

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

ШВЕЧИХИН ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗГРУЗКИ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПУТЕМ АКТИВИЗАЦИИ
ДВИЖЕНИЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ГРУЗОВ**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук,
доцент Петр Сергеевич Бедило

Саратов 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
1.1 Общая характеристика транспортного процесса сельскохозяйственного производства	9
1.2 Общая характеристика прицепов сельскохозяйственного назначения	11
1.3 Прицепы, оснащенные устройствами, активизирующими разгрузку	18
1.4 Результат исследований физико-механических свойств трудносыпучих грузов.....	29
1.5 Анализ теорий и исследований взаимодействия рабочих элементов с трудносыпучими грузами.....	32
1.6 Выводы по главе.....	38
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ ТРУДНОСЫПУЧИХ ГРУЗОВ	39
2.1 Предлагаемая конструктивно-технологическая схема разгрузки транспортного средства	39
2.2 Конструктивно технологическая схема активизатора разгрузки	40
2.3 Исследование процесса перемещения груза относительно кузова автомобиля	44
2.4 Исследование процесса разгрузки с применением активизатора трудносыпучих материалов	46
2.4.1 Кинематическое исследование работы активизатора разгрузки трудносыпучих материалов	46
2.4.2 Исследование процесса взаимодействия скребка с материалом при разгрузке автомобиля	48
2.4.3 Исследование перемещения груза относительно рабочей поверхности скребка	57
2.5 Производительность разгрузки	60

2.6	Энергоемкость разгрузки транспортного средства с активизирующим устройством	65
2.7	Выводы по главе.....	65
3	ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	66
3.1	Программа и методика исследований физико-механических свойств (липкости) органических удобрений (навоза), грунта	66
3.2	Описание экспериментальной установки	72
3.3	Программа и методика экспериментальных исследований.....	75
3.4	Последовательность проведения опытов	79
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	81
4.1	Физико-механические свойства грузов	82
4.1.1	Влияние времени выдержки груза на липкость.....	83
4.1.2	Влияние времени выдержки груза на усилие, затрачиваемое на перемещение скребка	86
4.2	Результаты исследований влияния режимных параметров на показатели работы активизатора разгрузки	88
4.2.1	Результаты исследований влияния режимных параметров на показатели работы активизатора разгрузки при работе с грунтом	89
4.2.1.1	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на усилие на штоке при разгрузке грунта	89
4.2.1.2	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на производительность при разгрузке грунта	91
4.2.1.3	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на мощность, необходимую для перемещения скребка при разгрузке грунта	94

4.2.1.4	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на энергоемкость при разгрузке грунта	96
4.2.2	Результаты исследований влияния режимных и конструктивных параметров на показатели работы активизатора разгрузки при работе с навозом	98
4.2.2.1	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на усилие на штоке при разгрузке навоза	98
4.2.2.2	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на производительность при разгрузке навоза	99
4.2.2.3	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на мощность, необходимую для перемещения скребка при разгрузке навоза	100
4.2.2.4	Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на энергоемкость при разгрузке навоза	102
4.3.	Выводы по главе.....	103
5	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	105
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	111
	ПРИЛОЖЕНИЯ	120

ВВЕДЕНИЕ

В современном сельском хозяйстве практически все производственные процессы связаны с необходимостью погрузки и перемещения большого объема материалов. В растениеводстве в период уборки урожая, посева перемещается зерно; в животноводстве – корма, силос, солома, навоз. Кроме того, требуется перемещать большой объем минеральных и органических удобрений при их внесении на поля.

Плодородие пахотных земель продолжает сокращаться [60, 69]. В то же время животноводческие фермы накапливают в процессе производства большое количество навоза. Поэтому проблема его транспортирования и последующего внесения является весьма актуальной.

В связи с активной поддержкой государства и реализацией государственных программ по развитию сельских территорий в настоящее время наблюдается рост строительных работ на селе. Строительство неразрывно связано с проведением земляных работ и необходимостью перемещения грунта, в том числе на значительные расстояния.

С целью обеспечения транспортного процесса необходимо иметь средства и технические устройства, которые обеспечивают высокие производительность и качество перевозки грузов.

В сельском хозяйстве значительный объем грузоперевозок осуществляется с применением автотракторных универсальных прицепов, которые не обеспечивают требуемую эффективность разгрузки при перевозке грузов трудносыпучих, имеющих склонность к налипанию. Для имеющихся устройств активизации разгрузки прицепов в основном характерны сложная конструкция или недостаточная эффективность разгрузки. В результате часто полная разгрузка транспортных средств достигается с привлечением ручного труда, что приводит к росту затрат на транспортные операции и производство работ в целом.

Разработка и обоснование параметров устройства, активизирующего разгрузку, позволяет повысить производительность и снизить время цикла, затрачиваемое на разгрузку транспортных средств и, как следствие, уменьшить время простоя под разгрузкой.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным научным направлением «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК» (регистрационный номер 01201151795) Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова.

Степень разработанности темы. Разработанные и производимые в настоящее время устройства, активизирующие разгрузку материалов, склонных к прилипанию к кузову транспортного средства, не позволяют модернизировать имеющиеся на предприятии прицепы.

