0,23	0,11
Наивысший (первый) ранг присваивают показателю, получившему наименьшую сумму рангов; и наоборот, показателю, получившему наибольшую сумму рангов, присваивают самый низкий ранг.						

Таким образом, после проведения опроса экспертов, мы определили ранги рассматриваемых единичных показателей технологического уровня МЭС и коэффициенты весомости этих показателей.

4.5 Определение рангов единичных показателей технологического уровня трактора

Экспертов попросили дать ранговую оценку единичных показателей технологического уровня трактора, приведенных в таблице в таблицу 4.9

Таблица 4.9 Единичные показатели технологического уровня трактора

n1	a _a – показатель агротехнических свойств
n2	a _п – показатель на пахоте
n3	a _{м.о.} – показатель работы на междурядье
n4	a _{тр} – показатель транспортных работ

Показатели ранжируются по сумме рангов по итогам опроса. Первый ранг занимает показатель с наименьшей суммой рангов и далее по увеличению суммы распределяются остальные места.

Далее по формуле 3.11 находим коэффициенты весомости каждого единичного показателя:

$$S_{n1} = \frac{(1 - \frac{2-1}{4})}{\sum_1^n (1 - \frac{2-1}{4}) + (1 - \frac{3-1}{4}) + (1 - \frac{1-1}{4}) + (1 - \frac{4-1}{4})} = 0,3$$

$$S_{n2} = \frac{(1 - \frac{3-1}{4})}{\sum_1^n (1 - \frac{2-1}{4}) + (1 - \frac{3-1}{4}) + (1 - \frac{1-1}{4}) + (1 - \frac{4-1}{4})} = 0,2$$

$$S_{n3} = \frac{(1 - \frac{1-1}{4})}{\sum_1^n (1 - \frac{2-1}{4}) + (1 - \frac{3-1}{4}) + (1 - \frac{1-1}{4}) + (1 - \frac{4-1}{4})} = 0,4$$

$$S_{n3} = \frac{(1 - \frac{4-1}{4})}{\sum_1^n (1 - \frac{2-1}{4}) + (1 - \frac{3-1}{4}) + (1 - \frac{1-1}{4}) + (1 - \frac{4-1}{4})} = 0,1$$

Проверка: $\sum S_i = 1$,

$$\sum S = 0,3 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 1$$

Данные, полученные в результате опроса экспертов и последующих расчетов, сведем в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 Таблица ранговых оценок по итогам проведения опроса экспертов

Эксперты	Показатели			
	n1	n2	n3	n4
m1	2	3	4	1
m2	1	3	2	4
m3	2	3	4	1
m4	4	2	3	1
m5	2	3	4	1
m6	1	4	2	3
m7	1	3	4	2
m8	2	1	4	3
m9	3	4	1	2
m10	1	3	4	2
m11	2	3	1	4
m12	4	1	3	2
m13	2	1	4	3
m14	3	2	1	4

m15	2	4	1	3
m16	3	1	4	2
m17	3	4	1	2
m18	4	1	3	2
m19	1	3	4	2
m20	2	1	4	3
Сумма рангов	55	50	56	47
Отклонения от средней суммы рангов	3	2	4	5
Квадрат отклонений	9	4	16	25
Сумма квадратов отклонений	54			
Ранг	2	3	1	4
Коэффициент весомости	0,3	0,2	0,4	0,1
Наивысший (первый) ранг присваивают показателю, получившему наименьшую сумму рангов; и наоборот, показателю, получившему наибольшую сумму рангов, присваивают самый низкий ранг.				

Таким образом, после проведения опроса экспертов, мы определили ранги рассматриваемых единичных показателей технологического уровня трактора и коэффициенты весомости этих показателей.

4.2. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности

4.2.1 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Case IH Puma 175 CVX

1. Размер и конструкция кабины

Данный параметр включает в себя несколько единичных параметров:

- 1.1. Расстояние от КТС до боковых стен, мм (минимальное)
- 1.2. Расстояние от КТС до потолка, мм (минимальное)
- 1.3. Ширина кабины, мм

Таким образом, величина приведенного параметра размера и конструкции кабин тракторов определяется по формуле:

$$\frac{Y_{\text{размер}}}{Y_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{600}{450} + \frac{860}{960} + \frac{1560}{1400} = 3,34 \quad (4.10)$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

2.1. Габариты дверного проема

2.1.1. Высота, мм (минимальная)

2.1.2. Ширина в верхней части, мм (минимальная)

2.1.3. Ширина в средней части, мм (минимальная)

2.1.4. Ширина в нижней части, мм (минимальная)

2.1.5. Высота дверной ручки, мм (максимальная)

2.2. Габариты лестницы

2.2.1. Ширина ступеней, мм (минимальная)

2.2.2. Высота м/у ступенями, мм (минимальная)

2.3. Ширина сиденья, мм (минимальная)

$$\frac{Y_{\text{доступ}}}{Y_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1360}{1250} + \frac{900}{450} + \frac{420}{450} + \frac{300}{250} + \frac{1830}{1660} + \frac{300}{300} + \frac{180}{120} + \frac{580}{450} + \frac{1490}{1360} = 11,21 \quad (4.11)$$

3. Удобство пользования органами управления

3.1. Расстояние от колена до педалей тормоза, мм (максимальное)

3.2. Расстояние от колена до педали газа, мм (максимальное)

$$\frac{Y_{\text{управГОСТ}}}{Y_{\text{управ}}} = \frac{625}{540} + \frac{700}{485} = 2,6 \quad (4.12)$$

4. Обзорность

4.1. Ширина невидимой площадки, образуемой конструктивными элементами, мм.

$$\frac{Y_{\text{обзГОСТ}}}{Y_{\text{обз}}} = \frac{700}{630} + \frac{1200}{1000} + \frac{1200}{1000} = 3,51 \quad (4.13)$$

5. Микроклимат

5.1. Температура в кабине при работающем кондиционере, °C (максимальная)

5.2. Влажность воздуха в кабине, % (максимальная)

5.3. Скорость воздуха, м/с (максимальная)

$$\frac{Y_{\text{мкГОСТ}}}{Y_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{60} + \frac{1,5}{0,2} = 9,6 \quad (4.14)$$

6. Запыленность и загазованность

6.1. Концентрация окиси углерода, мг/м³ (максимальная)

6.2. Концентрация пыли в кабине в зависимости от двуокиси кремния, мг/м³ (максимальная)

$$\frac{\gamma_{\text{ГГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{11} + \frac{10}{8} = 3,06 \quad (4.15)$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{74} = 1,21 \quad (4.16)$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{90} = 1,28 \quad (4.17)$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Case IH Puma 175 CVX.

$$B_{\text{Case IH}} = 0,028 * 3,34 + 0,083 * 11,21 + 0,111 * 2,6 + 0,167 * 3,51 + 0,056 * 9,6 + 0,194 * 3,06 + 0,139 * 1,21 + 0,222 * 1,28 = 3,48 \quad (4.18)$$

4.2.1.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Case IH Puma 175 CVX

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07 \quad (4.19)$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

2.1 $\beta_{\text{ДВС}} = 0,8$ (например, система автоматического управления двигателем)

2.2 $\beta_{\text{КПП}} = 0,6$ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)

2.3 $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75$ (например, автоматическое подключение переднего моста)

2.4 $\beta_{\text{АГН}} = 1$ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)

2.5 $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$ (например, система интеллектуального управления трактором)

2.6 $\beta_{\text{ГИБ}} = 0$ (например, отсутствие гибридной силовой установки)

2.7 $\beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (например, отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1} \quad (4.20)$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Case IH Puma 175 CVX равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

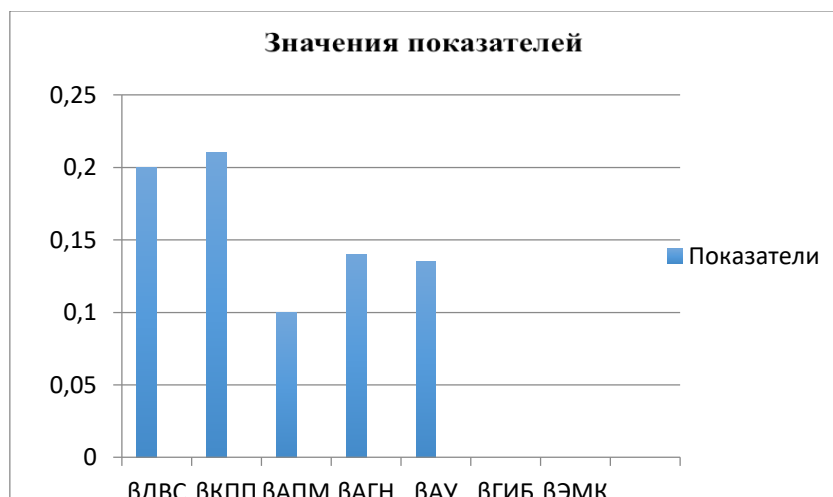


Рисунок 4.1. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Case IH Puma 175 CVX

4.2.2 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Claas Arion 650 Cmatic

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{810}{450} + \frac{970}{960} + \frac{1620}{1400} = 3,97$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1440}{1250} + \frac{630}{450} + \frac{420}{450} + \frac{300}{250} + \frac{1930}{1660} + \frac{370}{300} + \frac{290}{120} + \frac{600}{450} + \frac{1400}{1360} = 11,86$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{555} + \frac{700}{535} = 2,43$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{600} + \frac{1200}{900} + \frac{1200}{900} = 3,83$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{67} + \frac{1,5}{1,3} = 3,15$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{9} + \frac{10}{12} = 3,06$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72,5} = 1,24$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{109} = 1,06$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Claas Arion 650 Cmatic.

$$B_{\text{Claas Arion}} = 0,028 * 3,97 + 0,083 * 11,68 + 0,111 * 2,43 + 0,167 * 3,83 + 0,056 * 3,15 + 0,194 * 3,06 + 0,139 * 1,24 + 0,222 * 1,06 = 3,18$$

4.2.2.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Claas Arion 650 Cmatic

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05;$$

$$S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (например, отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Claas Arion 650 Cmatic равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

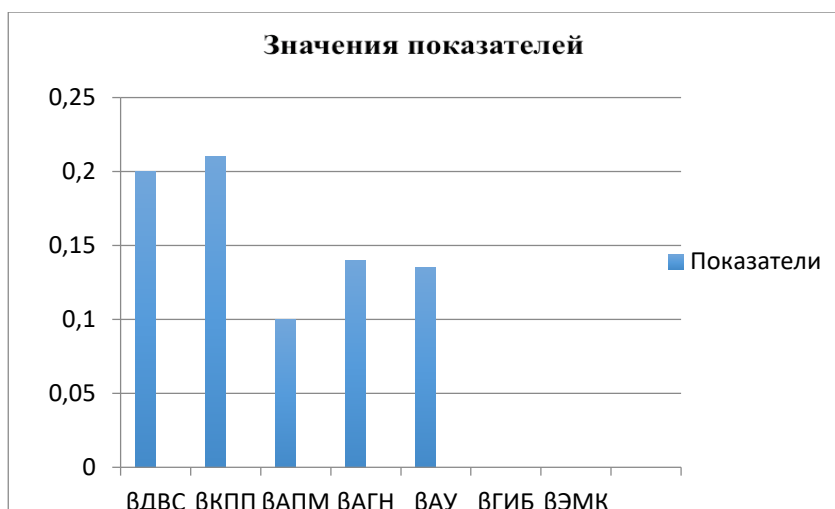


Рисунок 4.2. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Claas Arion 650 Cmatic

4.2.3. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Deutz-Fahr 7250 TTV

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{900}{450} + \frac{870}{960} + \frac{1100}{1400} = 3,69$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1430}{1250} + \frac{700}{450} + \frac{590}{450} + \frac{340}{250} + \frac{1940}{1660} + \frac{320}{300} + \frac{250}{120} + \frac{290}{450} + \frac{1530}{1360} = 12,13$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{550} + \frac{700}{510} = 2,51$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{580} + \frac{1200}{1200} + \frac{1200}{1200} = 3,21$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{33} + \frac{60}{30} + \frac{1,5}{0,9} = 4,52$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{10} + \frac{10}{7} = 3,43$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{77} = 1,16$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{98} = 1,17$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Deutz-Fahr 7250 TTV

$$B_{\text{Deutz-Fahr}} = 0,028 * 3,69 + 0,083 * 12,13 + 0,111 * 2,51 + 0,167 * 3,21 + 0,056 * 4,52 + 0,194 * 3,43 + 0,139 * 1,17 + 0,222 * 1,17 = 3,27$$

4.2.3.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Deutz-Fahr 7250 TTV

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

2.3 $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75$ (автоматическое подключение переднего моста)

2.4 $\beta_{\text{АГН}} = 1$ (автоматическое управление гидросистемой навески)

2.5 $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$ (система интеллектуального управления трактором)

2.6 $\beta_{\text{ГИБ}} = 0$ (присутствие гибридной силовой установки)

2.7 $\beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$\Pi_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$\Pi_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Deutz-Fahr 7250 TTV равен 0,885. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

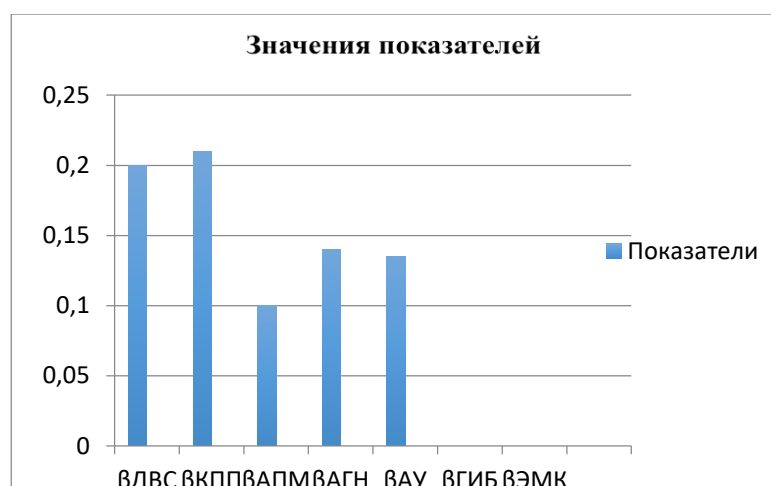


Рисунок 4.3. Коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Deutz-Fahr 7250 TTV.

4.2.4. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Fendt 720 Vario

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{500}{450} + \frac{940}{960} + \frac{1580}{1400} = 3,22$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1400}{1250} + \frac{760}{450} + \frac{470}{450} + \frac{340}{250} + \frac{1880}{1660} + \frac{400}{300} + \frac{300}{120} + \frac{500}{450} + \frac{1440}{1360} = 12,35$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{550} + \frac{700}{560} = 2,39$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{680} + \frac{1200}{900} + \frac{1200}{900} = 3,7$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{26} + \frac{60}{47} + \frac{1,5}{1} = 3,85$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{11} + \frac{10}{6} = 3,48$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72} = 1,25$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{110} = 1,05$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Fendt 720 Vario.

$$B_{\text{Fendt 720 Vario}} = 0,028 * 3,21 + 0,083 * 12,35 + 0,111 * 2,39 + 0,167 * 3,7 + 0,056 * 3,85 + 0,194 * 3,48 + 0,139 * 1,25 + 0,222 * 1,05 = 3,3$$

4.2.4.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Fendt 720 Vario.

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05;$$

$$S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

2.1 $\beta_{\text{ДВС}} = 0,8$ (например, система автоматического управления двигателем)

2.2 $\beta_{\text{КПП}} = 0,6$ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)

2.3 $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75$ (например, автоматическое подключение переднего моста)

2.4 $\beta_{\text{АГН}} = 1$ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)

2.5 $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$ (например, система интеллектуального управления трактором)

2.6 $\beta_{\text{ГИБ}} = 0$ (например, отсутствие гибридной силовой установки)

2.7 $\beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (например, отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Fendt 720 Vario 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.



