7universum.com
UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года

Выпуск: 6(147)

Июнь 2026

Часть 10

Москва
2026

Содержание

Статьи на русском языке **4**

Инфраструктура и транспорт **4**

Транспорт и транспортные системы **4**

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВИЖНОЙ ТЕХНИКИ 4
Айсарын Серик Айсарынулы

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ДЕКОЛЬМАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ И ПРИФИЛЬТРОВОЙ ЗОНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА 14
Заиров Шерзод Шарипович
Мехмонов Максуд Раббонокул угли
Норматова Муборак Жабборовна
Худайбердиев Ойбек Жумаевич

Агроинженерия и технологии апк **26**

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА НА ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ГИБКОЙ ТРУБЕ 26
Ганжаев Шохрух Азамат угли
Купайсинова Хуршидахон Араббой кизи

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБНЕОБРАЗУЮЩЕГО КАТКА С УПРУГИМИ РАБОЧИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ОРОШАЕМЫХ ЗАСУШЛИВЫХ ПОЧВ 35
Раззаков Тура Холмурадович
Киямов Асрор Зиядуллаевич
Хамроев Обид Жонибаевич
Эргашов Гайрат Худоёрович
Рахматов Махмуд Исматович
Баймаханов Кенжемирза
Буртыль Юрий Валерьевич
Холова Зайнаб Кахрамон кизи

Экология и безопасность **48**

Экология и техносферная безопасность **48**

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ 48
Ахундов Рамиль Гурбанали оглы
Гашимов Эльшан Гияс оглы
Талыбов Азиз Машаллах оглы

Статья поступила в редакцию: 21.05.2026

Статья принята к публикации: 01.06.2026

Статья опубликована: 28.06.2026

УДК 631.3+631.4

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБНЕОБРАЗУЮЩЕГО КАТКА С УПРУГИМИ РАБОЧИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ОРОШАЕМЫХ ЗАСУШЛИВЫХ ПОЧВ

Раззаков Тура Холмурадович
доц.
кафедры Транспортной инженерии
Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши

Киямов Асрор Зиядуллаевич
доц.
кафедры Транспортной инженерии
Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши

Хамроев Обид Жонибаевич
доц.
кафедры Транспортной инженерии
Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши

Эргашов Гайрат Худоёрович
доц.
кафедры Транспортной инженерии
Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши

Рахматов Махмуд Исматович
доц.
кафедры Гидравлики и строительства инженерных сооружений,
Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши

Баймаханов Кенжемирза
доц.
Южно-Казахстанского исследовательского
университет имени М. Ауэзова,
Казахстан, г. Шымкент

Библиографическое описание: ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБНЕОБРАЗУЮЩЕГО КАТКА С УПРУГИМИ РАБОЧИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ОРОШАЕМЫХ ЗАСУШЛИВЫХ ПОЧВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Раззаков Т.Х. [и др.]. 2026. 6(147). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/22916*

Буртыль Юрий Валерьевич
доц. кафедры Транспортные системы и технологии
Белорусский национальный технический университет,
Беларусь, г. Минск

Холова Зайнаб Кахрамон кизи
докторант
Каршинского государственного технический университет,
Узбекистан, г. Карши

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF A RIDGE-FORMING ROLLER WITH ELASTIC WORKING ELEMENTS FOR IRRIGATED ARID SOILS

Razzakov Tura Kholmuradovich
Associate Professors of the Department of Transport Engineering,
Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Kiyamov Asror Ziyadullaevich
Associate Professors of the Department of Transport Engineering,
Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Khamroev Obid Jonibaevich
Associate Professors of the Department of Transport Engineering,
Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Ergashev Gayrat Khudoyorovich
Associate Professors of the Department of Transport Engineering,
Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Rakhmatov Makhmud Ismatovich
Associate Professor of the Department
of Hydraulics and Construction of Engineering Structures,
Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Baimakhanov Kenzhemirza
Associate Professor
of M. Auezov South Kazakhstan Research University,
Kazakhstan, Shymkent

Burtyl Yuriy Valeryevich
Associate Professor
of the Department of Transport Systems and Technologies,
Belarusian National Technical University,
Belarus, Minsk

Kholova Zaynab Kakhramon Kizi
Doctoral Researcher
of Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности предпосевной обработки почвы в условиях орошаемого засушливого земледелия путем применения гребнеобразующего катка с упругими стержневыми элементами. Выполнен анализ процессов взаимодействия рабочего органа с почвой, сопровождающихся локализованным динамическим воздействием, перераспределением контактных напряжений и разрушением почвенных агрегатов. Проведены полевые экспериментальные исследования на светлых суглинистых почвах южных регионов Узбекистана при влажности 10–13 %, плотности сложения 1,3 г/см³ и сопротивлении проникновению около 1,7 МПа.

Для оценки эффективности работы экспериментального катка использовались показатели степени крошения почвы, тягового сопротивления и удельной энергоёмкости обработки. Исследования проводились с применением тензометрической системы измерений и методологии поверхности отклика (RSM). Установлено, что использование упругих стержневых элементов обеспечивает повышение степени крошения почвы на 12–18 % и снижение тягового сопротивления примерно на 9 % по сравнению с традиционными жёсткими катками.