Недостатками серийно выпускаемых прицепов с устройствами активизации разгрузки является сложная конструкция и высокая материалоемкость, также к недостаткам можно отнести необходимость применения ручного труда для полной разгрузки плохосыпучих и слипшихся материалов при их перевозке. В результате процесс транспортирования данных грузов происходит при повышенных затратах и низкой производительности.

Предлагаемая работа направлена на снижение энергоемкости при требуемой производительности за счет обоснования параметров устройства для активизации разгрузки прицепов сельскохозяйственного назначения с целью повышения эффективности разгрузки.

Цель работы: повышение производительности разгрузки трудносыпучих сельскохозяйственных грузов из кузова транспортного средства путем применения активизатора скребкового типа.

Объект исследования – технологический процесс разгрузки из кузова транспортного средства трудносыпучих материалов, способных налипать к кузову транспортного средства.

Задачи исследования. В соответствии с поставленной целью были сформулированы задачи:

- на основе анализа существующих исследований получить перспективную конструктивно-технологическую схему самосвального устройства разгрузки;
- теоретически исследовать рабочий процесс выгрузки трудносыпучих и слипшихся материалов из кузова транспортного средства с применением

устройства, активизирующего разгрузку, установить аналитические выражения для определения мощности и энергоемкости, затрачиваемых на осуществление рабочего процесса;

- установить зависимости липкости грунта и навоза, накопленных в кузове транспортного средства от времени их выдержки;
- получить экспериментальные зависимости и описывающие их вероятностно-статистические модели для производительности разгрузки от конструктивных и режимных параметров; установить оптимальные параметры устройства, активизирующего разгрузку;
- провести производственные испытания устройства, активизирующего разгрузку автомобильной платформы, на различных сельскохозяйственных грузах и дать технико-экономическую оценку его работы.

Научная новизна. Предложена новая конструктивно-технологическая схема активизатора разгрузки. Получена математическая модель процесса взаимодействия рабочих органов разработанного активизатора разгрузки. Получены аналитические и экспериментальные зависимости производительности, мощности, усилия и энергоемкости, затрачиваемых на перемещение рабочего органа. Теоретическими и экспериментальными зависимостями потребляемой мощности и производительности активизатора обоснованы конструктивные и режимные параметры предлагаемого активизатора разгрузки, обеспечивающие наибольшую производительность при минимальной энергоемкости.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретические исследования выполнены с учетом законов классической механики и математического анализа. Экспериментальные исследования проведены с применением многофакторного планирования, при этом использовали существующие ГОСТы и разрабатывали частные методики. Практическая значимость состоит в обосновании конструктивных и режимных параметров, результаты которого приняты за основу при создании опытного образца активизатора разгрузки и оснащении им транспортного средства. Транспортное средство, оснащенное предлагаемым активизатором разгрузки, применяли при

транспортировании трудносыпучих грузов в ООО «Фрегат-2001» Красноармейского района Саратовской области. Полученные результаты могут быть использованы производителями сельскохозяйственной техники на стадиях разработки и проектирования нового оборудования.

Методология и методы исследования. Методологическую основу исследований составили методы математической статистики, системного анализа и классической механики. В ходе экспериментальных исследований определяли и контролировали физико-механические свойства грузов, исследовали режимные и конструктивные параметры скребка активизатора, проводили сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими положениями. Результаты реализации эксперимента обрабатывали при помощи программных продуктов, предназначенных для обработки статических данных.

Степень достоверности и апробации результатов. **Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность экспериментальных результатов подтверждается необходимым количеством выполненных исследований и высокой степенью их точности, выполнением статистического анализа полученных данных с помощью типовых программных продуктов; теоретические предпосылки основаны на известных положениях, применены современные методики обработки экспериментальных данных, в ходе проведения экспериментальных исследований использованы поверенные измерительные приборы.

Основные положения работы доложены на конференциях профессорско-преподавательского состава по итогам научно-исследовательской работы за 2011–2016 гг. Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова; на Международном научно-техническом семинаре им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (Саратов, СГАУ, 2012); на Международной конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора В.В. Красникова «Новые технологии и технические средства в АПК» (Саратов, СГАУ, 2013).

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем составляет 138 страниц машинописного текста, который включает в себя основной текст и приложения. Основной текст изложен на 119 страницах, содержит 10 таблиц и 60 рисунков. Список литературы включает в себя 103 наименования.

По результатам исследований опубликовано 9 печатных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент РФ на полезную модель № 147174. Общий объем публикаций составил 1,8 печ. л., из которых 0,8 печ. л. принадлежат лично соискателю.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Общая характеристика транспортного процесса сельскохозяйственного производства

В сельскохозяйственном производстве практически ни один технологический процесс невозможен без транспортных операций. Так, затраты на транспортные перевозки в общем объеме работ достигают до 40 %, а на потребляемую энергию – свыше 50 % [3].

Технические средства и устройства, обеспечивающие транспортный процесс, должны отвечать требованиям по производительности и качеству осуществления процесса и обеспечению сохранности грузов.

Транспортные средства в сельском хозяйстве подразделяются на следующие виды [2, 3]:

- прицепные;
- самоходные;
- самопередвижные.