Рисунок 4.4. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Fendt 720 Vario

4.2.5. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора John Deere 6175R AP

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{775}{450} + \frac{960}{960} + \frac{1550}{1400} = 3,83$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\begin{aligned} \frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} &= \frac{1400}{1250} + \frac{1100}{450} + \frac{570}{450} + \frac{330}{250} + \frac{1930}{1660} + \frac{370}{300} + \frac{290}{120} + \frac{600}{450} + \frac{1550}{1360} \\ &= 13,0 \end{aligned}$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{530} + \frac{700}{500} = 2,57$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{600} + \frac{1200}{700} + \frac{1200}{700} = 4,59$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{32} + \frac{60}{69} + \frac{1,5}{2} = 2,49$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{г ГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{15} + \frac{10}{8} = 2,58$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{ш ГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72} = 1,25$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{в ГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{80} = 1,43$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора John Deere 6175R AP.

$$B_{\text{John Deere}} = 0,028 * 3,82 + 0,083 * 13,0 + 0,111 * 2,57 + 0,167 * 4,59 +$$

$$0,056 * 2,49 + 0,194 * 2,58 + 0,139 * 1,25 + 0,222 * 1,43 = 3,38$$

4.2.5.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора John Deere 6175R AP.

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{ДВС} = 0,25; S_{КПП} = 0,21; S_{АПМ} = 0,1; S_{АГН} = 0,14; S_{АУ} = 0,18; S_{ГИБ} = 0,05; S_{ЭМК} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{ДВС} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{КПП} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{АПМ} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{АГН} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{АУ} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{ГИБ} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{ЭМК} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Па) для трактора марки John Deere 6175R AP равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

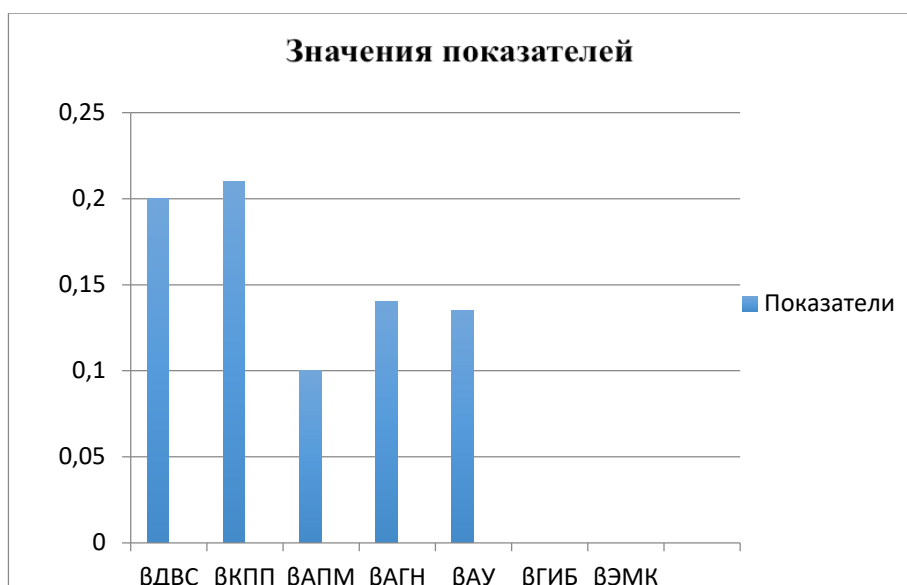


Рисунок 4.5. Коэффициент автоматизации (Па) для трактора марки John Deere 6175R AP

4.2.6. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора McCormick X7.670 VT-Drive

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{650}{450} + \frac{830}{960} + \frac{1620}{1400} = 3,46$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\begin{aligned} \frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} &= \frac{1340}{1250} + \frac{1100}{450} + \frac{610}{450} + \frac{320}{250} + \frac{1920}{1660} + \frac{310}{300} + \frac{270}{120} + \frac{560}{450} + \frac{1360}{1360} \\ &= 12,84 \end{aligned}$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{480} + \frac{700}{470} = 2,79$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{590} + \frac{1200}{800} + \frac{1200}{800} = 4,19$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{26,5} + \frac{60}{50} + \frac{1,5}{1} = 3,75$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{ГГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{8} + \frac{10}{9} = 3,61$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{76} = 1,19$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{70} = 1,64$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора McCormick X7.670 VT-Drive.

$$B_{\text{McCormick X7.670 VT-Drive}} = 0,028 * 3,46 + 0,083 * 12,84 + 0,111 * 2,79 + 0,167 * 4,18 + 0,056 * 3,75 + 0,194 * 3,61 + 0,139 * 1,18 + 0,222 * 1,64 = 3,61$$

4.2.6.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора McCormick X7.670 VT-Drive

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки McCormick X7.670 VT-Drive равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

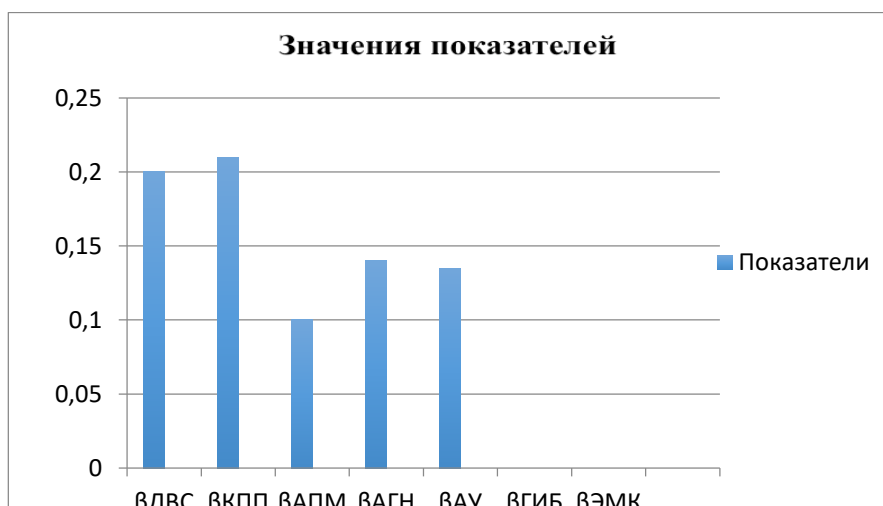


Рисунок 4.6. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки McCormick X7.670 VT-Drive

4.2.7. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Massey Ferguson 7720 Dyna V.

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{700}{450} + \frac{990}{960} + \frac{1280}{1400} = 3,5$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1440}{1250} + \frac{800}{450} + \frac{650}{450} + \frac{370}{250} + \frac{2000}{1660} + \frac{370}{300} + \frac{270}{120} + \frac{490}{450} + \frac{1510}{1360} = 12,74$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{525} + \frac{700}{515} = 2,55$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{680} + \frac{1200}{1100} + \frac{1200}{1100} = 3,21$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{44} + \frac{1,5}{0,9} = 4,13$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{7} + \frac{10}{5} = 4,85$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{71} = 1,27$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{110} = 1,04$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Massey Ferguson 7720 Dyna V

$$B_{\text{Massey Ferguson 7720 Dyna V}} = 0,028 * 3,5 + 0,083 * 11,63 + 0,111 * 2,55 + 0,167 * 3,21 + 0,056 * 4,12 + 0,194 * 4,86 + 0,139 * 1,26 + 0,222 * 1,04 = 2,6$$

4.2.7.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Massey Ferguson 7720 Dyna V.

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Massey Ferguson 7720 Dyna V равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

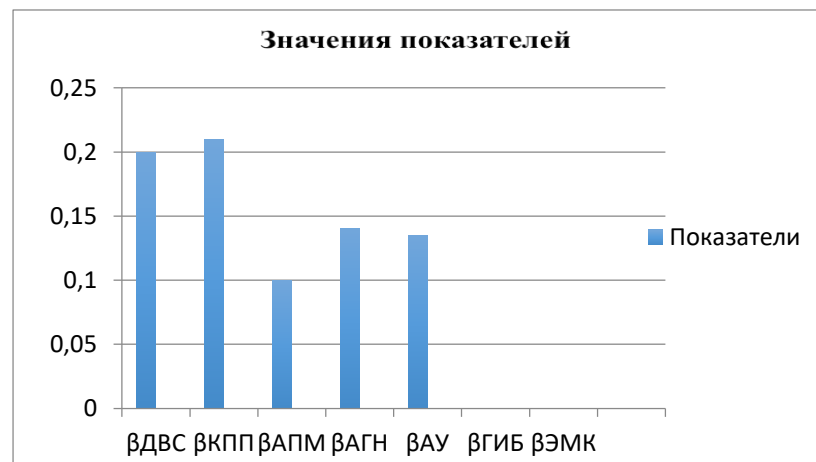


Рисунок 4.7. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Massey Ferguson 7720 Dyna V

4.2.8. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора New Holland T7 230 AC

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{800}{450} + \frac{870}{960} + \frac{1560}{1400} = 3,8$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1360}{1250} + \frac{900}{450} + \frac{420}{450} + \frac{300}{250} + \frac{1830}{1660} + \frac{370}{300} + \frac{170}{120} + \frac{500}{450} + \frac{1510}{1360} = 11,20$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{540} + \frac{700}{490} = 2,59$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{660} + \frac{1200}{900} + \frac{1200}{900} = 3,72$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{75} + \frac{1,5}{0,8} = 3,77$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{6} + \frac{10}{9} = 4,44$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{71} = 1,27$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{74} = 1,55$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора New Holland T7 230 AC.

$$B_{\text{New Holland T7 230 AC}} = 0,028 * 3,8 + 0,083 * 11,20 + 0,111 * 2,59 + 0,167 * 3,72 + 0,056 * 3,77 + 0,194 * 4,44 + 0,139 * 1,26 + 0,222 * 1,55 = 3,54$$

4.2.8.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора New Holland T7 230 AC

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

2.1 $\beta_{\text{ДВС}} = 0,8$ (например, система автоматического управления двигателем)

2.2 $\beta_{\text{КПП}} = 0,6$ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)

2.3 $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75$ (например, автоматическое подключение переднего моста)

2.4 $\beta_{\text{АГН}} = 1$ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)

2.5 $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$ (например, система интеллектуального управления трактором)

2.6 $\beta_{\text{ГИБ}} = 0$ (например, отсутствие гибридной силовой установки)

2.7 $\beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (например, отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$\Pi_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$\Pi_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки New Holland T7 230 AC равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

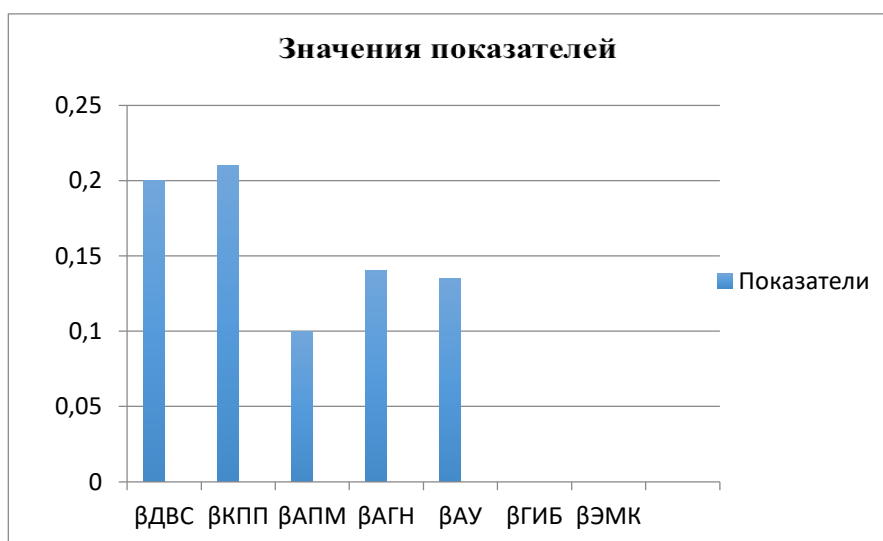


Рисунок 4.8 Коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки New Holland T7 230 AC

4.2.9. Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Valtra T214 Direct

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{600}{450} + \frac{940}{960} + \frac{1530}{1400} = 3,4$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1400}{1250} + \frac{800}{450} + \frac{700}{450} + \frac{330}{250} + \frac{1660}{1660} + \frac{370}{300} + \frac{310}{120} + \frac{530}{450} + \frac{1460}{1360} = 12,84$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{520} + \frac{700}{520} = 2,54$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{500} + \frac{1200}{1000} + \frac{1200}{1000} = 3,8$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{24} + \frac{60}{43} + \frac{1,5}{1} = 4,06$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{г ГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{13} + \frac{10}{2} = 4,44$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{ш ГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{79} = 1,14$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{в ГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{90} = 1,28$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Valtra T214 Direct.

$$B_{\text{Valtra T214 Direct}} = 0,028 * 3,4 + 0,083 * 12,84 + 0,111 * 2,55 + 0,167 * 3,8 + 0,056 * 4,06 + 0,194 * 6,54 + 0,139 * 1,14 + 0,222 * 1,28 = 4,02$$

4.2.9.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Valtra T214 Direct

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05;$$

$$S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

2.1 $\beta_{\text{ДВС}} = 0,8$ (например, система автоматического управления двигателем)

2.2 $\beta_{\text{КПП}} = 0,6$ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)

2.3 $\beta_{\text{АПМ}} = 0,75$ (например, автоматическое подключение переднего моста)

2.4 $\beta_{\text{АГН}} = 1$ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)

2.5 $\beta_{\text{АУ}} = 0,75$ (например, система интеллектуального управления трактором)

2.6 $\beta_{\text{ГИБ}} = 0$ (например, отсутствие гибридной силовой установки)

2.7 $\beta_{\text{ЭМК}} = 0$ (например, отсутствие электромотора колеса)

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора Valtra T214 Direct равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

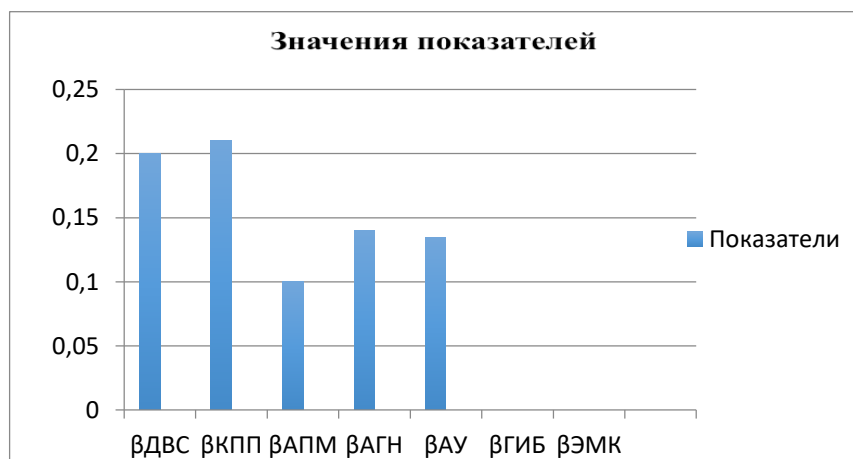


Рисунок 4.9 Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Valtra T214 Direct

Полученные данные из расчетов комплексного показателя безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов 4 класса сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3. Значения комплексных показателей безопасности тракторов 4 класса

Марка трактора	Ранг по показателю безопасности	Значение показателя безопасности
Valtra T214 Direct	1	4,02
McCormick X7.670 VT-Drive	2	3,61
New Holland T7 230 AC	3	3,54
Case IH Puma 175 CVX	4	3,48
John Deere 6175R AP	5	3,38
Fendt 720 Vario	6	3,30
Deutz-Fahr 7250 TTV	7	3,27
Claas Arion 650 Cmatic	8	3,18
Massey Ferguson 7720 Dyna V	9	2,60

В данной методике мы определили показатель безопасности относительно единичных показателей безопасности, установленных ГОСТами.

Так же мы проанализировали показатели каждого из тракторов относительно эталонных величин.

За эталонные величины были приняты лучшие значения показателей исследуемых нами тракторов. Показатели безопасности исследуемых тракторов представлены в таблице 4.4.

Итоги данного сравнения отражены на сводной циклограмме (рисунок 4.1).

Замкнутый контур циклограммы, наибольший по площади, принятый за 100%, отражает значения эталонного трактора. Чем ближе значения исследуемого трактора к эталонному, тем они безопаснее.