Наиболее эффективный режим работы достигался при диаметре стержней 4 мм, количестве стержней 65–70, рабочей ширине около 0,6 м, вертикальной нагрузке порядка 0,87 кН и рабочей скорости 8–9 км/ч. Полученные результаты подтверждают перспективность применения упругих рабочих органов для повышения энергетической эффективности и качества предпосевной обработки почвы.

Abstract

The article addresses the issues of improving the efficiency of pre-sowing soil tillage under irrigated arid farming conditions through the application of a ridge-forming roller equipped with elastic rod elements.

An analysis was carried out of the interaction processes between the working body and the soil, accompanied by localized dynamic воздействия, redistribution of contact stresses, and destruction of soil aggregates.

Field experimental studies were conducted on light loamy soils of the southern regions of Uzbekistan at a soil moisture content of 10–13%, bulk density of 1.3 g/cm³, and penetration resistance of approximately 1.7 MPa.

To evaluate the performance efficiency of the experimental roller, the degree of soil fragmentation, draft resistance, and specific energy consumption of tillage were used as assessment criteria. The investigations were performed using a strain-gauge measurement system and Response Surface Methodology (RSM). It was established that the use of elastic rod elements increased the degree of soil fragmentation by 12–18% and reduced draft resistance by approximately 9% compared with conventional rigid rollers.

The most effective operating mode was achieved with a rod diameter of 4 mm, a rod quantity of 65–70, a working width of about 0.6 m, a vertical load of approximately 0.87 kN, and an operating speed of 8–9 km/h. The obtained results confirm the prospects of using elastic working bodies to improve the energy efficiency and quality of pre-sowing soil tillage.

Ключевые слова: гребнеобразующий каток, упругие стержневые элементы, дробление почвы, тяговое сопротивление, энергоёмкость, орошаемые засушливые почвы, динамическое взаимодействие.

Keywords: Ridge-forming roller, elastic rod elements, soil fragmentation, draft resistance, energy consumption, irrigated arid soils, dynamic interaction.

Введение

В современных условиях развития сельскохозяйственного производства особое значение приобретает повышение эффективности обработки почвы при одновременном снижении энергетических затрат. Для орошаемых засушливых регионов характерны повышенная плотность сложения почвы, недостаточная влажность и высокая механическая прочность почвенных агрегатов, что существенно усложняет процессы предпосевной подготовки.

Одним из важнейших этапов предпосевной обработки является формирование качественного гребневого профиля и создание оптимального агрегатного состава почвы. От степени крошения почвы зависят условия инфильтрации влаги, аэрация, прорастание семян и развитие корневой системы сельскохозяйственных культур.

Традиционные гребнеобразующие катки, оснащённые жёсткими рабочими элементами, обеспечивают разрушение почвенных агрегатов преимущественно за счёт непрерывного поверхностного сжатия и сдвиговой деформации. Однако в условиях сухих и уплотнённых почв подобный характер взаимодействия сопровождается увеличением тягового сопротивления, ростом энергозатрат и развитием локального переуплотнения.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности обработки почвы является применение упругих рабочих элементов, способных создавать локализованные динамические воздействия в зоне контакта с почвой. В процессе работы упругие стержневые элементы деформируются, аккумулируют часть энергии взаимодействия и затем частично высвобождают её в виде кратковременных динамических импульсов. Это способствует образованию локальных концентраций напряжений и интенсификации разрушения почвенных агрегатов.

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых взаимодействию рабочих органов с почвой, вопросы влияния упругой деформации стержневых элементов на процессы дробления почвы и энергетические показатели работы гребнеобразующих катков изучены недостаточно.

Целью настоящего исследования является обоснование рациональных конструктивных и режимных параметров гребнеобразующего катка с упругими стержневыми элементами для повышения качества предпосевной обработки почвы и снижения энергоёмкости технологического процесса.

Материалы и методы исследований

1.1. Условия проведения экспериментов

Полевые исследования проводились в условиях Кашкадарьинской области Республики Узбекистан на светлых суглинистых почвах, характерных для орошаемого аридного земледелия.

Физико-механические свойства почвы в период проведения испытаний составляли:

Таблица 1. Значения

Показатель	Значение
Влажность почвы	10–13 %
Плотность сложения	1,3 г/см³
Сопротивление проникновению	1,7 МПа
Размер агрегатов	10–50 мм

Экспериментальные исследования проводились после чизелевания почвы на участке площадью 2 га. Длина каждой опытной делянки составляла 100 м. Каждый опыт выполнялся в трёхкратной повторности.

1.2. Конструкция экспериментального гребнеобразующего катка

В качестве базовой технологической платформы использовался серийный гребнеобразователь GH-4, оснащённый экспериментальным катком с упругими стержневыми элементами.

Упругие элементы представляли собой стальные стержни круглого сечения, установленные на вращающихся дисках катка. В процессе движения агрегата стержни последовательно взаимодействовали с поверхностью гребня, создавая локализованные зоны динамического нагружения.