В сельском хозяйстве осуществляются внутривозрастные, внутригородские, внутрирайонные и межрайонные (магистральные) перевозки. На внутривозрастные перевозки приходится до 70 % общего объема сельскохозяйственных перевозок. Грузы транспортируют на небольшие расстояния – до 20 км, ограничиваясь территорией хозяйства. Доставка кормов со склада до животноводческих ферм, вывозка с территории животноводческой

фермы навоза в навозохранилище, внесение навоза в поле и другие перевозки осуществляются на расстояния не более 1 км. Грузы также перевозят в условиях отрицательных температур. Применяются транспортные средства, имеющиеся на балансе хозяйств, – самосвалы, тракторы со специальными прицепами или кузовами, универсальные погрузчики, а также специальные стационарные и подвижные транспортные средства.

Остальные виды перевозок (внутригородские, внутрирайонные и межрайонные) связаны с большими расстояниями, и для их осуществления в основном используется наемный транспорт.

Технологическая схема (рисунок 1.1) процесса транспортирования включает следующие основные операции: погрузку, транспортирование и разгрузку.

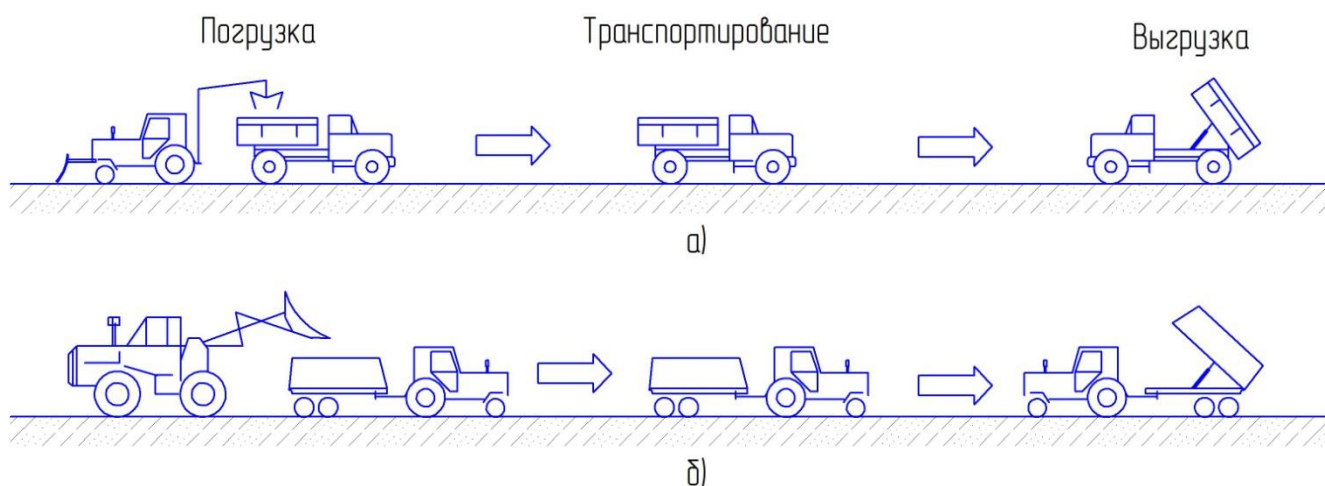


Рисунок 1.1 – Технологическая схема транспортных операций:
а – перевозка автомобилем; б – перевозка трактором с прицепом
(тракторно-транспортным агрегатом)

Эффективность перевозки грузов достигается логистическими средствами: выбором наиболее оптимального транспортного парка, выбором маршрута и снижением затрат на обслуживание и содержание транспортных средств, находящихся на балансе предприятия.

При выборе транспортных средств, участвующих в перевозках, необходимо учитывать, что на эффективность работы транспорта в целом оказывает влияние механизация погрузочно-разгрузочных работ, которая сокращает время простоя

транспортного средства и время цикла, затрачиваемое на перевозку, что в конечном итоге увеличивает производительность транспортных операций.

Таким образом, в сельском хозяйстве для перевозки грузов применяют автомобили общего назначения, автомобили-самосвалы, специальные автомобили, самоходные шасси, тракторы с прицепами, гужевой транспорт, при этом значительный объем грузоперевозок осуществляется с применением автотракторных прицепов [3, 10].

Процесс транспортирования и разгрузки в значительной степени зависит от выбора транспортного средства, состояния дорожного покрытия и климатических условий.

1.2. Общая характеристика прицепов сельскохозяйственного назначения

Существует ряд конструкций прицепов для перевозки сельскохозяйственных грузов, которые можно классифицировать по различным конструктивным признакам [2, 4–7, 9, 13, 14].

Анализ и систематизация известных в настоящее время автотракторных прицепов сельскохозяйственного назначения позволили обобщить и дополнить их классификацию по эксплуатационно-технологическим и конструктивным признакам. Классификация прицепов сельскохозяйственного назначения представлена на рисунке 1.2.

Принятые классификации [2, 3, 7, 9, 16, 25, 25] по назначению выделяют две группы прицепов: универсальные и специальные.

Массовое применение получили универсальные прицепы, которые выполняют процессы перемещения массовых и штучных сельскохозяйственных грузов.

К серийно выпускаемым универсальным прицепами [7, 9] можно отнести следующие: ПТ-14С (рисунок 1.3), ПТС-4 (рисунок 1.4), ПСТБ-12 (рисунок 1.5).