Таблица 4.4. Показатели исследуемых тракторов

№ п/ п	Показатель	Case IH Puma 175 CVX	Claas Arion 650 Cmatic	Deutz -Fahr 7250 TTV	Fendt 720 Vari o	John Deere 6175 R AP	McCormick X7.670 VT-Drive	Massey Ferguson 7720 Dyna V	New Holland T7 230 AC	Valtra T214 Direct	Эталон
1	Расстояние от КТС до боковых стен (мм, минимальное)	600	810	900	500	775	650	700	800	600	900
2	Расстояние от КТС до потолка (мм, минимальное)	860	970	870	940	960	830	990	870	940	990
3	Ширина кабины (минимальная)	1560	1620	1100	1580	1550	1620	1280	1560	1530	1620
4	Высота двери кабины (минимальная)	1360	1440	1430	1400	1400	1340	1440	1360	1400	1440

5	Ширина двери кабины в верхней части (минимальная)	900	630	700	760	1100	1100	800	900	800	1100
6	Ширина двери кабины в средней части (минимальная)	420	420	590	470	570	610	650	420	700	700
7	Ширина двери кабины в нижней части (минимальная)	300	300	340	340	330	320	370	300	330	370
8	Высота дверной ручки, мм	1830	1930	1940	1880	2030	1920	2000	1830	1660	2030
9	Ширина ступеней (минимальная)	300	370	320	400	330	310	370	370	370	400
10	Высота между ступенями (минимальная)	180	290	250	300	260	270	270	170	310	310
11	Ширина сиденья (мм, минимальная)	580	600	590	500	550	560	490	500	530	600
12	Высота пола кабины	1490	1400	1530	1440	1550	1360	1510	1510	1460	1550

13	Расстояние от колена до педалей тормоза (мм)	540	555	550	550	530	480	525	540	520	550
14	Расстояние от колена до педали газа (максимальное, мм)	485	535	510	560	500	470	515	490	520	550
15	Сектор обзорности 1 (максимальная)	630	600	580	680	600	590	680	660	500	560
16	Сектор обзорности 2 (максимальная)	1000	900	1200	900	700	800	1100	900	1000	680
17	Сектор обзорности 3 (максимальная)	1000	900	1200	900	700	800	1100	900	1000	800
18	Температура в кабине при работающем кондиционере (°C)	25,5	25,5	33	26	32	26,5	25,5	25,5	24	18
19	Влажность воздуха в кабине (%)	60	67	30	47	69	50	44	75	43	75

20	Скорость воздуха (м/с)	0,2	1,3	0,9	1	2	1	0,9	0,8	1	20
21	Концентрация окиси углерода(мг/м3)максимальная	11	9	10	11	15	8	7	6	13	21
22	Концентрация пыли в кабине в зависимости от двуокиси кремния (мг/м3) до до 2 %	8	12	7	6	8	9	5	9	2	22
23	Шум в кабине при выполнении технологической операции, дБ	74	72,5	77	72	72	76	71	71	79	23
24	Локальная вибрация в зависимости от частоты (Гц/дБ) 8 Гц	90	109	98	110	80	70	110	74	90	24

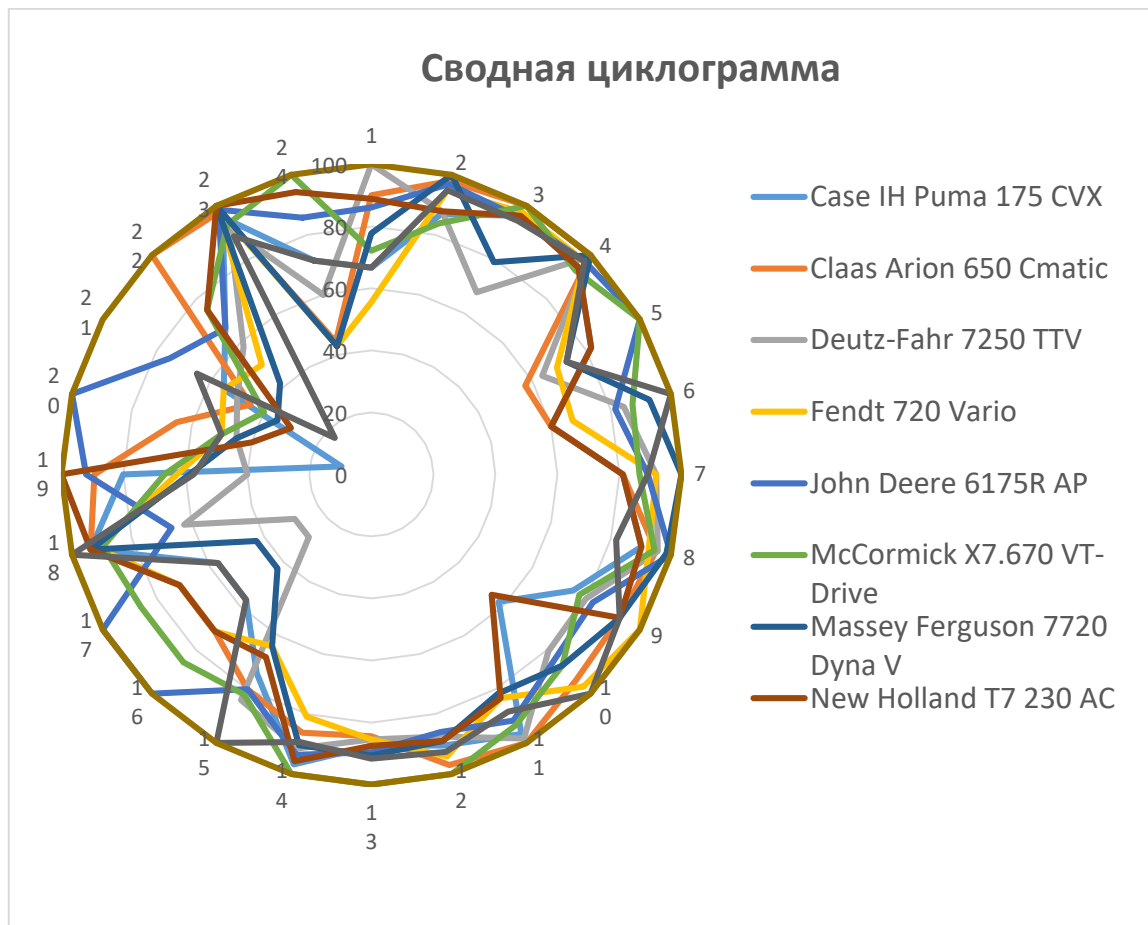


Рисунок 4.10. Сводная циклограмма безопасности кабин исследуемых тракторов

В результате данной оценки показателей безопасности наилучшие результаты относятся к трактору John Deere 6175R AP.

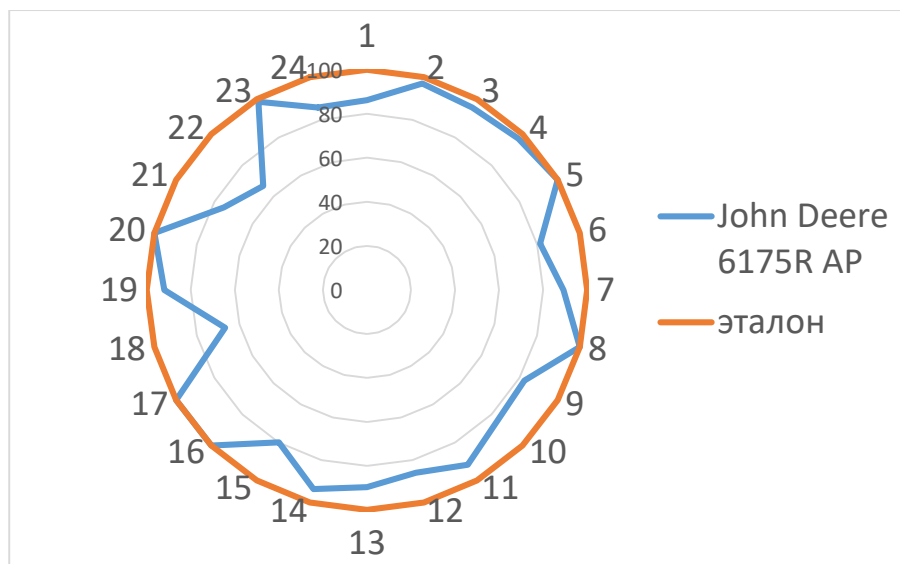


Рисунок 4.11. Сравнительная циклограмма трактора John Deere 6175R AP и эталона.

Результаты данного сравнения так же могут применяться для оценки безопасности кабин тракторов, однако стоит помнить, что в данном методе не учитываются коэффициенты значимости единичных показателей.

Данный метод позволяет наглядно определить «сильные» и «слабые» стороны определенной модели трактора, но не дает объективной оценки

Данный метод оценки может быть эффективно применен конструкторами сельскохозяйственной техники, при оценки параметров безопасности.

4.2.10 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора МТЗ 80

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{610}{450} + \frac{860}{960} + \frac{1070}{1400} = 3,01$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1160}{1250} + \frac{520}{450} + \frac{700}{450} + \frac{210}{250} + \frac{720}{1660} + \frac{100}{300} + \frac{310}{120} + \frac{470}{450} + \frac{590}{1360} = 9,28$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{460} + \frac{700}{550} = 2,63$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{630} + \frac{1200}{1140} + \frac{1200}{1140} = 3,2$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{60} + \frac{1,5}{0,6} = 4,6$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{11} + \frac{10}{8} = 3,06$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72} = 1,25$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{90} = 1,28$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора МТЗ 80.

$$B_{\text{МТЗ 80}} = 0,028 * 3,01 + 0,083 * 9,28 + 0,111 * 2,63 + 0,167 * 3,2 + 0,056 * 4,6 + 0,194 * 3,06 + 0,139 * 1,25 + 0,222 * 1,28 = 3,0$$

4.2.10.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора МТЗ 80

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки МТЗ 80 равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

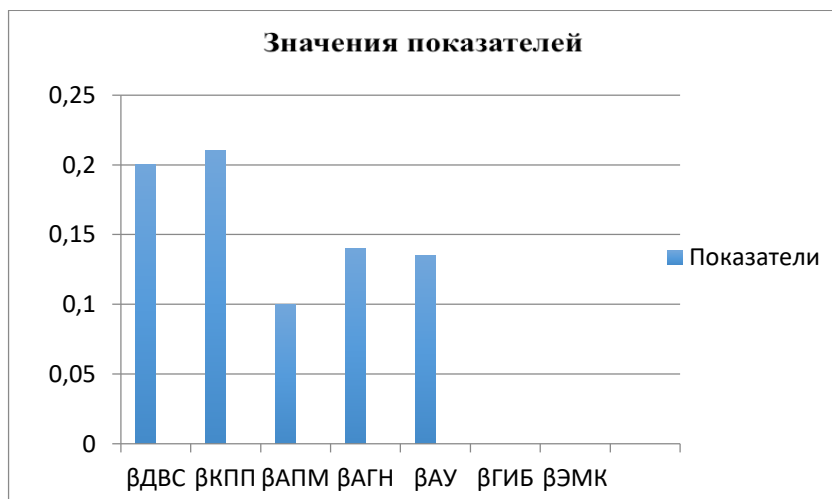


Рисунок 4.12. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки МТЗ 80.

4.2.11 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора МТЗ 82.1

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{660}{450} + \frac{1000}{960} + \frac{1200}{1400} = 3,36$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1360}{1250} + \frac{670}{450} + \frac{680}{450} + \frac{260}{250} + \frac{790}{1660} + \frac{130}{300} + \frac{210}{120} + \frac{460}{450} + \frac{590}{1360} = 9,2$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{460} + \frac{700}{450} = 2,91$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{630} + \frac{1200}{1270} + \frac{1200}{1270} = 1,98$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{60} + \frac{1,5}{0,6} = 4,6$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{гГОСТ}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{20}{11} + \frac{10}{8} = 3,06$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72} = 1,25$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{103} = 1,12$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора МТЗ 82.1.

$$B_{\text{МТЗ 82.1}} = 0,028 * 3,36 + 0,083 * 9,2 + 0,111 * 2,91 + 0,167 * 1,98 + 0,056 * 4,6 + 0,194 * 3,06 + 0,139 * 1,25 + 0,222 * 1,12 = 2,01$$

4.2.11.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора МТЗ 82.1

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки МТЗ 82.1 равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

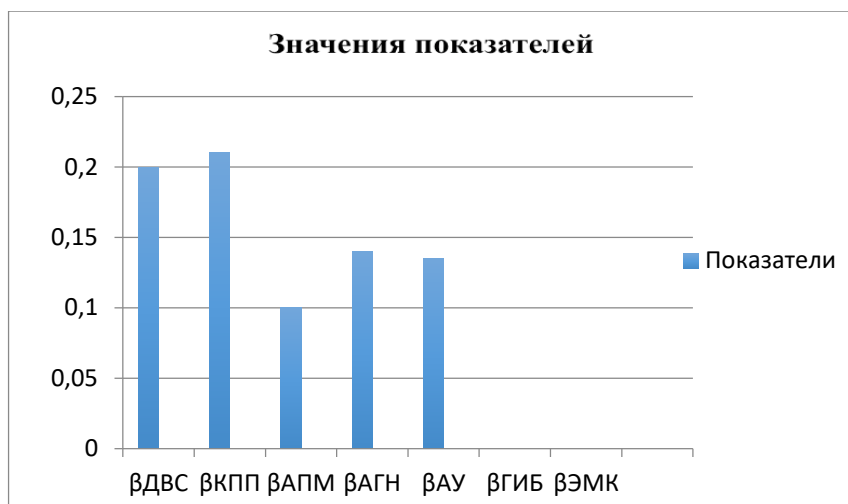


Рисунок 4.13. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки МТЗ 82.1

4.2.12 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Агромаш 8,5 ТК

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{560}{450} + \frac{970}{960} + \frac{1120}{1400} = 3,05$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1320}{1250} + \frac{730}{450} + \frac{780}{450} + \frac{330}{250} + \frac{820}{1660} + \frac{120}{300} + \frac{210}{120} + \frac{410}{450} + \frac{650}{1360} = 9,36$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{590} + \frac{700}{600} = 2,23$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обзГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{580} + \frac{1200}{650} + \frac{1200}{650} = 4,9$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мкГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{33} + \frac{60}{30} + \frac{1,5}{0,9} = 4,54$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{ГГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{10} + \frac{10}{7} = 3,4$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{77} = 1,16$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{98} = 1,17$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Агромаш 85 ТК.

$$B_{\text{Агромаш 85 ТК}} = 0,028 * 3,05 + 0,083 * 9,36 + 0,111 * 2,23 + 0,167 * 4,9 + 0,056 * 4,54 + 0,194 * 3,4 + 0,139 * 1,16 + 0,222 * 1,17 = 3,26$$

4.2.12.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Агромаш 85 ТК

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Агромаш 85 ТК равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

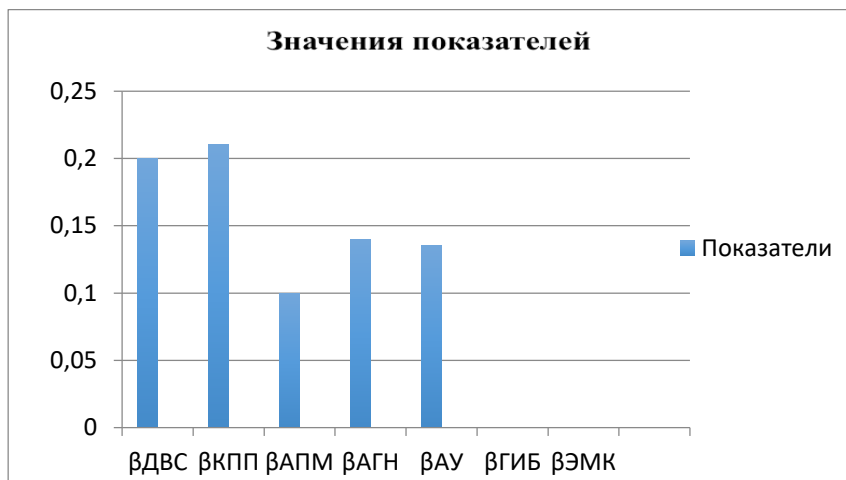


Рисунок 4.14. Коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Агромаш 85 ТК