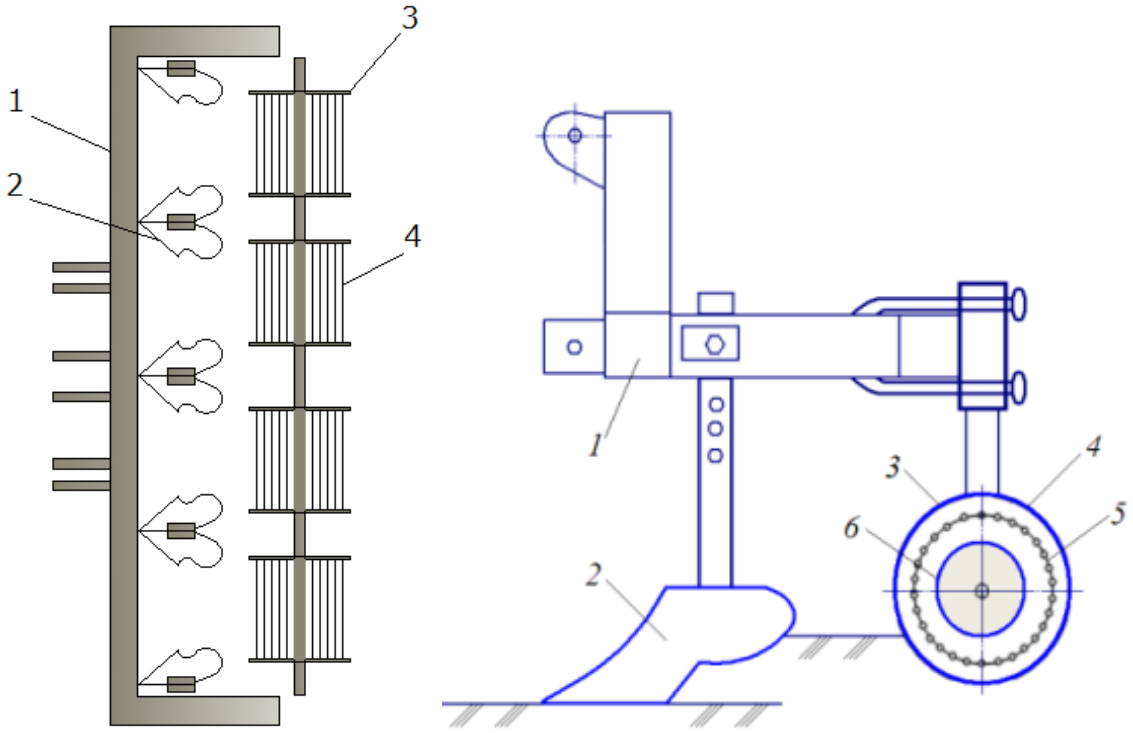


Рисунок 1. Конструкция гребнеобразующего катка с упругими стержневыми элементами

1-рама, 2-окучник, 3-каток, 4-эластические стержни, 5-обод с отверстиями для стержней, 6-жёсткий стержень



а б

Рисунок 2. Общий вид экспериментального гребнеобразующего агрегата

1.3. Исследуемые факторы

В ходе исследований варьировались следующие параметры:

Таблица 2. Параметры

Фактор	Обозначение	Диапазон
Диаметр стержня, мм	X1	2–5
Рабочая скорость, км/ч	X2	6–9
Количество стержней	X3	50–80
Вертикальная нагрузка, кН	X4	0,5–1,1

1.4. Методика измерений

В ходе исследований определялись:

-коэффициент крошения почвы;

-тяговое сопротивление;

-удельная энергоёмкость;

-высота гребня.

Тяговое сопротивление измерялось с использованием тензометрической системы с частотой регистрации 50 Гц.

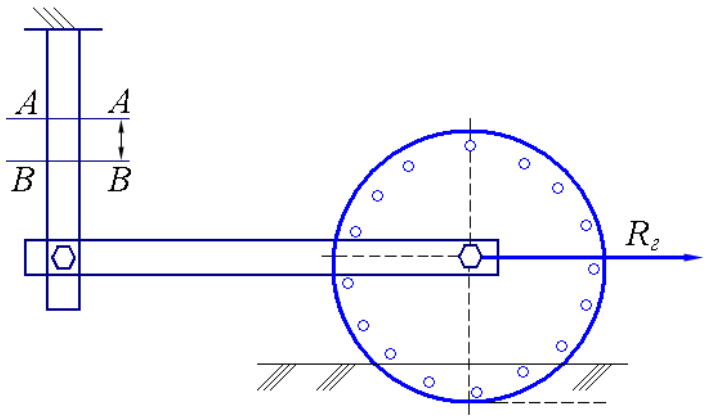


Рисунок 3. Схема тензометрической системы измерения тягового сопротивления

Степень крошения определялась методом просеивания почвенных агрегатов.

1.5. Методика расчёта энергоёмкости

Удельная энергоёмкость обработки определялась по выражению:

$E = Rt \cdot v / (B \cdot h)$

где:

E – удельная энергоёмкость, кДж/м³;

Rt – тяговое сопротивление, кН;

v – скорость движения, м/с;

B – ширина захвата, м;

h – глубина обработки, м.