Универсальные прицепы применяют при перевозке грузов, существенно отличающихся друг от друга по физико-механическим свойствам: сыпучих

грузов, связных, кусковых и штучных грузов, навоза, органических удобрений, грунта и др.

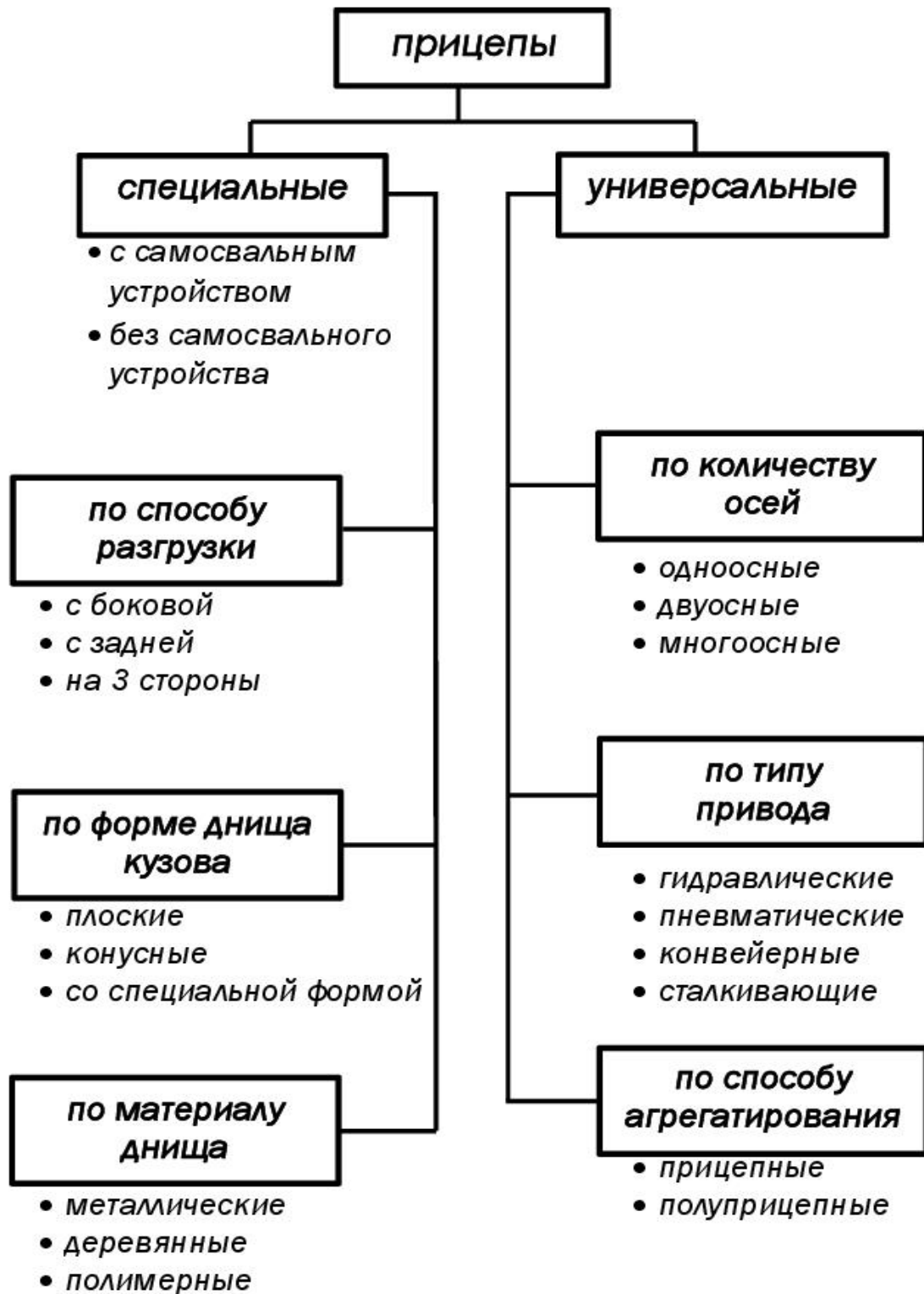


Рисунок 1.2 – Классификация прицепов сельскохозяйственного назначения



Рисунок 1.3 – Прицеп универсальный ПТ-14С.

Технические характеристики прицепа ПТ-14С: грузоподъемность – 14 т;
транспортная скорость – 28,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 26 т/ч



Рисунок 1.4 – Прицеп универсальный ПТС-4.

Технические характеристики прицепа ПТС-4: грузоподъемность – 4,5 т;
транспортная скорость – 35,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 29 т/ч



Рисунок 1.5 – Прицеп универсальный ПСТБ-12.

Технические характеристики прицепа ПСТБ-12: грузоподъемность – 12 т; транспортная скорость – 25,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 18 т/ч

Универсальные прицепы выполняют преимущественно по одной конструктивной схеме. В своей конструкции они имеют платформу и шасси, отличающиеся по количеству несущих осей (одно-, двух- и многоосные). Количество осей определяется грузоподъемностью прицепа и конструктивным исполнением. С целью увеличения производительности перевозок универсальные прицепы могут оборудоваться надставными бортами.

В зависимости от назначения прицепы могут быть с самосвальным устройством и без самосвального устройства. Прицепы с самосвальным устройством предназначены преимущественно для перевозки сыпучих грузов.