4.2.14 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Агромаш ВТЗ 2032

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{540}{450} + \frac{920}{960} + \frac{1000}{1400} = 2,87$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1210}{1250} + \frac{810}{450} + \frac{890}{450} + \frac{300}{250} + \frac{720}{1660} + \frac{130}{300} + \frac{320}{120} + \frac{420}{450} + \frac{600}{1360} = 10,88$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{580} + \frac{700}{600} = 2,25$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{600} + \frac{1200}{1120} + \frac{1200}{1120} = 3,31$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{32} + \frac{60}{69} + \frac{1,5}{1} = 3,24$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{Г ГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{13} + \frac{10}{8} = 2,75$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{72} = 1,25$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{80} = 1,44$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Агромаш ВТЗ 2032.

$$B_{\text{Т 25}} = 0,028 * 2,87 + 0,083 * 10,88 + 0,111 * 2,25 + 0,167 * 3,31 + 0,056 * 3,24 + 0,194 * 2,75 + 0,139 * 1,25 + 0,222 * 1,44 = 3,38$$

4.2.13.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Агромаш ВТЗ 2032

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05;$$

$$S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Агромаш ВТЗ 2032 равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

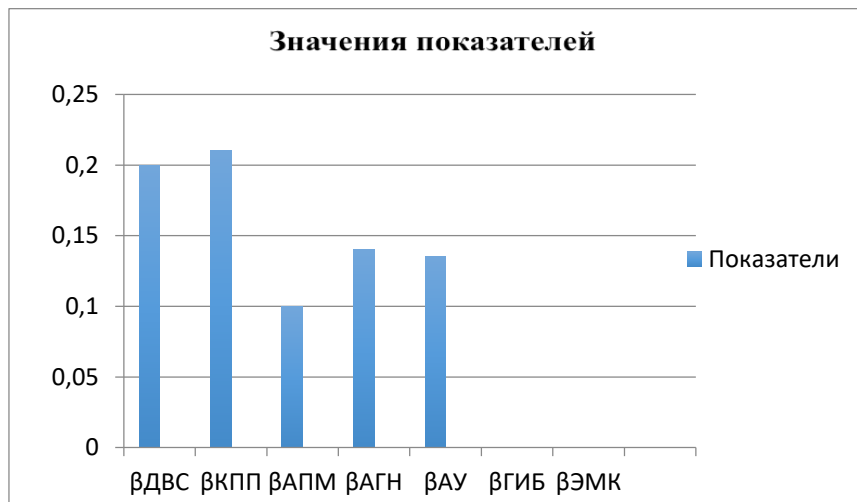


Рисунок 4.15. Коэффициент автоматизации (P_a) для трактора марки Агромаш ВТЗ 2032

4.2.14 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Kubota B2441

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{460}{450} + \frac{1000}{960} + \frac{920}{1400} = 2,71$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1450}{1250} + \frac{495}{450} + \frac{675}{450} + \frac{320}{250} + \frac{695}{1660} + \frac{0}{300} + \frac{0}{120} + \frac{400}{450} + \frac{320}{1360} = 6,58$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{490} + \frac{700}{450} = 2,83$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{590} + \frac{1200}{920} + \frac{1200}{920} = 2,88$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{26,5} + \frac{60}{50} + \frac{1,5}{1} = 3,76$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{ГГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{8} + \frac{10}{9} = 3,6$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{76} = 1,18$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{70} = 1,64$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Kubota B2441.

$$B_{\text{Kubota B2441}} = 0,028 * 2,71 + 0,083 * 6,58 + 0,111 * 2,83 + 0,167 * 2,88 + 0,056 * 3,76 + 0,194 * 3,6 + 0,139 * 1,8 + 0,222 * 1,64 = 2,94$$

4.2.14.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Kubota B2441

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Kubota B2441 равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

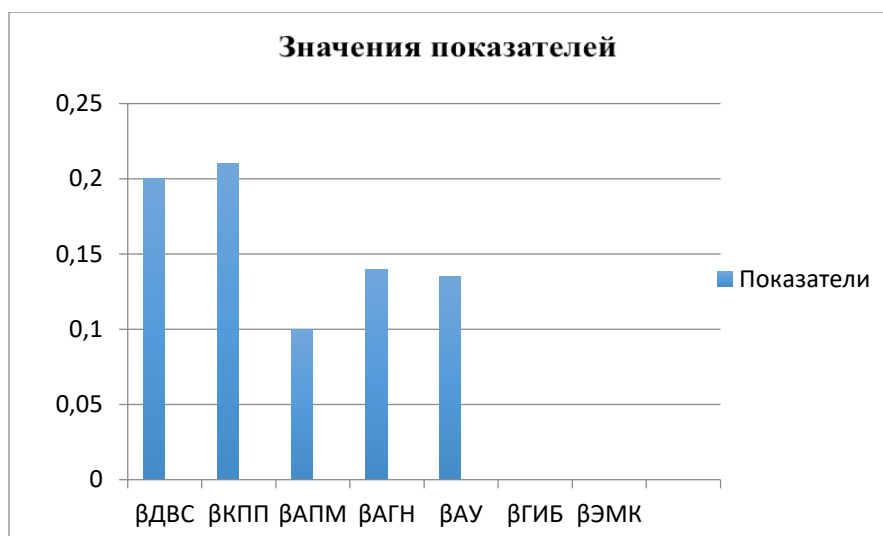


Рисунок 4.16. Коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Kubota B2441

4.2.15 Определение значений приведенных единичных показателей безопасности кабины трактора Kubota MU5502

1. Размер и конструкция кабины

$$\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}} = \frac{640}{450} + \frac{850}{960} + \frac{1280}{1400} = 3,21$$

2. Удобство доступа и размещения на рабочем

$$\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}} = \frac{1350}{1250} + \frac{620}{450} + \frac{725}{450} + \frac{260}{250} + \frac{710}{1660} + \frac{255}{300} + \frac{360}{120} + \frac{390}{450} + \frac{660}{1360} = 10,64$$

3. Удобство пользования органами управления

$$\frac{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}{\gamma_{\text{управ}}} = \frac{625}{480} + \frac{700}{480} = 2,76$$

4. Обзорность

$$\frac{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}{\gamma_{\text{обз}}} = \frac{700}{680} + \frac{1200}{1140} + \frac{1200}{1140} = 3,13$$

5. Микроклимат

$$\frac{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}{\gamma_{\text{мк}}} = \frac{28}{25,5} + \frac{60}{44} + \frac{1,5}{0,9} = 4,16$$

6. Запыленность и загазованность

$$\frac{\gamma_{\text{ГГОСТ}}}{\gamma_{\text{Г}}} = \frac{20}{7} + \frac{10}{5} = 3,6$$

7. Шум в кабине

$$\frac{\gamma_{\text{шГГОСТ}}}{\gamma_{\text{ш}}} = \frac{90}{71} = 1,27$$

8. Вибрация

$$\frac{\gamma_{\text{вГГОСТ}}}{\gamma_{\text{в}}} = \frac{115}{110} = 1,04$$

Тогда, подставив все значение в итоговую формулу (3.15), получим значение комплексного показателя безопасности кабины трактора Kubota MU5502.

$$B_{\text{Kubota MU5502}} = 0,028 * 3,21 + 0,083 * 10,64 + 0,111 * 2,76 + 0,167 * 3,13 + 0,056 * 4,16 + 0,194 * 4,86 + 0,139 * 1,27 + 0,222 * 1,04 = 3,36$$

4.2.15.1. Показатель автоматизации (Па) для трактора Kubota MU5502

1. Коэффициенты весомости (S):

$$S_{\text{ДВС}} = 0,25; S_{\text{КПП}} = 0,21; S_{\text{АПМ}} = 0,1; S_{\text{АГН}} = 0,14; S_{\text{АУ}} = 0,18; S_{\text{ГИБ}} = 0,05; S_{\text{ЭМК}} = 0,07$$

2. Значения единичных показателей автоматизации (β):

$$2.1 \beta_{\text{ДВС}} = 0,8 \text{ (например, система автоматического управления двигателем)}$$

$$2.2 \beta_{\text{КПП}} = 0,6 \text{ (например, автоматизированная механическая трансмиссия)}$$

$$2.3 \beta_{\text{АПМ}} = 0,75 \text{ (например, автоматическое подключение переднего моста)}$$

$$2.4 \beta_{\text{АГН}} = 1 \text{ (например, автоматическое управление гидросистемой навески)}$$

$$2.5 \beta_{\text{АУ}} = 0,75 \text{ (например, система интеллектуального управления трактором)}$$

$$2.6 \beta_{\text{ГИБ}} = 0 \text{ (например, отсутствие гибридной силовой установки)}$$

$$2.7 \beta_{\text{ЭМК}} = 0 \text{ (например, отсутствие электромотора колеса)}$$

3. Выполняем расчет уровня автоматизации:

$$P_a = 0,25 * \frac{0,8}{1} + 0,21 * \frac{0,6}{0,6} + 0,1 * \frac{0,75}{0,75} + 0,14 * \frac{1}{1} + 0,18 * \frac{0,75}{1} + 0,05 * \frac{0}{1} + 0,07 * \frac{0}{1}$$

$$P_a = 0,2 + 0,21 + 0,1 + 0,14 + 0,135 + 0 + 0 = 0,785$$

Следовательно, коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Kubota MU5502 равен 0,785. Этот коэффициент был представлен в графической форме.

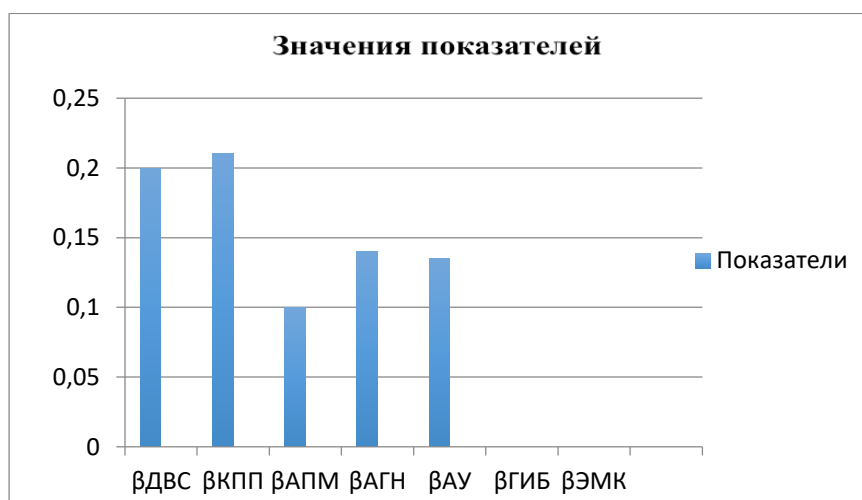


Рисунок 4.17. Коэффициент автоматизации (Π_a) для трактора марки Kubota MU5502

Полученные данные из расчетов комплексного показателя безопасности кабин сельскохозяйственных универсально-пропашных тракторов сведем в таблицу 4.5.

Таблица 4.5. Значения комплексных показателей безопасности универсально-пропашных тракторов

Марка трактора	Ранг по показателю безопасности	Значение показателя безопасности
МТЗ 80	4	3
МТЗ 82.1	7	2,01
Агромаш 8,5 ТК	3	3,26
Т25	6	2,59
Агромаш ВТЗ 2032	1	3,38
Kubota B2441	5	2,94
Kubota MU5502	2	3,36

Согласно рассмотренной ранее методике, мы определили показатель безопасности относительно единичных показателей безопасности универсально-пропашных тракторов, установленных ГОСТами.

Так же мы проанализировали показатели каждого из тракторов

относительно эталонных величин.

За эталонные величины были приняты лучшие значения показателей исследуемых нами тракторов. Показатели безопасности исследуемых тракторов представлены в таблице 4.6.

Итоги данного сравнения отражены на сводной циклограмме (рисунок 4.3).

Также, как и в первой циклограмме, замкнутый контур циклограммы, наибольший по площади, принятый за 100%, отражает значения эталонного трактора. Чем ближе значения исследуемого трактора к эталонному, тем они безопаснее.

Таблица 4.6. Показатели исследуемых тракторов

№ п/ п	Показатель	МТЗ 80	МТЗ 82.1	Агромаш 8,5 ТК	Т25	Агромаш ВТЗ 2032	Kubota B2441	Kubota MU5502	Эталон
1	Расстояние от КТС до боковых стен (мм, минимальное)	610	660	560	520	540	460	640	900
2	Расстояние от КТС до потолка (мм, минимальное)	860	1000	970	1040	920	1000	855	990
3	Ширина кабины (минимальная)	1070	1200	1200	980	1000	920	1280	1620
4	Высота двери кабины (минимальная)	1160	1360	1320	1220	1210	1450	1350	1440
5	Ширина двери кабины в верхней части (минимальная)	520	670	730	610	810	495	620	1100
6	Ширина двери кабины в средней части (минимальная)	700	680	780	650	890	675	725	700
7	Ширина двери кабины в нижней части (минимальная)	210	260	330	320	300	320	260	370
8	Высота дверной ручки, мм	720	790	820	710	720	695	710	2030
9	Ширина ступеней (минимальная)	100	130	120	100	130	-	255	400
10	Высота между ступенями (минимальная)	310	210	210	340	320	-	360	310
11	Ширина сиденья (мм, минимальная)	470	460	440	490	420	400	390	600

12	Высота пола кабины	590	590	650	590	600	320	660	155 0
13	Расстояние от колена до педалей тормоза (мм)	460	460	590	430	580	490	480	550
14	Расстояние от колена до педали газа (максимальное, мм)	550	450	600	520	600	450	480	560
15	Сектор обзора 1 (максимальная)	630	630	580	680	600	590	680	680
16	Сектор обзора 2 (максимальная)	114 0	127 0	650	110 0	112 0	920	114 0	700
17	Сектор обзора 3 (максимальная)	114 0	127 0	650	110 0	112 0	920	114 0	17
18	Температура в кабине при работающем кондиционере (°C)	25,5	25,5	33	26	32	26,5	25,5	18
19	Влажность воздуха в кабине (%)	60	60	30	47	69	50	44	75
20	Скорость воздуха (м/с)	0,6	0,6	0,9	1	1	1	0,9	20
21	Концентрация окиси углерода(мг/м3)максимальная	11	11	10	9	13	8	7	21
22	Концентрация пыли в кабине в зависимости от двуокиси кремния (мг/м3) до 2 %	8	8	7	6	8	9	5	22
23	Шум в кабине при выполнении технологической операции, дБ	72	72	77	72	72	76	71	23

24	Локальная зависимость (Гц/дБ) 8 ГЦ	вибрация в зависимости от частоты	90	103	98	110	80	70	110	24
----	------------------------------------	-----------------------------------	----	-----	----	-----	----	----	-----	----

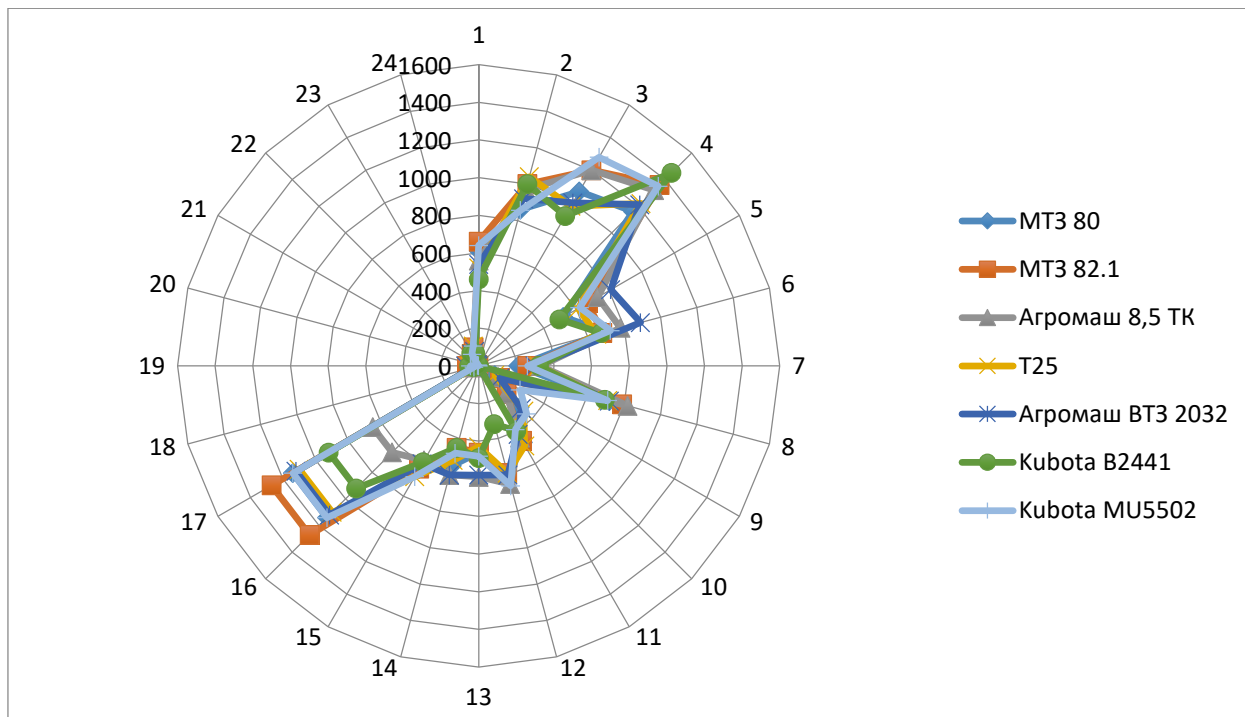


Рисунок 4.18. Сводная циклограмма безопасности кабин исследуемых универсально-пропашных тракторов

В результате данной оценки показателей безопасности можно заметить, что параметры безопасности универсально-пропашных тракторов схожи. Но можно выделить трактор Kubota B2441, как трактор с наилучшими результатами.