2. Теоретические основы взаимодействия упругих элементов с почвой

В процессе взаимодействия упругих стержневых элементов с поверхностью почвы формируются локализованные зоны контактного нагружения.

В отличие от традиционных жёстких катков, создающих непрерывное поверхностное сжатие, упругие стержни обеспечивают циклическое динамическое воздействие на почвенную среду.

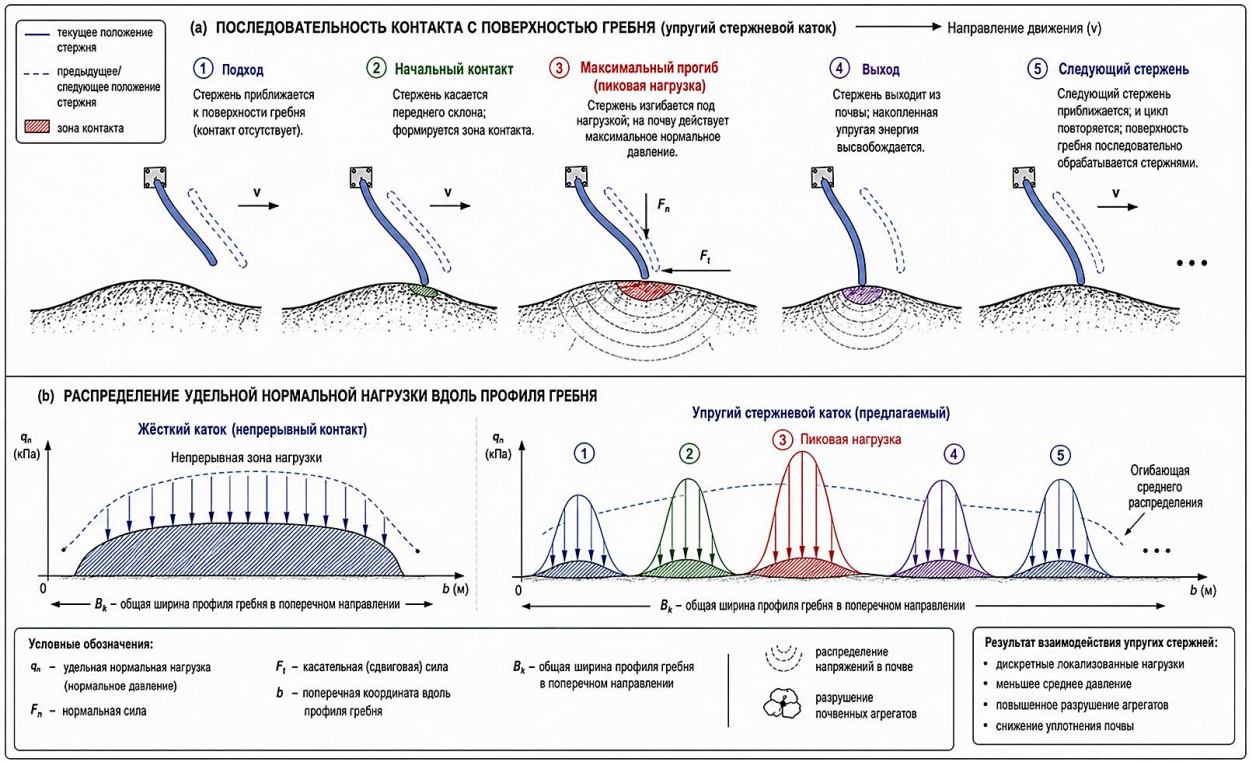


Рисунок 4. Схема локализованного взаимодействия упругих стержней с поверхностью гребня

Разрушение почвенных агрегатов происходит в результате превышения локальных напряжений над пределом прочности почвы при растяжении и сдвиге.

Полное тяговое сопротивление может быть представлено в виде:

$$R = Rc + Rs + Rd$$

где:

Rc – сопротивление уплотнению;

Rs – сопротивление сдвигу;

Rd – динамическая составляющая сопротивления.

Увеличение диаметра стержней сопровождается ростом изгибной жёсткости:

$EI \propto d^4$

Это приводит к изменению характера контактного взаимодействия и интенсивности динамического воздействия на почву.

3. Результаты экспериментальных исследований

3.1. Влияние диаметра стержней на степень крошения почвы

Экспериментальные результаты показали, что увеличение диаметра стержней от 2 до 4 мм сопровождалось повышением степени крошения почвы.