К недостаткам самосвальных прицепов относится ограниченность их применения в закрытых помещениях. Недостатками универсальных прицепов является возможность налипания плохосыпучих грузов, что снижает производительность их разгрузки и влечет за собой необходимость применения дополнительных операций на разгрузку невыгруженной части. Прицепы без самосвального устройства предназначены преимущественно для перевозки штучных грузов [16, 25].

К специальным прицепам относят прицепы, предназначенные для определенных технологических задач – для транспортирования и механизированной разгрузки навоза, компоста, опилок, щепы, гравия: УПТС-15 «Днепр» (рисунок 1.6), ПМФ-18 (рисунок 1.7), ПУС-15 (рисунок 1.8) [19, 21, 22].



Рисунок 1.6 – Прицеп УПТС-15 «Днепр».

Технические характеристики прицепа УПТС-15 «Днепр: грузоподъемность – 15 т; транспортная скорость – 20,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 18 т/ч



Рисунок 1.7 – Прицеп многофункциональный ПМФ-18.

Технические характеристики прицепа ПМФ-18: грузоподъемность – 18 т; транспортная скорость – 25,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 24 т/ч



Рисунок 1.8 – Прицеп универсальный сельскохозяйственный ПУС-15.

Технические характеристики прицепа ПСС-15: грузоподъемность – $15\pm 0,5$ т; транспортная скорость – 10,0...30,0 км/ч; эксплуатационная производительность – 19,3 т/ч

Прицепы в разгрузочной части имеют устройства для разбрасывания удобрений. Недостатками данных прицепов является большая собственная масса, сложность приводных устройств и ограниченность применения. Также к недостаткам прицепов УПТС-15 «Днепр», ПМФ-18, ПУС-15 относится высокая стоимость их применения при внутрихозяйственных перевозках за счет высокой их первоначальной стоимости.

Для сезонного транспортирования и разгрузки травяной, кукурузной и измельченной массы применяют прицепы ПС-30 (рисунок 1.9), ПС-60 (рисунок 1.10), ЗПТС-19 (рисунок 1.11) [14, 17].

В разгрузочной части прицепы оснащаются измельчающим и подающим устройством. Данные прицепы узко специализированы и не могут применяться для перевозки всего разнообразия сельскохозяйственных грузов.



Рисунок 1.9 – Прицеп специальный ПС-30.

Технические характеристики прицепа ПС-30: показатель объема кузова – $30,0 \text{ м}^3$; грузоподъемность – $7,0 \text{ т}$; время разгрузки – $4 \dots 6 \text{ мин}$; привод транспортера – от гидросистемы трактора



Рисунок 1.10 – Прицеп специальный ПС-60.

Технические характеристики прицепа ПС-60: производительность – $26,8 \text{ т/ч}$; грузоподъемность – $17,5 \text{ т}$; время разгрузки – $6 \dots 9 \text{ мин}$; масса – 7000 кг



Рисунок 1.11 – Прицеп специальный ЗПТС-19.

Технические характеристики прицепа ЗПТС-19: грузоподъемность – 19 т; транспортная скорость – 30 км/ч; угол опрокидывания платформы – 40 град.

Недостатками прицепов ПС-30, ПС-60, ЗПТС-19 является их узкая специализация, недостаточная производительность при выгрузке грузов, способных налипать к поверхности кузова, большая материалоемкость. У прицепа специального ЗПТС-19 к недостаткам также относится необходимость подъема кузова на большую высоту при выгрузке перевозимого материала.

1.3. Прицепы, оснащенные устройствами, активизирующими разгрузку

Груз в процессе транспортирования подвергается механическим, климатическим и биологическим воздействиям.

Транспортные перевозки в сельском хозяйстве имеют сезонную направленность. Так, например, навоз транспортируется с животноводческих ферм преимущественно в весенний и осенний периоды для внесения в поля. При транспортировании грузов осенью и весной склонность перевозимых материалов

к налипанию увеличивается в связи колебаниями температур (от минусовых к плюсовым) и повышением влажности окружающего воздуха [4, 12].

Универсальные прицепы сельскохозяйственного назначения в ряде случаев при транспортировании грузов с повышенной липкостью не обеспечивают полную разгрузку прицепа за один подъем кузова, так как часть материала налипает к днищу кузова, в результате чего увеличивается время цикла и снижается производительность разгрузки (рисунок 1.12). К наиболее массовым грузам повышенной липкости, перемещаемым в сельскохозяйственном производстве, относятся навоз и грунт [4, 20].

Для решения данной проблемы разработаны и производятся прицепы, оснащенные дополнительными рабочими органами, приспособлениями или материалами, обеспечивающими их эффективную разгрузку за один цикл [5, 7].



Рисунок 1.12 – Неполная разгрузка кузова транспортного средства

Существующие в настоящее время классификации не охватывают прицепы сельскохозяйственного назначения, оснащенные самосвальными устройствами, активизирующими разгрузку транспортного средства. Данные прицепы сокращают

время, затрачиваемое на разгрузку трудносыпучих, способных к налипанию или примерзанию к кузову транспортного средства грузов, так как разгружаются без остатков на днище кузова. Классификация прицепов в зависимости от самосвального устройства разгрузки представлена на рисунке 1.13.