Выводы по главе 4

1. Согласно разработанной методики, на основе опросов экспертов были определены коэффициенты значимости единичных показателей безопасности, как для тракторов общего назначения, так и универсально-пропашных тракторов.
2. На основе определенных коэффициентов значимости единичных показателей безопасности отобранных моделей сельскохозяйственных тракторов был определен комплексный показатель безопасности кабин по

каждому из тракторов.

3. По результатам произведенных расчетов, наибольшее значение комплексного показателя безопасности кабин тракторов $B = 4,02$ имеет трактор модели Valtra T214 Direct и трактор Агромаш ВТЗ 2032 имеет значение показателя $B = 3,38$.

4. Так же нами был проведен анализ параметров исследуемых тракторов относительно эталонных величин, в результате, которого лучшие показатели имеет кабины тракторов John Deere 6175R AP и Kubota MU5502.

ГЛАВА 5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА
ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МОБИЛЬНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

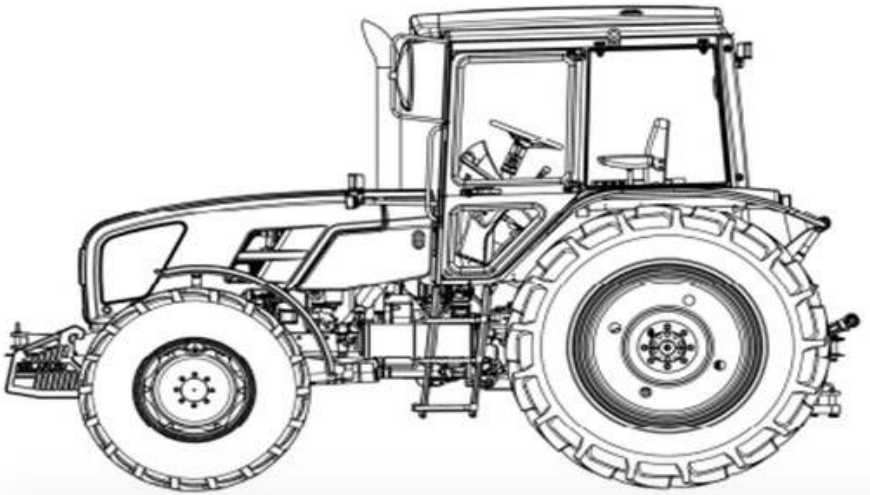
В данной главе представлена разработанная программа.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА
(ФГОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. В.П. ГОРЯЧКИНА

Кафедра «Тракторы и автомобили»

**ОЦЕНКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**



МОСКВА, 2025 г.

Программа разработана: Н.В. Перевозчикова, Ю.В. Старовойтова, Т.В. Брылова

	–	вводить значения можно только в клетку данного цвета
	–	дробные числа вводятся через запятую
	–	результат вычислений появится в клетках данного цвета

СОДЕРЖАНИЕ:

1. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ТРАКТОРА
2. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
3. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ
5. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
6. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЯ СТОИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
7. РАСЧЁТ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ

ЗАДАНИЕ:	ТРАКТОР	Kubota MU5502
	ТЯГОВЫЙ КЛАСС	1,4
	Ркр	14 , кН
	МАССА ТРАКТОРА	3200 , кг
	ВЕС ТРАКТОРА	31,36 , кН
	КОЛЁСНАЯ ФОРМУЛА	4x4

1. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ТРАКТОРА

Под технологической универсальностью понимают способность энергетического средства эффективно выполнять в составе МТА наибольший набор с/х операций из общего их количества.

$$Y_t = a_a + a_{м.о.} + a_n + a_{тр}$$

a_a способность работать с навесными комбинированными с/х агрегатами; учитывает:

- * количество технологических пространств;
- * грузоподъемность передней навесной системы;
- * грузоподъемность задней навесной системы;
- * наличие заднего ВОМ;
- * наличие переднего ВОМ;
- * наличие передней навесной системы.

$a_{м.о.}$ способность выполнять междурядную обработку; учитывает:

- * регулирование ширины колеи;
- * вписываемость движителей в междурядье;
- * агротехнический просвет;
- и др.

a_n способность работать на пахотных работах; учитывает:

- * энергонасыщенность;
- * давление на почву;
- * степень балластирования;
- и др.

$a_{тр}$ способность к транспортным работам; учитывает:

- * тип ходовой системы;
- * наличие подвески переднего моста;
- * тип трансмиссии;
- и др.

1.1 a_a – показатель агротехнических свойств

$$a_a = \frac{Z_{ор}}{Z_{ор\ max}} + \frac{Z_{ем}}{Z_{ем\ max}} + \frac{m_{пнс}}{m_{экс}} + \frac{m_{знс}}{m_{экс}} + \frac{T_{вом}}{5}$$

где:

$Z_{ор}$ - количество навесного оборудования;
Принимаем: $Z_{ор} = 1$

$Z_{ор\ max}$ - максимальное количество навесных орудий для современных тракторов;
Принимаем: $Z_{ор\ max} = 3$

$Z_{ем}$ - количество технологических пространств для емкостей;
Принимаем: $Z_{ем} = 1$

$Z_{ем\ max}$ - максимальное количество технологических пространств для емкостей;
Значимость технологических пространств с емкостью ниже, чем наличие передней и задней навески
 $Z_{ем\ max} = 2$

$m_{пнс}$ - грузоподъемность передней навесной системы;
Принимаем: $m_{пнс} = 1500$, кг

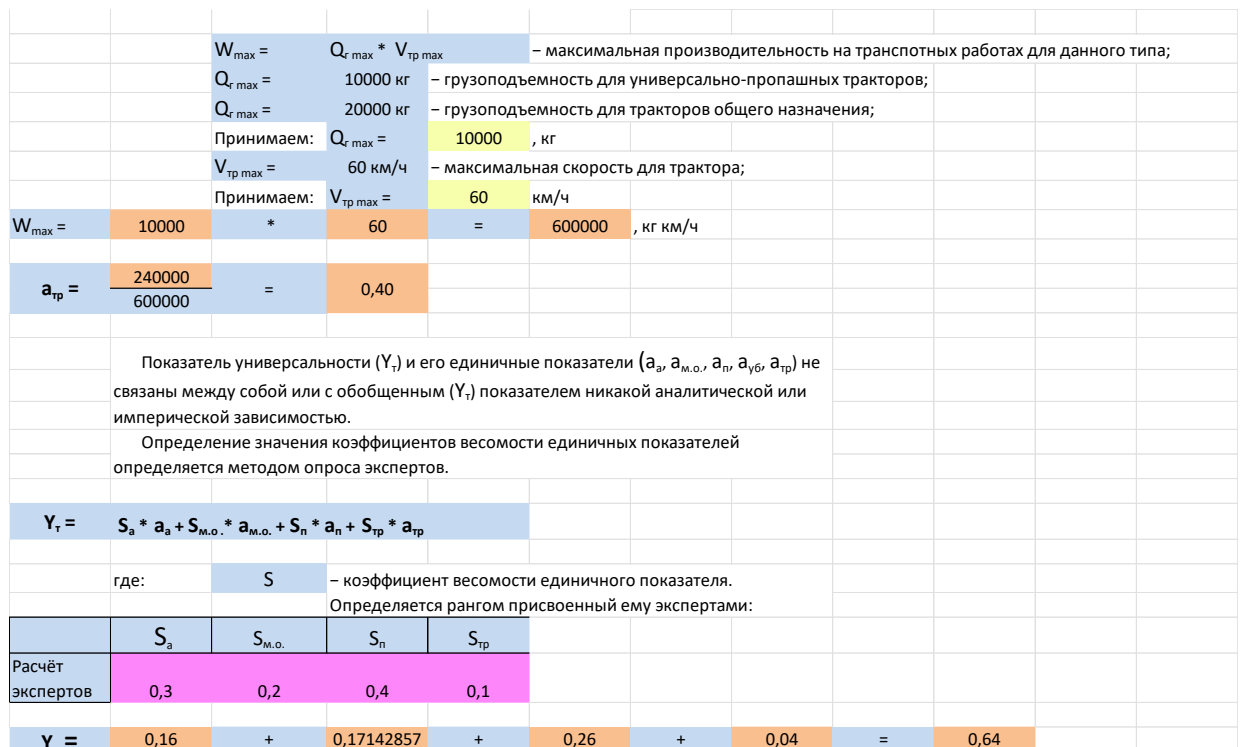
$m_{знс}$ - грузоподъемность задней навесной системы;
Принимаем: $m_{знс} = 3000$, кг

$m_{экс}$ - эксплуатационная масса трактора (конструкционная масса + 15% от неё);
Принимаем: $m_{экс} = 3200$, кг

$T_{вом}$ - наличие/отсутствие переднего ВОМ;
 $T_{вом} = 1$ – наличие переднего ВОМ;
 $T_{вом} = 0,5$ – отсутствие переднего ВОМ.
Принимаем: $T_{вом} = 0,5$

$$a_a = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1500}{3200} + \frac{3000}{3200} + \frac{0,5}{5} = 0,55$$

1.2		a_n – показатель на пахоте							
$a_n = \frac{\frac{\mathcal{E}_{тр}}{\mathcal{E}_{эталон}} + \frac{P_{кр ном}}{P_{кр тах}} + \frac{m_{бал.}}{m_{экс.}}}{3}$									
где:		$\mathcal{E}_{эталон}$ – эталонная энергонасыщенность							
		Принимаем: $\mathcal{E}_{эталон} = 1,5$ кВт/кН							
		$\mathcal{E}_{тр}$ – энергонасыщенность трактора							
$\mathcal{E}_{тр} = \frac{N_{ен}}{G_{тр}} = \frac{59}{31,36} = 1,88$		, кВт/кН							
		$P_{кр ном}$ – номинальное усилие на крюке;							
		Принимаем: $P_{кр ном} = 14$, кН							
		$P_{кр тах}$ – максимальное тяговое усилие;							
		Принимаем: $P_{кр тах} = 20$, кН							
		$m_{бал.}$ – полная масса балласта, устанавливаемая на данный трактор;							
		Принимаем: $m_{бал.} = 0$, кг							
$a_n = \frac{1,88}{1,5} + \frac{14}{20} + \frac{0}{3200} = 0,65$									
1.3		$a_{м.о.}$ – показатель работы на междурядье							
$a_{м.о.} = \frac{B_{к рег.}}{B_{к тах}}$									
где:		$B_{к рег.}$ – регулируемая ширина колеи;							
		Принимаем: $B_{к рег.} = 600$, мм							
		$B_{к тах}$ – максимальная ширина колеи для данного типа;							
		Принимаем: $B_{к тах} = 700$, мм							
$a_{м.о.} = \frac{600}{700} = 0,85714286$									
1.4		$a_{тр}$ – показатель транспортных работ							
$a_{тр} = \frac{W_r^1}{W_{таx}}$									
где:		$W_r = Q_r * K_r * V_{тр} * \tau_r$ – производительность на транспортных работах;							
		$W_r^1 = Q_r * V_{тр}$ – производительность на транспортных работах при полной загрузке прицепа и полного использования времени;							
		$\tau_r = 1$ – коэффициент использования времени смены при движении с грузом;							
		$K_r = 1$ – коэффициент использования грузоподъемности тракторного прицепа;							
		Q_r – грузоподъемность используемого прицепа;							
		Принимаем: $Q_r = 6000$, кг							
		$V_{тр}$ – транспортная скорость трактора;							
		Принимаем: $V_{тр} = 40$, км/ч							
$W_r^1 = 6000 * 40 = 240000$		, кг км/ч							



2. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

	Агротехнические свойства характеризуют качество работы. Качество характеризуется точностью и тонкостью работы.	
$A_T =$	$f(Y_q, Y_h, Y_{вп}, Y_m, Y_{пп})$	
	Y_q – давление движителей на почву, определяется ГОСТ 26953-86;	
	Y_h – агротехнический просвет, определяется вписываемостью растений в просвет под трактором или в контур, образующий наиболее низко расположенными конструктивными элементами;	
	$Y_{вп}$ – вписываемость движителя в междурядье;	
	Y_m – маневренность. Способность машины двигаться по заданной траектории с требуемой точностью при воздействии водителя на механизмы управления;	
	$Y_{пп}$ – площадь вытаптывания поля движителя.	
	Показатель агротехнических свойств (A_T), как и показатель универсальности (Y_T) отличается тем, что определяющие его единичные показатели ($y_q, y_h, y_{обз}, y_{вп}, y_m, y_{пп}$) не связаны между собой или с обобщенным (A_T) показателем никакой аналитической	
	Определение значения коэффициентов весомости единичных показателей определяется методом опроса экспертов.	