Таблица 3. Влияние диаметра стержней на коэффициент крошения

Диаметр стержня, мм	Крошение при 6 км/ч, %	Крошение при 9 км/ч, %
2	82,3	79,8
3	84,7	82,1
4	87,1	85,3
5	85,2	83,0

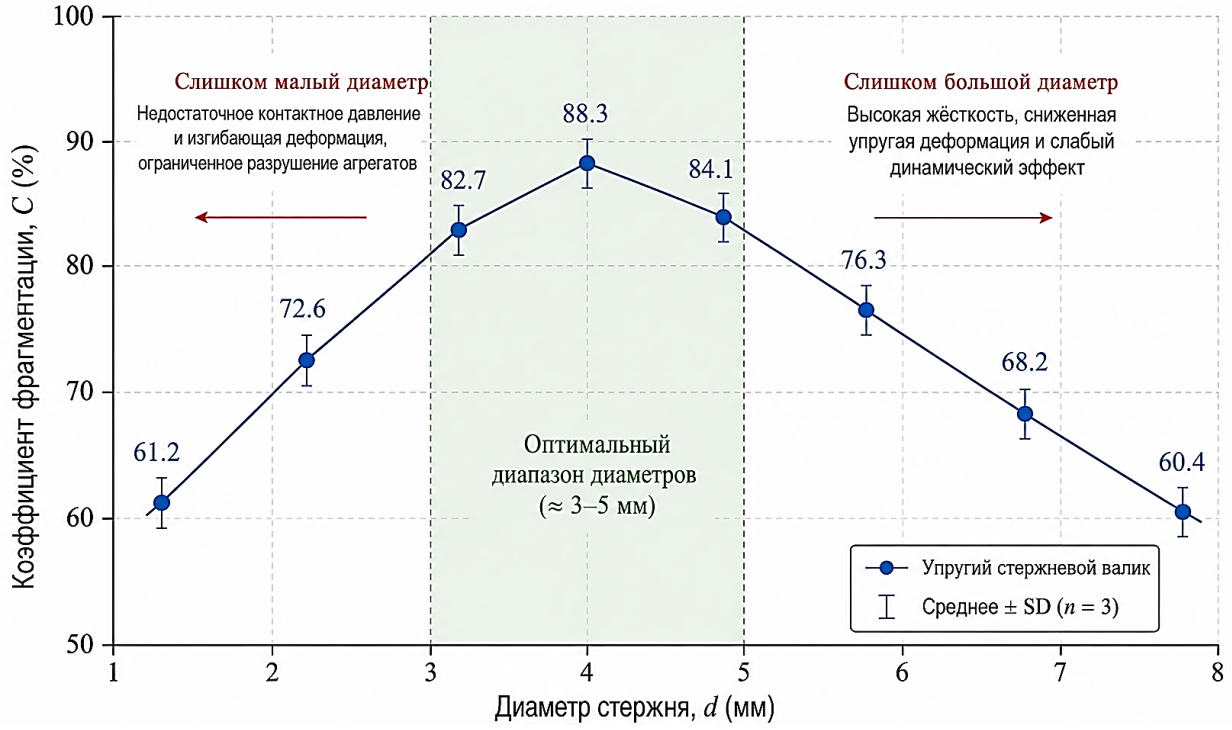


Рисунок 5. Влияние диаметра стержней на степень крошения почвы

Максимальная эффективность крошения наблюдалась при диаметре стержней 4 мм.

3.2. Влияние количества стержней

Увеличение количества стержней до 65–70 обеспечивало рост эффективности разрушения почвенных агрегатов.