Разработанные и производимые в настоящее время устройства, активизирующие разгрузку материалов, склонных к налипанию к кузову транспортного средства, не позволяют модернизировать, с целью повышения эффективности разгрузки, прицепы, имеющиеся на предприятии [7, 9].

Прицепы с самосвальными устройствами могут иметь гравитационные, вибрационные, сталкивающие, пневматические, конвейерные и дисковые устройства для активизации разгрузки [1, 7, 9].

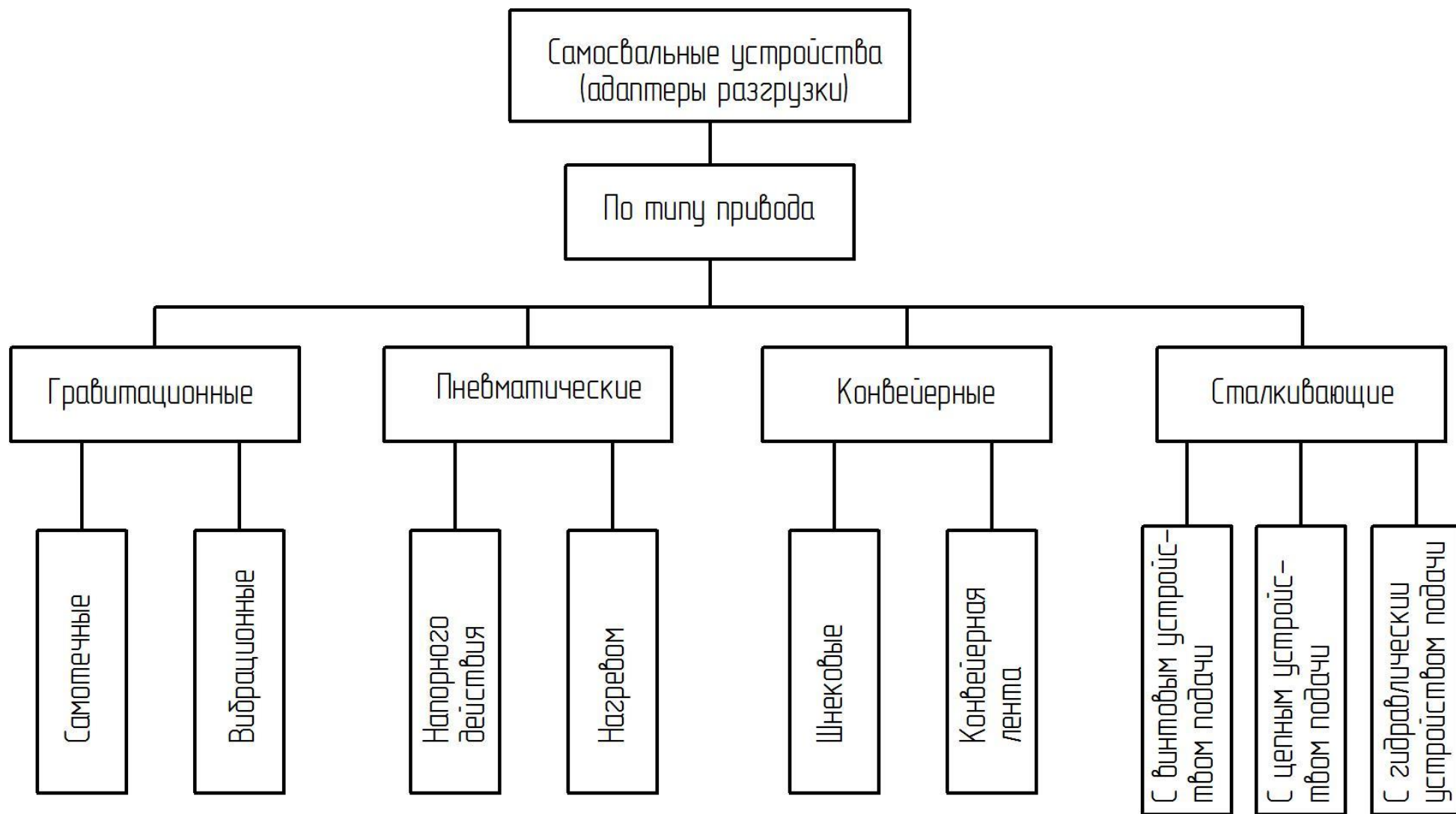


Рисунок 1.13 – Классификация самосвальных устройств разгрузки

Прицепы с гравитационной активизацией разгрузки (Reisch RWTK-210) выполняют с более высоким углом опрокидывания кузова (до 50–55°) [5]. По своей сути это прицепы без активизирующих устройств, которые не исключают налипания или примерзания грузов при разгрузке. К недостаткам применения данных прицепов можно отнести то, что при разгрузке на поверхности с уклоном возможен риск опрокидывания, а также ограничение по высоте, что препятствует применению данных прицепов в помещении. К преимуществам данных прицепов можно отнести простоту обслуживания и универсальность их применения.

Вибрационные активизаторы разгрузки представляют собой вибраторы эксцентрикового типа [17, 27], устанавливаемые на кузове прицепа. Вибрационные активизаторы разгрузки в процессе их эксплуатации зарекомендовали себя как малоэффективные средства, так как создаваемая ими вибрация на кузове является недостаточной для полной разгрузки транспортного средства в случае налипания или примерзания грузов.