A _т =		S _q * γ _q + S _h * γ _h + S _{вп} * γ _{вп} + S _м * γ _м + S _{пн} * γ _{пн}									
где:		S		– коэффициент весомости единичного показателя. Определяется рангом присвоенный ему экспертами:							
		S _q	S _h	S _{вп}	S _м	S _{пн}					
Расчёт экспертов		0,31	0,14	0,28	0,15	0,12					
2.1 γ _q - давление движителей на почву											
γ _q =		$\frac{q_{гост}}{q_{тр}}$									
где:		q _{гост}		– давление движителей на почву по ГОСТ 26955-86;							
		q _{гост} =		80		, кПа					
		q _{тр}		– давление движителей на почву;							
		Принимаем:		q _{тр} =		85		, кПа			
γ _q =	$\frac{80}{85}$	=	0,94117647								
2.2 γ _{вп} - вписываемость в междурядье											
γ _{вп} =		$\frac{b_{пр}}{b_{ш}}$									
где:		b _{пр}		– пространство в междурядьи с учетом защитной зоны, размеры которого в свою очередь зависят от ширины междурядья и защитной зоны, т.е.							
		b _{пр} =		с - 2 * b _з							
где:		с		– ширина междурядья;							
		b _з		– защитная зона;							
		Принимаем:		с =		600		, мм			
				b _з =		100		, мм			
b _{пр} =	600	– 2 *	100	=	400	, мм					
		b _ш		– ширина шины колеса оцениваемого трактора;							
		b _ш =		240		, мм					
γ _{вп} =	$\frac{240}{400}$	=	0,6								
2.3 γ _h - агротехнический просвет											
γ _h =		$\frac{h_{пр\ тр}}{h_{пр\ max}}$									
где:		h _{пр тр}		– агротехнический просвет оцениваемого трактора;							
		Принимаем:		h _{пр тр} =		415		, мм			
		h _{пр max}		– базовый агротехнический просвет;							
		h _{пр max} =		700		, мм					
γ _h =	$\frac{415}{700}$	=	0,59285714								
2.4 γ _{пн} - показатель вытаптывания поля движителями											
γ _{пн} =		$\frac{b_{ш\ min}}{b_{ш}}$									
где:		b _{ш min}		– минимальная ширина шины среди оцениваемых тракторов;							
		Принимаем:		b _{ш min} =		200		, мм			
γ _{пн} =	$\frac{200}{240}$	=	0,83333333								
2.5 γ _м - показатель маневренности											
γ _м =		$\frac{R_{min}}{R_{min\ тр}}$									
где:		R _{min}		– базовое значение минимального радиуса поворота;							
		Принимаем:		R _{min} =		3		, м			
		R _{min тр}		– минимальный радиус поворота оценваемого трактора;							
		Принимаем:		R _{min тр} =		3		, м			
γ _м =	$\frac{3}{3}$	=	1								
A _т =		S _q * γ _q + S _h * γ _h + S _{вп} * γ _{вп} + S _м * γ _м + S _{пн} * γ _{пн}									
A _т =	0,29176471	+	0,083	+	0,168	+	0,15	+	0,1		
A _т =	0,79276471										

где:	S	– коэффициент весомости единичного показателя.
		Определяется рангом присвоенный ему экспертами:

	S_q	S_h	$S_{вп}$	S_m	$S_{пн}$
Расчёт экспертов	0,31	0,14	0,28	0,15	0,12

2.1	γ_0 - давление движителей на почву
-----	---

$$\gamma_q = \frac{q_{\text{гост}}}{q_{\text{тр}}}$$

где:	$q_{\text{гост}}$	– давление движителей на почву по ГОСТ 26955-86;		
	$q_{\text{гост}} =$	80	, кПа	
	$q_{\text{тр}}$	– давление движителей на почву;		
	Принимаем:	$q_{\text{тр}} =$	85	, кПа

$Y_q =$	$\frac{80}{85}$	$=$	0,94117647
---------	-----------------	-----	------------

2.2	$\gamma_{вп}$ - вписываемость в междурядье
-----	--

$$\gamma_{\text{en}} = \frac{b_{\text{np}}}{b_{\text{ш}}}$$

где:	$b_{пр}$	– пространство в междурядья с учетом защитной зоны, размеры которого в свою очередь зависят от ширины междурядья и защитной зоны, т.е.
------	----------	--

	$b_{np} =$	$c - 2 * b_3$
где:	c	– ширина м
	b_3	– защитная

		Принимаем:		$c = 600$	, мм
				$b_3 = 100$	, мм
$b_{nn} =$	600	$- 2 \cdot$	100	$=$	400 , мм

$b_{ш}$	– ширина шины колеса оцениваемого трактора;
$b_{ш} =$	240, мм

$$Y_{\text{Bn}} = \frac{240}{400} = 0,6$$

2.3	y_h - агротехнический просвет
-----	---------------------------------

$$\gamma_h = \frac{h_{np\text{ тр}}}{h_{np\text{ max}}}$$

где:	$h_{\text{пр тр}}$	– агротехнический просвет оцениваемого трактора;		
Принимаем:	$h_{\text{пр тр}} =$	415	, мм	
	$h_{\text{пр max}}$	– базовый агротехнический просвет;		
	$h_{\text{пр max}} =$	700	, мм	

$$Y_h = \frac{415}{700} = 0,59285714$$

2.4	γ_{np} - показатель вытравливания поля движителями
-----	---

$$\gamma_{nn} = \frac{b_{w \min}}{b_{ll}}$$

где:	$b_{ш \min}$	– минимальная ширина шины среди оцениваемых тракторов;
Принимаем:	$b_{ш \min} =$	200, мм

$Y_{nn} =$	$\frac{200}{240}$	$=$	0,83333333
------------	-------------------	-----	------------

2.5	γ_M - показатель маневренности
-----	---------------------------------------

$$\gamma_M = \frac{R_{\min}}{R_{\min \text{ TP}}}$$

где:	$R_{\min}$	– базовое значение минимального радиуса поворота;
Принимаем:	$R_{\min} = 3$	, м
	$R_{\min \text{ тр}}$	– минимальный радиус поворота оцениваемого трактора;
Принимаем:	$R_{\min \text{ тр}} = 3$	, м

$$Y_M = \frac{3}{3} = 1$$

$$A_r = S_q * \gamma_q + S_h * \gamma_h + S_{bn} * \gamma_{bn} + S_M * \gamma_M + S_{nn} * \gamma_{nn}$$

$A_r =$	0,29176471	+	0,083	+	0,168	+	0,15	+	0,1
---------	------------	---	-------	---	-------	---	------	---	-----

$A_T =$	0,79276471
---------	------------



3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Потенциальная производительность энергетического средства - это производительность с орудием такой ширины захвата, при которой его тяговое сопротивление равно номинальному тяговому усилию трактора, а скорость движения МТА максимальная при данной мощности двигателя, но не превышает скорости, установленной правилами агротехники.

$$W_{\text{п}} = B_{\text{зах}} * V_{\text{тр}} * \tau_{\text{см}}$$

где:

- $B_{\text{зах}}$ – ширина захвата, м
 $V_{\text{тр}}$ – скорость трактора, км/ч
 $\tau_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены

3.1 Расчет ширины захвата ($B_{\text{зах}}$)

$$B_{\text{зах}} = \frac{P_{\text{кр ном}}}{k_{\text{ор}}}, \text{ м}$$

где:

$P_{\text{кр ном}}$ – номинальное тяговое усилие трактора, рассчитываемое по формуле ГОСТ 4.40-84

$$P_{\text{кр ном}} = \phi_{\text{кр}} * \lambda_{\text{к}} * G_{\text{тр}}, \text{ кН}$$

$\phi_{\text{кр}}$ – коэффициент использования веса трактора, соответствующий максимальной тяговой мощности и максимальному тяговому КПД (см. приложение);

Принимаем: $\phi_{\text{кр}} = 0,43$

$\lambda_{\text{к}}$ – коэффициент нагрузки ведущих колес;

Принимаем: $\lambda_{\text{к}} = 1$

$G_{\text{тр}}$ – эксплуатационный вес трактора с балластом или без балласта, кН;

$G_{\text{тр}} = 28$, кН

$$P_{\text{кр ном}} = 0,43 * 1 * 28 = 12,04, \text{ кН}$$

$k_{\text{ор}}$ – коэффициент сопротивления орудия; кН/м

$$k_{\text{ор}} = k_{\text{мо}} * [1 + \Delta k (V_{\text{тр}} - V_0)]$$

$k_{\text{мо}}$ – удельное сопротивление при скорости до $V_0 = 1,4$ м/с (5 км/ч), в кН/м;

$$k_{\text{мо}} = k_0 * a$$

k_0 – удельное тяговое сопротивление, приходящееся на 1 м^2 сечение пласта, в кН/м²;

Принимаем: $k_0 = 50$ в кН/м² (на вспашке)

a – глубина обработки почвы, м;

Принимаем: $a = 0,22$, м (на вспашке)

Δk – относительное приращение удельного сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с;

Принимаем: $\Delta k = 0,02$

Принимаем: $V_0 = 1,4$

$k_{MO} =$	50	*	0,22	=	11	, кН/м				
			$V_{тр} = \frac{N_{кр}}{P_{кр ном}}$			, м/с				
			$N_{кр}$			– мощность трактора на крюке, кВт;				
			$N_{кр} = \eta_t * \chi_d * k_n * N_e$							
			η_t			– тяговый КПД;				
			$\eta_t = \eta_{тр} * \eta_б * \eta_f$							
			$\eta_{тр}$			– КПД трансмиссии;				
			Принимаем: $\eta_{тр}$			0,7				
			$\eta_б$			– КПД буксования;				
			Принимаем: $\eta_б$			0,86				
			η_f			– КПД силы сопротивления качению;				
			Принимаем: η_f			0,96				
			χ_d			– коэффициент возможного использования мощности двигателя (коэффициент возможной загрузки двигателя);				
			Принимаем: χ_d			0,87				
			k_n			– коэффициент снижения мощности трактора вследствие динамической нагрузки;				
			Принимаем: k_n			0,9				
			N_e			– номинальная мощность, кВт;				
			Принимаем: N_e			59	, кВт			
$\eta_t =$	0,7	*	0,86	*	0,96	=	0,58			
$N_{кр} =$	0,58	*	0,87	*	0,9	*	59	=	26,70	
$V_{тр} =$	$\frac{26,70}{12,04}$	=	2,22							
$k_{op} =$	11	*	[1 + 0,02	*	(2,22 – 1,4)]	=	11,18			
$B_{зах} =$	$\frac{12,04}{11,18}$	=	1,08							
3.2 Расчет коэффициента использования времени смены ($\tau_{см}$)										
$\tau_{см} =$	$1 - \sum \tau_i$									
где:	$\sum \tau_i$					– включает коэффициент времени смены отражающие потери на подготовительные операции на агрегатирование энергетического средства с с/х машинами, технологическое обслуживание агрегата, устранение неисправностей, поведение ежесменного ТО, холостые переезды.				
	Принимаем:	$\tau_{подг} =$	0,079							
		$\tau_{то} =$	0,079							
		$\tau_{уст.неис.} =$	0,079							
		$\tau_{хол.пер.} =$	0,079							
	$\sum \tau_i$	=	0,32							
$\tau_{см} =$	1 - 0,32	=	0,68							
$W_n =$	1,08	*	2,22	*	0,68	=	1,63			
3.3 Расчет относительного показателя потенциальной сменной производительности трактора										
$W_n^1 =$	$\frac{W_n тр}{W_n max}$									
где:	$W_n тр$					– потенциальная сменная производительность оцениваемого трактора;				
	$W_n max$					– максимальная потенциальная сменная производительность среди оцениваемых тракторов.				
	Принимаем:	$W_n max =$	1,65							
$W_n^1 =$	$\frac{1,63}{1,65}$	=	0,98996093							

4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Комплексный показатель безопасности Б выражается через единичные показатели безопасности кабины трактора: показатели размера и конструкции кабин тракторов $\gamma_{\text{размер}}$, удобства и безопасности доступа в кабину $\gamma_{\text{доступ}}$, удобство пользования органами управления и приборами $\gamma_{\text{управ}}$, обзорности $\gamma_{\text{обз}}$, микроклимата в кабине $\gamma_{\text{мк}}$, запыленности и загазованности воздуха в кабине $\gamma_{\text{г}}$, шума $\gamma_{\text{ш}}$, вибрации $\gamma_{\text{в}}$.

$$B = f(\gamma_{\text{размер}} \gamma_{\text{доступ}} \gamma_{\text{управ}} \gamma_{\text{обз}} \gamma_{\text{мк}} \gamma_{\text{г}} \gamma_{\text{ш}} \gamma_{\text{в}})$$

Комплексный показатель безопасности Б отличается тем, что его единичные показатели не связаны между собой или с комплексным показателем (Б) никакой аналитической или эмпирической зависимостью. Воспользуемся методом ранжирования единичных показателей путем опроса экспертов.

В соответствии с ГОСТ 15467—79 «Управление качеством продукции» комплексный показатель безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов (Б) может быть выражен суммой произведений коэффициентов весомости S_i единичного показателя безопасности на относительные значения этих же единичных показателей γ_i :

$$B = S_{\text{размер}} * \gamma_{\text{размер}} + S_{\text{доступ}} * \gamma_{\text{доступ}} + S_{\text{управ}} * \gamma_{\text{управ}} + S_{\text{обз}} * \gamma_{\text{обз}} + S_{\text{мк}} * \gamma_{\text{мк}} + S_{\text{г}} * \gamma_{\text{г}} + S_{\text{ш}} * \gamma_{\text{ш}} + S_{\text{в}} * \gamma_{\text{в}}$$

где: $S_{\text{размер}}, S_{\text{доступ}}, S_{\text{управ}}, S_{\text{обз}}, S_{\text{мк}}, S_{\text{г}}, S_{\text{ш}}, S_{\text{в}}$ – коэффициенты весомости единичных показателей безопасности. Определяется рангом присвоенный ему экспертами:

	S _{размер}	S _{доступ}	S _{управ}	S _{обз}	S _{мк}	S _г	S _ш	S _в															
Расчёт экспертов	0,03	0,08	0,11	0,16	0,07	0,19	0,14	0,22															
Б =	S _{размер} * $\frac{\gamma_{\text{размер}}}{\gamma_{\text{размер ГОСТ}}}$	+	S _{доступ} * $\frac{\gamma_{\text{доступ}}}{\gamma_{\text{доступ ГОСТ}}}$	+	S _{управ} * $\frac{\gamma_{\text{управ}}}{\gamma_{\text{управ ГОСТ}}}$	+	S _{обз} * $\frac{\gamma_{\text{обз}}}{\gamma_{\text{обз ГОСТ}}}$	+	S _{мк} * $\frac{\gamma_{\text{мк}}}{\gamma_{\text{мк ГОСТ}}}$	+	S _г * $\frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{г ГОСТ}}}$	+	S _ш * $\frac{\gamma_{\text{ш}}}{\gamma_{\text{ш ГОСТ}}}$	+	S _в * $\frac{\gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в ГОСТ}}}$								
	0,03	$\frac{1280}{1400}$	+	0,08	$\frac{390}{460}$	+	0,11	$\frac{700}{480}$	+	0,16	$\frac{1200}{1140}$	+	0,07	$\frac{60}{44}$	+	0,19	$\frac{20}{7}$	+	0,14	$\frac{90}{71}$	+	0,22	$\frac{115}{110}$
Б =	0,02742857	+	0,06782609	+	0,16041667	+	0,16842105	+	0,09545455	+	0,54285714	+	0,17746479	+	0,23	=	1,46986885						

ГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ



5. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

Комплексный показатель автоматизации Па выражается через единичные показатели единичных показателей автоматизации трактора, принимаем показатели автоматизации ДВС $\beta_{\text{ДВС}}$, показатель автоматизации КПП $\beta_{\text{КПП}}$, показатель автоматического подключения переднего моста $\beta_{\text{АПМ}}$, показатель автоматизации гидросистемы навески $\beta_{\text{АГН}}$, показатель автоматизации управления трактором $\beta_{\text{АУ}}$, показатель наличия гибридной силовой установки $\beta_{\text{ГИБ}}$, показатель наличия электромотора колеса $\beta_{\text{ЭМК}}$.

$$\text{Па} = f(\beta_{\text{ДВС}} \beta_{\text{КПП}} \beta_{\text{АПМ}} \beta_{\text{АГН}} \beta_{\text{АУ}} \beta_{\text{ГИБ}} \beta_{\text{ЭМК}})$$

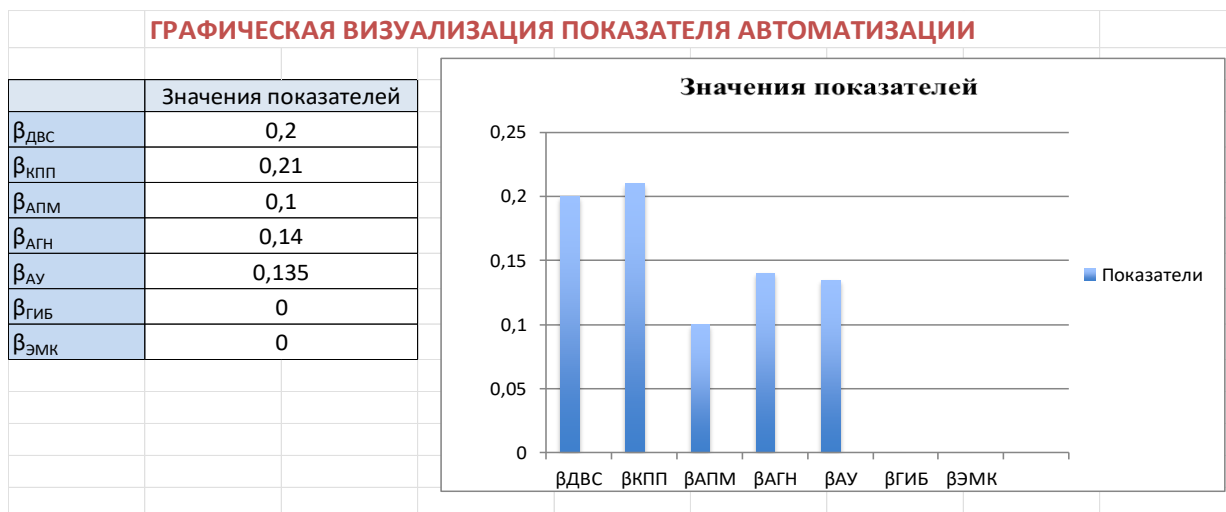
Комплексный показатель автоматизации Па отличается тем, что его единичные показатели не связаны между собой или с комплексным показателем (Па) никакой аналитической или эмпирической зависимостью. Воспользуемся методом ранжирования единичных показателей путем опроса экспертов.