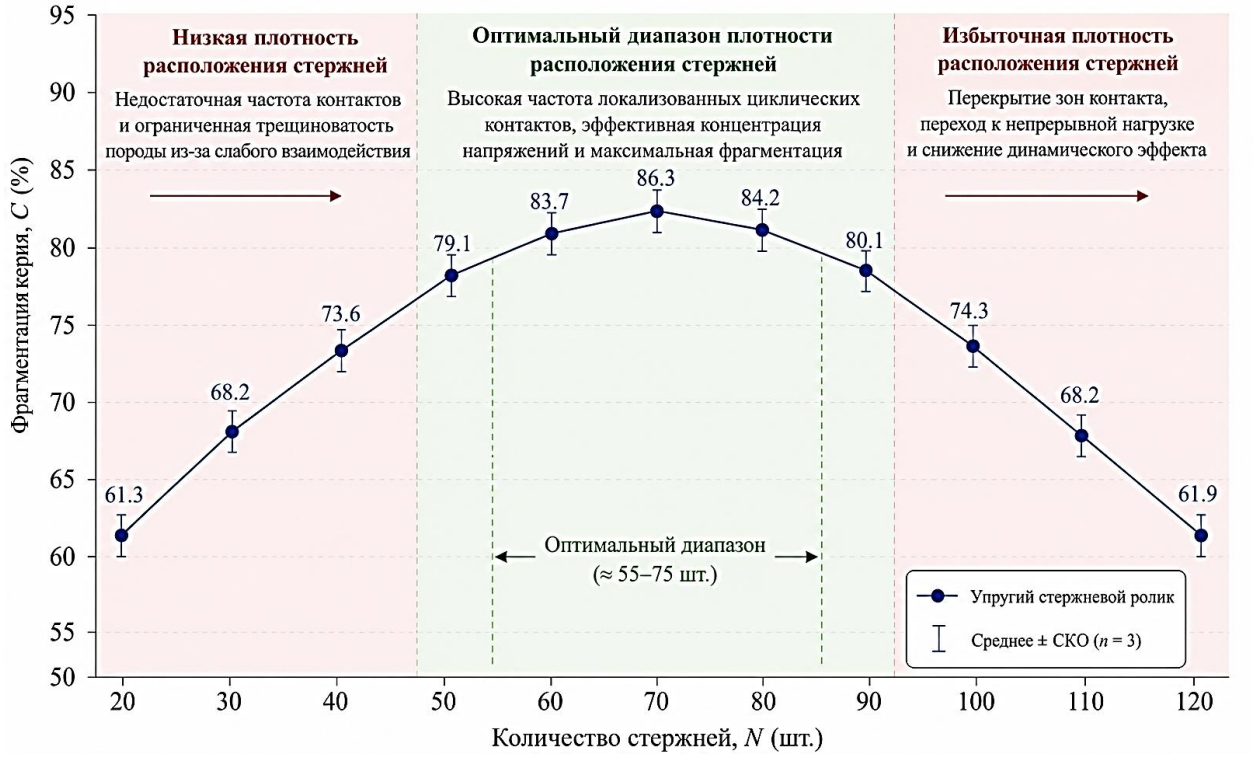


Рисунок 6. Зависимость коэффициента крошения от количества стержней

При дальнейшем увеличении количества стержней наблюдалась стабилизация процесса дробления.

3.3. Влияние вертикальной нагрузки

Увеличение вертикальной нагрузки способствовало более глубокому проникновению упругих элементов в почву. Одновременно увеличение вертикальной нагрузки сопровождалось ростом локальных контактных напряжений и усилением деформационного воздействия на почвенный слой. В умеренном диапазоне нагрузок это способствовало повышению устойчивости контакта и эффективности динамического разрушения агрегатов.

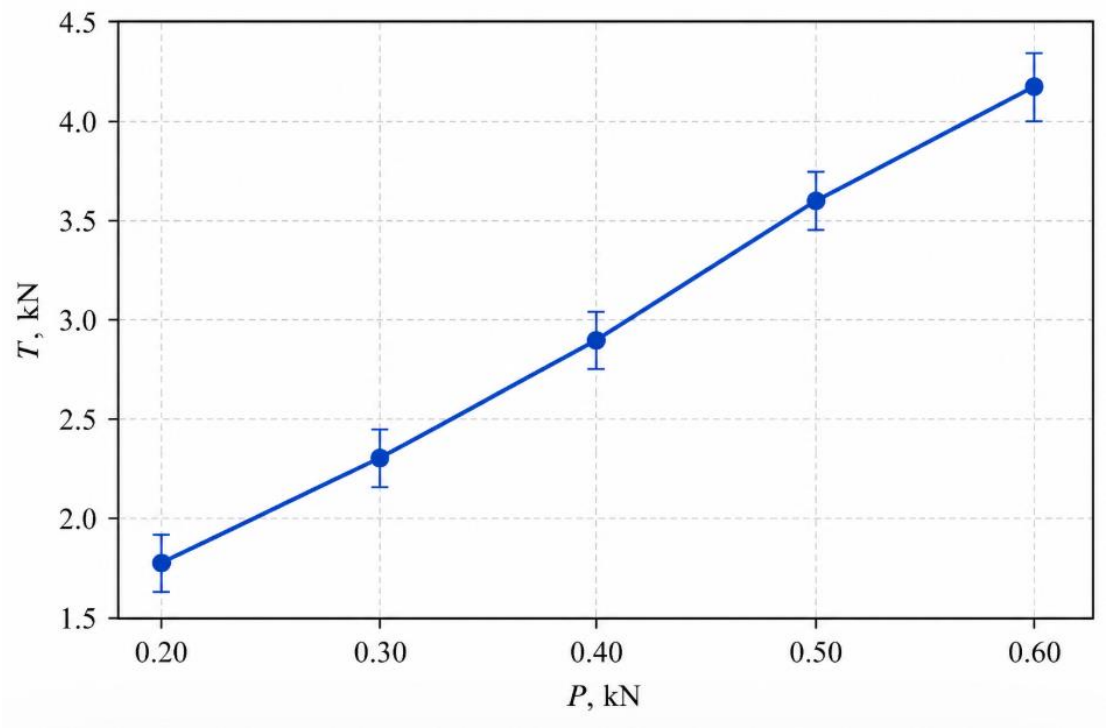


Рисунок 7. Влияние вертикальной нагрузки на тяговое сопротивление

3.4. Влияние рабочей скорости

Рабочая скорость существенно влияла на динамический характер взаимодействия.