Прицепы с активизацией разгрузки сталкивающего типа бывают с гидравлическим приводом (Kroeger TAW 20, ПУС-15 «Боярин») (рисунок 1.14, 1.15), прицеп-сталкиватель (Stehr SAW), цепным (Gigatrailer) (рисунок 1.16) и винтовым устройством подачи (патент РФ № 2087344) (рисунок 1.17) [5, 16, 22].



Рисунок 1.14 – Прицеп с гидравлическим устройством (Kroeger TAW 20)



Рисунок 1.15 – Прицеп ПУС-15 «Боярин»



Рисунок 1.16 – Прицеп с цепным устройством (Gigatrailer)

Прицепы с активизацией разгрузки сталкивающего типа с гидравлическим и цепным устройством подачи могут применяться как с сыпучими, так и со связными и трудносыпучими грузами, имеют высокую производительность и эффективность разгрузки [14, 15]. Такие прицепы могут применяться в условиях, когда требуется небольшая высота подъема кузова. Недостатками их являются высокая материалоемкость, более сложная конструкция и повышенные требования к гидросистеме трактора, а также сложность или невозможность переоснащения данными системами универсальных прицепов, имеющих на балансе действующих предприятий.

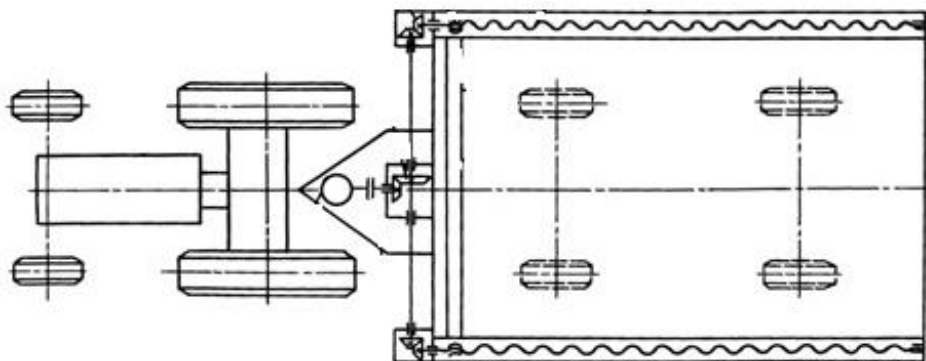


Рисунок 1.17 – Прицеп с винтовым устройством подачи (патент РФ № 2087344)

Недостатками прицепов с цепным устройством подачи также является высокая собственная масса привода сталкивающего механизма, необходимость регулирования натяжения цепи вследствие удлинения пластин и износа шарниров цепи.

Прицепы с винтовым механизмом привода сталкивающего устройства (скребка) [7, 15] не обеспечивают надежной работы из-за изнашивания винта и гайки, а также их заклинивания вследствие прогиба винта под нагрузкой. Для обеспечения требуемой скорости скребка необходимо применение дополнительного понижающего механизма (редуктора). Кроме того, малая скорость движения гайки по винту увеличивает время разгрузки и снижает производительность транспортного средства.

Прицепы с активизацией разгрузки конвейерного типа бывают с конвейерной лентой (Krampebandit 650) (рисунок 1.18), с передвижным днищем на цепном приводе (Gigatrailer) (рисунок 1.19) и шнековым устройством подачи, установленным в нижней конусной части кузова или в задней части кузова (прицеп многофункциональный ПМФ-18, прицеп универсальный УПТС-15 «Днепр») [5, 16, 17].

Преимуществом прицепов с конвейерной лентой является отсутствие ограничения подъема кузова по высоте, т. е. прицепы можно применять в закрытых помещениях, т. к. они не требуют высокого угла опрокидывания. Недостатками являются сложность конструкции и технического обслуживания, а

также ограниченность длины хода ленты. При большой нагрузке на ленту во время транспортирования грузов, имеющих большую массу и плотность, могут образовываться разрывы и повреждения ленты, влекущие за собой полную потерю работоспособности данного прицепа. При большой нагрузке на ленту также возрастает энергоемкость процесса разгрузки.



Рисунок 1.18 – Прицеп с конвейерной лентой (Krampebandit 650)

Недостатками прицепов с винтовым (шнековым) устройством подачи являются сложность конструкции и ограниченность применения вследствие истирания и повреждения груза при разгрузке [14, 16].



Рисунок 1.19 – Прицеп с винтовым устройством подачи (ГК ООО «Агромолтехника»)

Для активизации разгрузки транспортные прицепы [26] фирмы «ТОНАР» могут оснащаться цепным конвейером, планки которого закреплены на трех тяговых цепях и перемещаются по днищу кузова (рисунок 1.20).



Рисунок 1.20 – Прицеп с донными скребками на тяговой цепи («ТОНАР»)

Прицепы, оснащенные данной системой, при разгрузке менее требовательны к высоте помещений, так как разгрузка кузова осуществляется не только под действием сил тяжести, но и за счет перемещения планок по днищу кузова [26]. Недостатками данной разгрузочной системы являются большая собственная масса, возможное удлинение цепей в процессе эксплуатации и интенсивное изнашивание днища кузова.