В соответствии с ГОСТ 15467—79 «Управление качеством продукции» комплексный показатель автоматизации сельскохозяйственных тракторов (Па) может быть выражен суммой произведений коэффициентов весомости S_i единичного показателя автоматизации на относительные значения этих же единичных показателей β_i

$$\text{Па} = S_{\text{ДВС}} * \beta_{\text{ДВС}} + S_{\text{КПП}} * \beta_{\text{КПП}} + S_{\text{АПМ}} * \beta_{\text{АПМ}} + S_{\text{АГН}} * \beta_{\text{АГН}} + S_{\text{АУ}} * \beta_{\text{АУ}} + S_{\text{ГИБ}} * \beta_{\text{ГИБ}} + S_{\text{ЭМК}} * \beta_{\text{ЭМК}}$$

где: $S_{\text{ДВС}}, S_{\text{КПП}}, S_{\text{АПМ}}, S_{\text{АГН}}, S_{\text{АУ}}, S_{\text{ГИБ}}, S_{\text{ЭМК}}$ – коэффициенты весомости единичных показателей автоматизации. Определяется рангом присвоенный ему экспертами:

	$S_{\text{ДВС}}$	$S_{\text{КПП}}$	$S_{\text{АПМ}}$	$S_{\text{АГН}}$	$S_{\text{АУ}}$	$S_{\text{ГИБ}}$	$S_{\text{ЭМК}}$		
Расчёт экспертов	0,25	0,21	0,1	0,14	0,18	0,05	0,07		
Па =	$S_{\text{ДВС}} * \frac{\beta_{\text{ДВС}}}{\beta_{\text{ДВС МАХ}}}$	+	$S_{\text{КПП}} * \frac{\beta_{\text{КПП}}}{\beta_{\text{КПП МАХ}}}$	+	$S_{\text{АПМ}} * \frac{\beta_{\text{АПМ}}}{\beta_{\text{АПМ МАХ}}}$	+			
	$S_{\text{АГН}} * \frac{\beta_{\text{АГН}}}{\beta_{\text{АГН МАХ}}}$	+	$S_{\text{АУ}} * \frac{\beta_{\text{АУ}}}{\beta_{\text{АУ МАХ}}}$	+	$S_{\text{ГИБ}} * \frac{\beta_{\text{ГИБ}}}{\beta_{\text{ГИБ МАХ}}}$	+			
	$S_{\text{ЭМК}} * \frac{\beta_{\text{ЭМК}}}{\beta_{\text{ЭМК МАХ}}}$								
Па =	0,25	$\frac{0,8}{1}$	+	0,21	$\frac{0,6}{0,6}$	+	0,1	$\frac{0,75}{0,75}$	+
	0,14	$\frac{1}{1}$	+	0,18	$\frac{0,75}{1}$	+	0,05	$\frac{0}{1}$	+
	0,07	$\frac{0}{1}$							
Па =	0,2	+	0,21	+	0,1	+	0,14	+	
	0,135	+	0	+	0	=	0,785		



6. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ СТОИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В качестве обобщенного показателя стоимости технологического процесса примем приведенные затраты

$$C_{п} = C_{э} + E_{н} * K_{у}, \text{ руб/га}$$

где:

- $C_{э}$ – эксплуатационные затраты, руб/га;
- $E_{н} = 0,1$ – нормативный коэффициент капитальных вложений;
- $K_{у}$ – удельные капитальные вложения, руб/га.

6.1 Расчет прямых эксплуатационных затрат денежных средств

$$C_{э} = C_{топ} + C_{зп} + C_{то}, \text{ руб/га}$$

где:

- $C_{топ}$ – затраты на топливо, руб/га;
- $C_{зп}$ – расход денежных средств на заработную плату трактористу, руб/га;
- $C_{то}$ – затраты на ТО и ремонт, руб/га;

$$C_{топ} = Q * C, \text{ руб/га}$$

где:

- Q – удельный погектарный расход топлива, л/га;

$$Q = \frac{g_e * K_{ор} (1 + O)}{0,36 * \eta_t * \rho_t}, \text{ л/га}$$

где:

- g_e – удельный расход топлива, г/кВт ч;
- Принимаем: $g_e = 220$, г/кВт ч
- $g_e = 0,22$, кг/кВт ч
- $K_{ор}$ – коэффициент сопротивления орудия; кН/м
- Принимаем: $K_{ор} = 11,18$ кН/м
- $O = 0,08 - 0,03 = 0,05$ – коэффициент увеличения расхода топлива (характеризует долю непроизводительного расхода топлива по отношению к рабочему расходу)
- $\eta_t = 0,58$ – тяговый КПД;
- $\rho_t = 0,825$ – плотность топлива, кг/л;

$$Q = \frac{0,22 * 11,18 * (1 + 0,05)}{0,36 * 0,58 * 0,825} = 3,4203201$$

Принимаем: $C = 75$, руб

$$C_{топ} = 3,4203201 * 75 = 256,5240075, \text{ руб/га}$$

$C_{зп} = \frac{f_m * \mu_m}{W_{п}}$											
	где:	f_m	– часовая тарифная ставка тракториста, руб/ч;								
		Принимаем:	$f_m =$	166	, руб/ч						
		μ_m	– коэффициент, учитывающий надбавки к заработной плате (за классность, стаж работы и т.д.);								
		Принимаем:	$\mu_m =$	1,8							
		$W_{п}$	– потенциальная сменная производительность трактора, га/ч;								
		Принимаем:	$W_{п} =$	1,63							
$C_{зп} =$		166	*	1,8	=	182,9273294	, руб/га				
		1,63									
$C_{то} = \frac{Ц_{т.б.} * \alpha_{т}}{100 * T_{т} * W_{п}}$											
	где:	$\alpha_{т}$	– суммарные нормы отчислений на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание трактора, включая и его хранение								
		Принимаем:	$\alpha_{т} =$	40	%						
		$T_{т}$	– нормативная годовая загрузка трактора, ч;								
		Принимаем:	$T_{т} \approx$	1000							
		$Ц_{т.б.}$	– балансовая цена трактора, руб;								
$Ц_{т.б.} =$	$Ц_{т} * \beta_{т}$										
	где:	$Ц_{т}$	– оптовая цена трактора, руб;								
		Принимаем:	$Ц_{т} =$	4000000	, руб						
		$\beta_{т}$	– коэффициент, учитывающий дополнительные расходы на доставку трактора в хозяйство и на его досборку;								
		Принимаем:	$\beta_{т} =$	1,1							
$Ц_{т.б.} =$		4000000	*	1,1	=	4400000	, руб				
$C_{то} =$		4400000	*	40	=	1077,4836	, руб/га				
		100 * 1000	*	1,63							
6.2 Расчет удельных капитальных вложений											
$K_y = \frac{Ц_{т.б.}}{T_{т} * W_{п}}$			=	4400000	=	2693,709					
				1000	*	1,63					
$C_{з} =$		256,524008	+	182,927329	+	1077,4836	=	1516,93494	, руб/га		
$C_{п} =$		1516,93494	+	0,1 * 2693,709	=	1786,30584	, руб/га				
6.3 Расчет относительного показателя стоимости выполнения технологического процесса											
$C_{т} = \frac{C_{п \min}}{C_{п}}$											
	где:	$C_{п \min}$	– минимальные приведенные затраты из сравниваемых тракторов, руб/га;								
		Принимаем:	$C_{п \min} =$	1777	, руб/га						
		$C_{п}$	– приведенные затраты оцениваемых тракторов, руб/га;								
		Принимаем:	$C_{п} =$	1786,30584	, руб/га						
$C_{т} =$		1777	=	0,99479046	, руб/га						
		1786,30584									

7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ МЭС

Технологический уровень - конструктивный показатель, характеризующий на сколько средство техническое предназначено для выполнения технологических операций

$$Пт = f(Y_T; A_T; W_P; B; П_а; C_п)$$

Эти показатели не связаны между собой никакой функциональной зависимостью, поэтому определяем методом ранжирования при помощи экспертов

$$Пт = S_{Y_T} * Y_T + S_{A_T} * A_T + S_{W_P} * W_P + S_B * B + S_{П_а} * П_а + S_{C_п} * C_п$$

где: $S_{Y_T}, S_{A_T}, S_{W_P}, S_B, S_{П_а}, S_{C_п}$ – коэффициенты весомости единичных показателей. Определяется рангом присвоенный ему экспертами:

	S_{Y_T}	S_{A_T}	S_{W_P}	S_B	$S_{П_а}$	$S_{C_п}$	
Расчёт экспертов	0,19	0,29	0,04	0,14	0,23	0,11	
Пт =	0,19 *	0,64	+	0,29 *	0,79276471	+	0,04 *
	0,14 *	1,46986885	+	0,23 *	0,785	+	0,11 *
Пт =	197,335722						
Сравнительная таблица							
	Y_T	A_T	W_P	B	$П_а$	$C_п$	
Разрабатываемый трактор	0,64	0,79276471	0,99	1,46986885	0,785	0,99479046	
Трактор-аналог							

ГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИЭС

	Значения показателей	
Y_T	0,64	0,66
A_T	0,792764706	0,733244306
W_P	0,99	1,002296706
B	1,469868855	0,917132046
$П_а$	0,785	0,76
$C_п$	0,994790457	1
	Разрабатываемый трактор	Трактор-аналог



В таблице 5.1 представлены значения, которые были получены в результате проведения расчетов для оценки потребительских свойств тракторов.

5.1 Таблица. Результаты расчета потребительских свойств МЭС

	MT3 82.1	John Deere 6175R AP	Valtra T214 Direct	Case IH Puma 175 CVX	Claas Arion 650 Cmatic	MT3 80	Kubota MU 5502.	Deutz-Fahr 7250 TTV	Fendt 720 Vario	John Deere 6175R AP	McCormick X7.670 VT-Drive	Агромаш 8.5 ТК	Kubota B2441
<i>Ym</i>	0,66	0,51	0,18	0,15	0,60	0,65	0,64	0,51	0,60	0,51	0,15	0,60	0,64
<i>Am</i>	0,73	0,54	0,55	0,53	0,75	0,73	0,79	0,54	0,64	0,54	0,53	0,64	0,79
<i>Wn</i>	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
<i>Б</i>	0,91	0,84	0,81	0,83	0,83	0,90	0,46	0,84	0,83	0,84	0,83	0,83	0,46
<i>Па</i>	0,76	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,78	0,78	0,76	0,78	0,77	0,76	0,78
<i>Cn</i>	1	0,73	1	1	1	1	1	1	1	0,73	1	1	0,99

Выводы по главе 5

1. Был осуществлен тщательный анализ и сравнение разнообразных тракторных моделей с учетом их технических особенностей. Полученные данные могут быть использованы для создания новых тракторов, усовершенствования их конструкции и эксплуатационных свойств, а также для анализа и оценки уже существующих на рынке моделей.

2. Создано специальное программное обеспечение для анализа потребительских качеств мобильных источников энергии, что значительно упрощает и повышает точность оценки.

3. Результаты оценки потребительских свойств тракторов представлены в виде диаграмм и графических представлений, облегчающих понимание и интерпретации результатов. В итоге, работа привела к существенному улучшению методов оценки и оптимизации технологических параметров сельскохозяйственной техники, в том числе и тракторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящего исследования была осуществлена комплексная оценка технологического уровня сельскохозяйственных тракторов, охватывающая аспекты безопасности, степени автоматизации и прочие ключевые параметры. Основные результаты и выводы исследования формулируются следующим образом:

1. Разработана методика, позволяющая проводить оценку безопасности кабин сельскохозяйственных тракторов в контексте условий труда. Методика включает анализ таких факторов, как размеры и конструктивные особенности кабин, эргономика доступа и размещения, удобство использования управляющих элементов, видимость, характеристики микроклимата, уровень запыленности и загрязненности воздуха, а также шумовые и вибрационные нагрузки. Введенные коэффициенты весомости отдельных показателей безопасности обеспечивают более точную оценку их воздействия на общий уровень безопасности.

2. Усовершенствована методика для оценки степени автоматизации тракторов, учитывающая автоматизацию двигателя, трансмиссии, систем подключения переднего моста, гидросистемы навески, систем управления трактором, наличие гибридных силовых установок и электромоторов в колесах. Данная методика позволяет определить интегральный показатель автоматизации и осуществлять сравнение различных моделей тракторов.

3. В исследовании предложен комплексный подход, включающий анализ множества факторов, таких как технологическая универсальность, агротехнические характеристики, производительность, безопасность и уровень автоматизации. Это способствует более всесторонней и объективной оценке технологического уровня тракторов.

4. В работе применяется метод экспертных оценок для определения коэффициентов весомости показателей безопасности и автоматизации, что позволяет учитывать мнение специалистов и повышать точность и

объективность оценок.

5. Проведен анализ и сравнительный обзор различных моделей тракторов на основе их технологических характеристик. Определение коэффициентов весомости для отдельных показателей дало возможность более точно оценить их влияние на общий уровень безопасности и автоматизации.

6. По результатам произведенных расчетов, наибольшее значение комплексного показателя безопасности кабин тракторов $B = 4,02$ имеет трактор модели Valtra T214 Direct и трактор Агромаш ВТЗ 2032 имеет значение показателя $B = 3,38$.

7. Был проведен анализ параметров исследуемых тракторов относительно эталонных величин, в результате, которого лучшие показатели имеет кабины тракторов John Deere 6175R AP и Kubota MU5502.

8. Результаты исследования могут быть использованы в процессе разработки новых моделей тракторов, совершенствования их конструкции и эксплуатационных характеристик, а также для оценки и сравнения различных моделей на рынке.

В заключение, данное исследование вносит значительный вклад в развитие методик оценки и повышения технологических параметров сельскохозяйственных тракторов, что придает ему актуальность и практическую ценность для специалистов агропромышленного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абель Э. Макроэкономика / Абель Э., Бернанке Б. – СПб.: Питер., 2010. – 768с.
2. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно–тракторных агрегатов. – Л.: Колос, 1978. – 296с.
3. Алиев К.И. Математическая модель выполнения технологических операций в условиях реформирования сельского хозяйства / Алиев К.И. // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – №3.
4. Аллилуев В.А., Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / Аллилуев В.А., Ананьин А.Д., Михлин В.М. – М.: Агропромиздат, 1991. – 368с.
5. Андреев П.А., Тенденции развития и эффективности зарубежной сельскохозяйственной техники / Андреев П.А., Драгайцев В.И., Буклагин Д.С. – М.: Информагротех, 1998. – 96с.
6. Антонец Д.А., Теоретические основы количественной оценки уровня технической эксплуатации тракторов // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – №6.
7. Бабченко Л.А. Оценка уровня эксплуатации тракторов // Механиз. и электриф. соц. с.-х. – 1985. – №1. – С. 24-26.
8. Баловнев, В. И. Автомобили и тракторы. Краткий справочник / Баловнев В.И, Данилов Р.Г. - М.: ИЗДАТЕЛЬСТВО "АСТ", 2008. - 384 с.
9. Бейлис В.М. Общие технические и технологические требования к системе инновационных машинных технологий и техники // Научно - практический журнал «Трактора и сельхозмашины». – 2016. - №5. – С. 49-52.
10. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 432с.
11. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. 2-е изд., перераб. и дополн. / Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. – М.: Статистика, 1980. – 263с.
12. Борисовская А. О., Спирин В. Ф. Изучение влияния условий труда на здоровье механизаторов сельского хозяйства // Bulletin of Medical Internet Conferences. — 2019.
13. Буянов Е. С., Новикова Т. А. Априорный профессиональный риск для здоровья механизаторов сельского хозяйства // Здоровье населения и среда обитания. — 2011. — №12. — С. 33–36.
14. Гуськов, В.В. Основы эргономики и дизайна многоцелевых колесных и гусеничных машин: методическое пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Гуськов В.В., Клютко Д.В., Кухарёнок Л.В. – М.:2011 – 60 с.