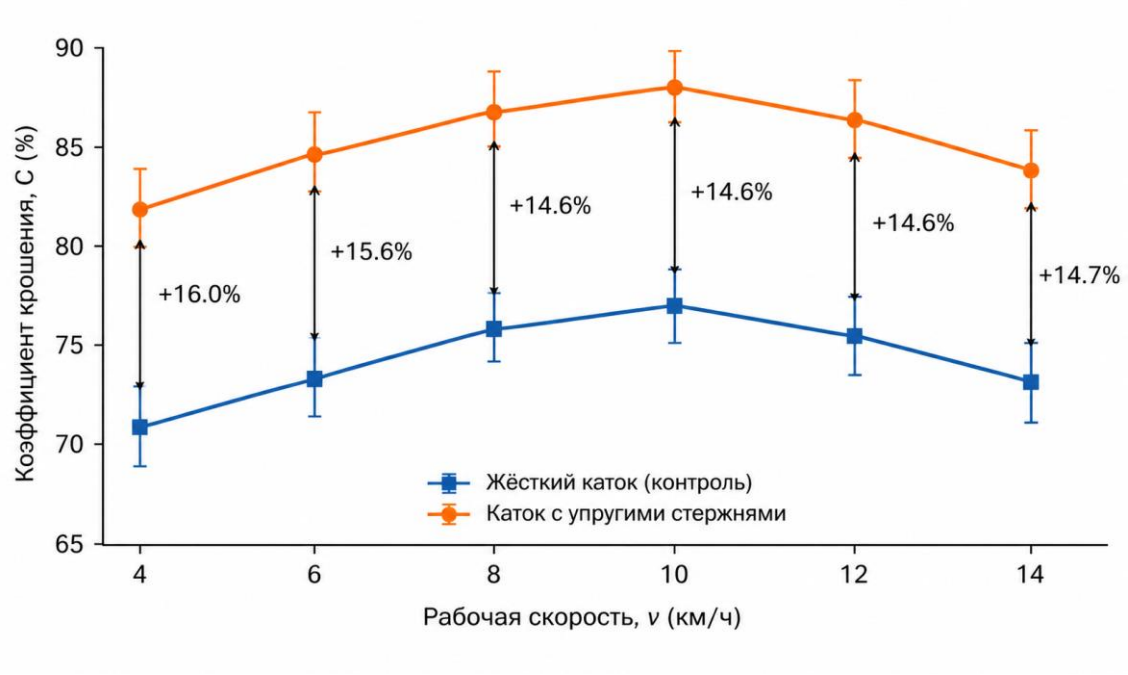


Рисунок 8. Влияние скорости движения на степень крошения почвы

Наиболее эффективный режим взаимодействия наблюдался при скорости 8–9 км/ч.

3.5. Энергетическая эффективность

Использование упругих стержневых элементов обеспечило снижение тягового сопротивления примерно на 9 %.

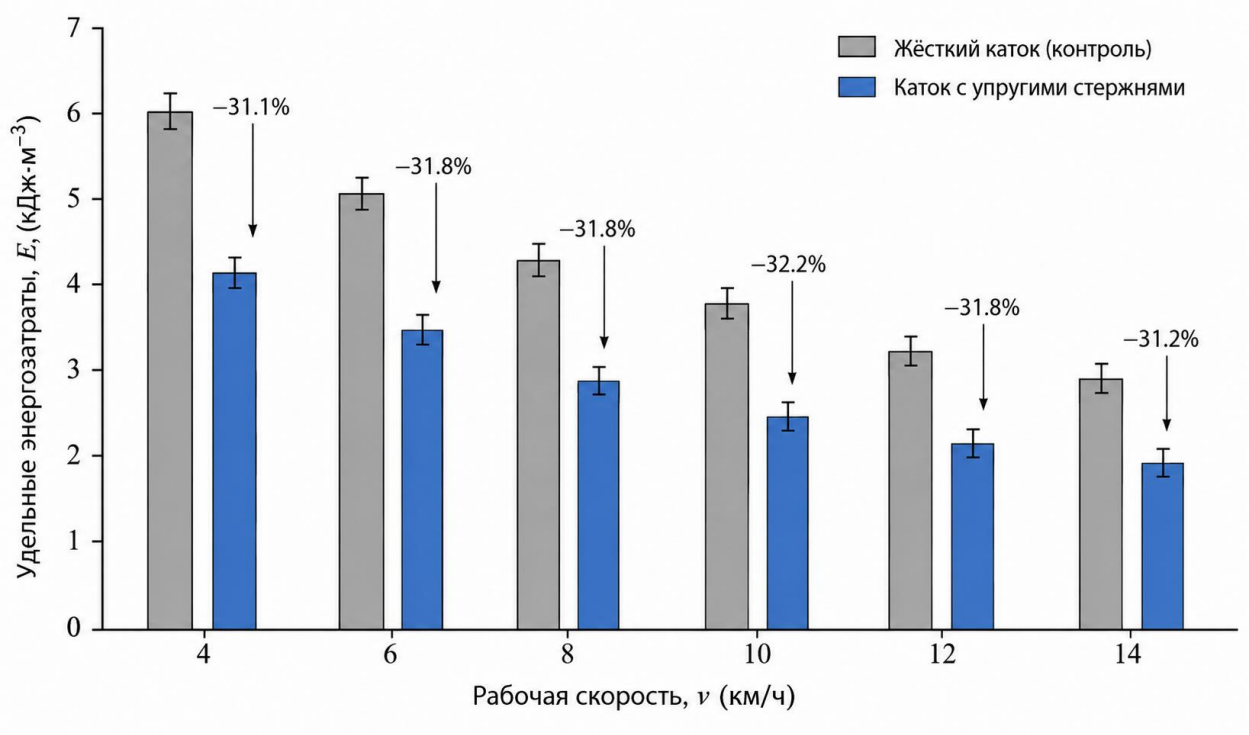


Рисунок 9. Сравнение удельной энергоёмкости обработки

4. Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают, что использование упругих стержневых элементов позволяет существенно изменить характер взаимодействия рабочего органа с почвой.