15. Важдаев В.П. Обеспечение ремонтпригодности новых моделей тракторов на стадии их создания / Важдаев В.П., Кугель Р.В., Петросян П.Ш. //Тракторы и с.-х. машины. – 1983. – №10. – С. 3-5.ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8с.
16. Галушко М.Д. Показатели ремонтной технологичности конструкции тракторов // Механиз. и электриф. соц. с.-х. – 1969. – №2. – С. 10-13.
17. ГОСТ 12.2.002.1-91. Система стандартов безопасности труда. Тракторы сельскохозяйственные и лесные колёсные. Метод динамических испытаний защитных конструкций.
18. ГОСТ 12.2.002.6-91. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Метод определения герметичности кабин.
19. ГОСТ 12.2.002-91. Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности.
20. ГОСТ 12.2.120-2015. Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности.
21. ГОСТ 12.4.026-76. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
22. ГОСТ 19677-87. Тракторы сельскохозяйственные. Общие технические условия.
23. ГОСТ 2.3554.1–79 Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции.– М.: Изд-во стандартов, 1979. – 9с.
24. ГОСТ 20062-96. Сиденье тракторное. Общие технические условия.
25. ГОСТ 23660-79. СТОИРТ. Обеспечение ремонтпригодности при разработке изделий. – Введен с 01.07.1981
26. ГОСТ 24055-88. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16с.
27. ГОСТ 24059-88. Методы эксплуатационно-технологической оценки транспортных средств на этапе испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16с.
28. ГОСТ 26336-97. Тракторы, машины для сельского и лесного хозяйства, самоходные механизмы для газонов и садов. Условные обозначения (символы) элементов систем управления, обслуживания и отображения информации.
29. ГОСТ 27.002-89. ССНТ. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введен с 01.07.1990

30. ГОСТ 27.003-90. ССНТ. Состав и общие правила задания требований по надежности. – Введен с 01.01.1992
31. ГОСТ 27.502–83 Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 15с.
32. ГОСТ 27021-86. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8с.
33. ГОСТ 30869-2003. Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Пневматика.
34. ГОСТ 32431-2013. Машины для сельского и лесного хозяйства. Монтаж устройств освещения и световой сигнализации для проезда по дорогам общего пользования.
35. ГОСТ 4.40-84. СПКП. Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей. – Введен с 01.01.1985
36. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов. – 11с.
37. Грибов И.В. Мощность - основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции / И.В. Грибов, Н.В. Перевозчикова // Научный журнал «Вестник». – 2017. - №5. – С. 18-22.
38. Грибов И.В., Зенин А.С., Коломейченко А.В., Шипов М.В., Карякин С.Б., Перевозчикова Н.В. Оценка функциональных характеристик тракторов тягового класса 4,0. Агроинженерия. 2025;27(1):53-58.
39. Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Оценка потребительских свойств тракторов Беларусь // Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы Международной научно-практической конференции. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 349-352.
40. Гуськов В.В., Бойков В.П., Клютко Д.В., Кухаренок Л.В. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Эргономика и дизайн. Издательство "Новое знание", 2014 – 350 с.
41. Гуськов В.В., Бойков В.П., Клютко Д.В., Кухаренок Л.В. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Эргономика и дизайн., 2014 – 46-58 с.
42. Гуцелюк, Н. А. Выбор трактора для лесохозяйственных работ / Гуцелюк Н.А., Спиридонов С.В. - М.: ПрофиКС, 2006. - 136 с.
43. Домке Э.Р., Жесткова С.А. Сертификация и лицензирование в сфере производства и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования. 2025.

44. Искандаров Т. И., Ибрагимова Г. З., Шамансурова Х. Ш. Методическое руководство по разработке модели прогнозирования профессионального риска и меры профилактики.
45. Каталог деталей тракторов "Беларусь" / ред. Ксенович И.П. - М.: Минск: Ураджай, 2013. - 312 с.
46. Кашакова А.С., Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Улучшение условий труда тракториста путем снижения вибрации в кабине трактора / А.С. Кашакова, Ю.В. Старовойтова, Н.В. Перевозчикова. - 2021. С. 142-146.
47. Кутьков Г.М. Трактор второго поколения. М.: ФБГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина, 2013. – 104с.
48. Кутьков, Г.М. Трактора и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 504с.
49. Кутьков Г.М. Трактора и автомобили. Теория и технологические свойства: Учеб. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 506с.
50. Кутьков Г.М., Кузьмичев В.В. Методика оценки агротехнических свойств мобильных энергосредств. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 7. С.
51. Кутьков Г.М., Кузьмичев В.В. Методика оценки агротехнических свойств мобильных энергосредств. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 7. С. 18-21
52. Литвак Б. Г. Экспертная информация. Методы получения и анализ. – М.: Радио и связь, – 1982. – С. 87–91.
53. Литвак Б. Г. Экспертная информация. Методы получения и анализ. – М.: Радио и связь, – 1982. – С. 87–91.
54. Математическая статистика / Под. Ред. Ивановой В.М. – М.: Высшая школа, 1981. – 368с.
55. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.019-2015 "Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2016 г. N 831-ст)
56. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.2.120-2015 "Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2016 г. N 825-ст).
57. Межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 6682-2017 "Машины землеройные. Зоны комфорта и досягаемости для органов управления"
58. Морозов Ю.Л. Методика сравнительной оценки эффективности сельскохозяйственной техники с использованием интегрального показателя.

// Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2012. – № 83. – С. 5–14.

59. Новикова Т. А. Гигиенические аспекты оценки и управления профессиональным риском для здоровья механизаторов сельского хозяйства // Здравоохранение Российской Федерации. — 2011. — №4. — С. 72–73.

60. Оловников И. В. Методы обработки информации, полученной от экспертов // Вестник ИрГСХА. – 2009. – № 36. – С. 74–86.

61. Ольховацкий, А. К.. О Возможности Повышения Послеремонтного Ресурса Тракторов При Помощи Нанодобавок / Ольховацкий Александр Константинович. - Москва: ИЛ, 2012. - 257 с.

62. Перевозчикова Н.В., Родченков Д.А., Грибов И.В. Оценка потребительских свойств тракторов Джон Дир // Вестник ФГОУ ВО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1. С. 40-44.

63. Перевозчикова Н.В., Старовойтова Ю.В., Кашакова А.С. Улучшение условий труда тракториста путём снижения уровня шума в кабине трактора 2021. С. 137-141.

64. Подобед, В.В. Каталог деталей пропашных тракторов / В.В. Подобед, М.А. Бродский. - Л.: Сельхозгиз, 2000. - 548 с.

65. Постановление Правительства РФ от 01.08.2016 №740 «Об определении функциональных характеристик потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» // Собр. законодательства Российской Федерации.

66. Саакян Д.Н. Система показателей комплексной оценки мобильных машин. – М.:Агропромиздат,1988. – 420с.

67. Симарев Ю. Математические методы анализа эффективного использования сельскохозяйственной техники // АПК, экономика, управление. – 1999. – №6. – С. 59-64.

68. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа: учеб. пособие / В.Н. Спицнадель в АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – 326с.

69. Старовойтова Ю.В. Анализ уровня обзорности в кабинах современных тракторов. Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Москва, 2023. С. 109-112.

70. Старовойтова Ю.В., Определение комплексного показателя безопасности / Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В // Техника и оборудования для села – 2025. – № 7. – С. 5-7.

71. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Влияние безопасности условий труда тракториста на технологические свойства мобильных энергетических средств. Чтения академика В. Н. Болтинского. 2022. С. 97-102.

72. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Влияние микроклимата в кабине трактора на выполнение технологических операций Чтения академика В. Н. Болтинского. 2023. С. 407-412.

73. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Влияние микроклимата в кабине трактора на выполнение технологических операций. Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича. Сборник статей. Москва, 2024. С. 500-504.

74. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Определение комплексного показателя безопасности. Техника и оборудование для села. 2025. № 7 (337). С. 5-7.

75. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В. Создание инструментария для оценки безопасности кабин тракторов в сельском хозяйстве, ориентированного на условия труда. Техника и оборудование для села. 2025. № 9 (339). С. 2-4.

76. Старовойтова Ю.В., Перевозчикова Н.В., Брылова Т.В. Оценка потребительских свойств мобильных энергетических средств. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025680580, 07.08.2025. Заявка № 2025668474 от 23.07.2025.

77. Топилин Г. Е. Экспертная оценка приспособленности тракторов к техническому обслуживанию // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1978. – № 5. – С. 34–37.

78. Топилин Г.Е. Выбор показателей при оценке эксплуатационной технологичности тракторов / Г.Е. Топилин, Ю.И. Царапкина, Э.Я. Бендицкий. // Механиз. и электриф. соц. с.-х. – 1979. – №11. – С. 28-31.

79. Топилин Г.Е. Оценка технологичности конструкции тракторов при ТО // Тракторы и с.-х. машины. – 1977. – №4. – С. 3-4.

80. ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА ТР ТС 031/2012 О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним (с изменениями на 24 ноября 2023 года)

81. Трепененков И.И. Номинальная сила тяги сельскохозяйственного трактора И.И. Трепененков, А.А. Юшин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. – №12. – С. 17–18.

82. Федоренко В.Ф, Буклагин Д.С., Ерохин М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике. – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2011. 248 с.

83. Федоренко В.Ф, Буклагин Д.С., Ерохин М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике. – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2011. 248 с.

84. Хайлис Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169с.
85. Храмцов Н. В. Надежность отремонтированных автотракторных двигателей – М.: Росагропромиздат, 1989. – 159с.
86. Харченко М.А. Корреляционный анализ. – Воронеж.: Монография, 2008. – 30с.
87. Чекмарев П.А. Характеристика опасных природных явлений, риск возникновения и их влияние на сельскохозяйственное производство в субъектах Российской Федерации / П.А. Чекмарев, И.К. Абдрахманов и др. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2009. – 203с.
88. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М.: Колос, 1972. – 384с.
89. Чухчина Н.Ф. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / Н.Ф. Чухчина, В.М. Старикова. – М.: Машиностроение. – 1982. – 256с.
90. Шатуновский Г.М. Технологичность конструкции сельскохозяйственных машин. – М.: Машгиз, 1960. – 367с.
91. Шарипов, В. М. Конструирование и расчет тракторов / В.М. Шарипов. - М.: Машиностроение, 2009. - 752 с.
92. Штерев П. И. Определение рационального перечня приборов контроля работы машинно-тракторного агрегата / П.И Штерев, Э.Б. Имас // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1978. – № 5. – С. 34–37.
93. Эксплуатация и ремонт тракторов «Беларусь» (Экономические вопросы) / Б.Н. Штомпель, П.Я. Любчевский, М.А. Друх и др. – Мн.: Урожай, 1975. – 176с.
94. Юдин М. И. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий: учебник / М. И. Юдин, М. Н. Кузнецов, А. Т. Кузовлев и др. – Краснодар: Совет. Кубань, 2007. – 968с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025680580

Оценка потребительских свойств мобильных энергетических средств

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет -
МСХА имени К.А. Тимирязева» (RU)*

Авторы: *Старовойтова Юлия Викторовна (RU),
Перевозчикова Наталия Васильевна (RU), Брылова
Татьяна Викторовна (RU)*



Заявка № 2025668474

Дата поступления 23 июля 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 07 августа 2025 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Документ подписан электронной подписью
Сертификат 0672e703a63000f65d2e01670bca2026
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.01.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина
д.т.н., профессор

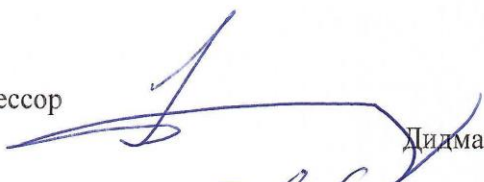
Арженовский А.Г./
2025г.

АКТ

о внедрении результатов исследования, полученных в кандидатской диссертации аспиранта кафедры тракторов и автомобилей института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Старовойтовой Юлии Викторовны на тему: «Разработка методики оценки потребительских свойств сельскохозяйственных тракторов по условиям труда»

Комиссия в составе: председателя – Академика РАН, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой тракторов и автомобилей Дидманидзе О.Н. и членов комиссии: к.т.н., доцента Пуляева Н.Н., к.т.н., доцента Гузалова А.С., д.т.н., доцента Евграфова А.В. установила, что материалы кандидатской диссертации аспиранта кафедры тракторов и автомобилей Старовойтовой Ю.В. внедрены в учебный процесс на кафедре тракторов и автомобилей. Разработанная программа для работы на ЭВМ «Оценка потребительских свойств мобильных энергетических средств» используется для подготовки студентов по направлениям: 35.03.06 и 35.04.06 «Агроинженерия».

Председатель комиссии:
Академик РАН, д.т.н., профессор
заведующий кафедрой


Дидманидзе О.Н.

Члены комиссии:
к.т.н., доцент


Пуляев Н.Н.

к.т.н., доцент


Гузалов А.С.

д.т.н., доцент


Евграфов А.В.



Международная студенческая научно-практическая конференция

Организаторы:
ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
Студенческое научное общество
20 - 23 марта 2018 года, г. Москва, Россия

International research/practice conference for students

Organized by:
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education "Russian Timiryazev State Agrarian University"
The Student scientific society
March, 20th – 23th, 2018, Moscow, Russia

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

Подтверждает участие

Confirms participation

Старовойтова Юлия Викторовна

Улучшение условий труда тракториста путем снижения вибрации на рабочем месте
оператора

в 71-й Международной студенческой научно-практической
конференции, посвященной 130-летию со дня рождения
А.В. Чаянова

In 71th International research/practice conference
for students dedicated to 130th anniversary
of A.V. Chayanov

д.с.-х.н., профессор Сергей Леонидович БЕЛОПУХОВ

Проректор по науке и инновационному развитию
РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Vice-rector for science and innovative development
Russian Timiryazev State Agrarian University



Международная студенческая научно-практическая конференция



International research/practice conference
for students

Организаторы:
ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный
университет - МСХА имени К.А. Тимирязева
Студенческое научное общество
26 - 29 марта 2019 года, г. Москва, Россия

Organized by:
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education "Russian Timiryazev State Agrarian University"
The Student scientific society March,
26th - 29 th, 2019, Moscow, Russia

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

Подтверждает участие

Confirms participation

Старовойтова Юлия Викторовна

Улучшение условий труда тракториста путем снижения шума на рабочем месте оператора
на примере трактора МТЗ-1221

в 72-й Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной
145 летию со дня рождения А.Г. Дояренко

In 72th International research/practice
conference for students dedicated to 145th
anniversary of A.G. Doyarenko

Д.э.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ Алексей Валерьянович Голубев

И.о. проректора по науке и инновационному развитию
РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева

Acting vice-rector for science and innovative Russian
Timiryazev State Agrarian University

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

Международная научная конференция
молодых учёных и специалистов, посвящённая
180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева

Выдан

Старовойтова Юлия Викторовна

за доклад на тему:

Эргономика рабочего места тракториста

на секции

Инновационная техника и технологии в АПК



В.И. Трухачев

Ректор,
Академик РАН,
профессор



РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева

Москва, 5-7 июня 2023 г.

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

Международная научная конференция
молодых учёных и специалистов, посвящённая
160-летию Тимирязевской академии

Выдан

Старовойтова Юлия Викторовна

за доклад на тему:

Оценка влияния шума в кабине трактора на механизатора

на секции

Современные тенденции энергосбережения в АПК.



РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева

Москва, 2-4 июня 2025 г.

В.И. Трухачев
Ректор,
Академик РАН,
профессор