В процессе работы формируются локализованные зоны контактного нагружения, сопровождающиеся циклическим перераспределением напряжений в поверхностном слое почвы.

Это способствует:

-повышению интенсивности разрушения почвенных агрегатов;

-снижению непрерывного уплотняющего воздействия;

-уменьшению тягового сопротивления;

-снижению удельной энергоёмкости.

Установлено, что наиболее эффективный режим взаимодействия соответствует переходной области между квазистатическим и интенсивным динамическим режимами.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для условий орошаемого засушливого земледелия, где проблема энергосбережения и сохранения структуры почвы имеет особую актуальность.

Сравнение полученных результатов с данными известных исследований показывает, что применение упругих рабочих элементов обеспечивает более высокую эффективность разрушения почвенных агрегатов по сравнению с традиционными жёсткими катками. По данным Wang (2024) и Liu (2024), использование динамических рабочих органов способствует повышению качества обработки почвы за счёт локализованного перераспределения контактных

напряжений. Полученные в настоящем исследовании результаты подтверждают данные выводы и дополнительно демонстрируют снижение тягового сопротивления примерно на 9 %, что имеет существенное значение для повышения энергетической эффективности технологического процесса.

5. Практическая значимость исследования

Разработанный гребнеобразующий каток может быть использован:

-при предпосевной обработке почвы;

-для формирования гребней;

-при обработке орошаемых почв;

-в условиях повышенной плотности почвы.

Применение упругих рабочих элементов обеспечивает:

-улучшение структуры почвы;

-снижение тягового сопротивления;

-уменьшение расхода топлива;

-повышение качества обработки.

Ожидаемая экономия топлива в зависимости от условий эксплуатации может составлять 6–12 %.

Заключение

Разработан и экспериментально исследован гребнеобразующий каток с упругими стержневыми элементами для условий орошаемого засушливого земледелия.

Установлено, что применение упругих рабочих элементов обеспечивает повышение степени крошения почвы на 12–18 % и снижение тягового сопротивления примерно на 9 % по сравнению с традиционными жёсткими катками.

Наиболее эффективные показатели были достигнуты при следующих параметрах:

-диаметр стержней – 4 мм;

-количество стержней – 65–70;

-рабочая ширина – около 0,6 м;

-вертикальная нагрузка – 0,87 кН;

-рабочая скорость – 8–9 км/ч.

Полученные результаты подтверждают перспективность применения упругих стержневых элементов для повышения энергетической эффективности и качества предпосевной обработки почвы.

Список литературы:

1. Box G.E.P., Wilson K.B. On the experimental attainment of optimum conditions // Journal of the Royal Statistical Society. – 1951.
2. Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments. – Wiley, 2017.
3. Horn R., Fleige H. Soil mechanical behavior and structure // Soil and Tillage Research. – 2003.
4. Keller T., Lamandé M. Challenges in soil compaction modelling // Geoderma. – 2010.
5. Chen Y., Mak J. Soil–tool interaction modelling // Soil and Tillage Research. – 2011.
6. Wang L. Dynamic interaction of soil-engaging tools // Journal of Terramechanics. – 2024.
7. Liu H. Dynamic load characteristics of soil-working tools // Biosystems Engineering. – 2024.

8. Fielke J.M. Effect of soil properties on tillage forces // Soil and Tillage Research. – 2009.
9. Lisowski A. Empirical models of draft forces // Applied Sciences. – 2025.
10. Bai L. Soil aggregate breakdown mechanisms // Soil and Tillage Research. – 2025.
11. Bronick C.J., Lal R. Soil structure and management // Geoderma. – 2005.
12. Godwin R.J. Implement geometry and soil failure // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2007.
13. Keller T. Soil stress and machinery interaction // Soil and Tillage Research. – 2019.
14. Shmulevich I. Modelling soil-tool interaction // Soil and Tillage Research. – 2010.
15. Xu Z. Numerical modelling of soil deformation // Soil and Tillage Research. – 2023.
16. Wang L., Zhang H. Dynamic soil–tool interaction mechanisms in conservation tillage systems // Journal of Terramechanics. 2024.
17. Liu H., Chen Y. Dynamic load characteristics of soil-working tools under arid conditions // Biosystems Engineering. 2024.
18. Lisowski A., Kowalczyk P. Modelling draft force and energy consumption of tillage implements // Applied Sciences. 2025.
19. Bai L., Xu Z. Soil aggregate breakdown mechanisms under dynamic loading // Soil and Tillage Research. 2025.
20. Kumar R., Singh P. Energy-efficient tillage technologies for sustainable agriculture // Agriculture. 2024.