Известно устройство для разгрузки (SU № 870216A1, опубл. 01.10.1981, бюл. № 37), содержащее скребок, установленный в кузове транспортного средства с возможностью перемещения вдоль днища кузова посредством канатов, перекинутых через блоки от гидроцилиндра; для обеспечения эффективности очистки кузова по всей длине скребка выполнены гнезда, в которые установлены постоянные магниты (рисунок 1.21).

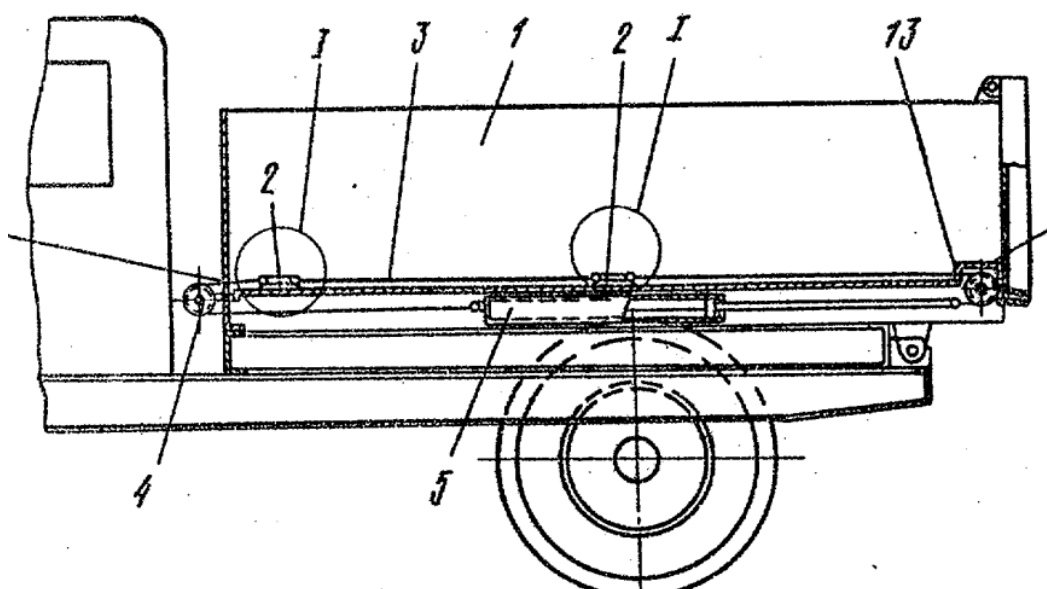


Рисунок 1.21 – Прицеп с приводным скребком с постоянными магнитами
(Патент № 870216)

Данное устройство не обеспечивает надежной работы из-за возможного перекоса, а также заклинивания скребка вследствие его крепления к канатам в одной точке по центру скребка. Кроме того, ухудшение со временем ферромагнитных свойств постоянных магнитов снижает надежность работы данного устройства.

Для разгрузки также применяют прицеп – самосвальный (патент РФ № 835856). Он содержит платформу с шарнирно навешенными на торцовые борта бортами. Борт, через который осуществляется разгрузка, выполнен с возможностью поворота внутрь кузова. Кузов также снабжен скребком, шарнирно связанным с нижней частью бокового борта тросами, пропущенными через блоки. При разгрузке транспортного средства через шарнирный борт разгрузки включается гидроцилиндр подъема кузова, последний наклоняется для разгрузки. Одновременно с поднятием кузова осуществляется поступательное движение бокового борта со скребком (рисунок 1.22).

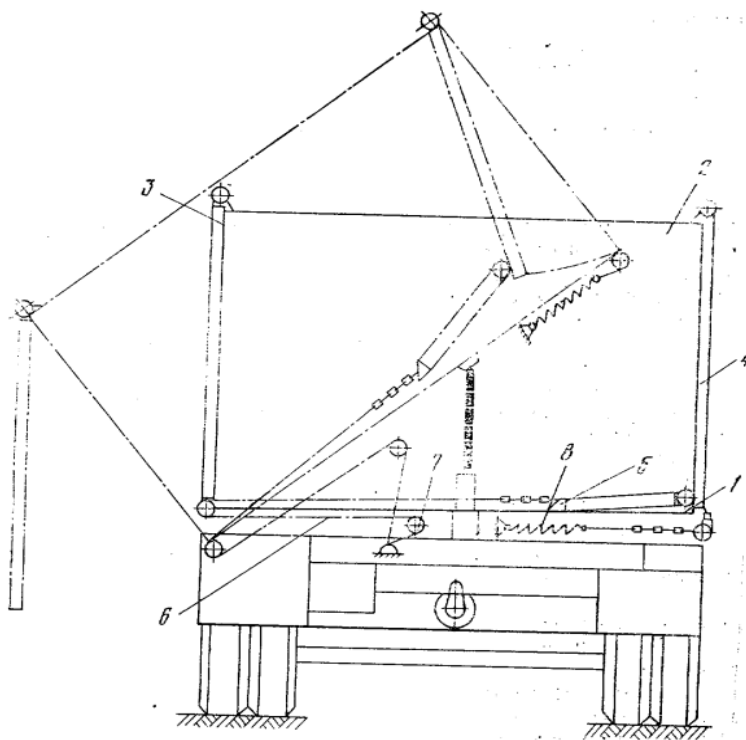


Рисунок 1.22 – Прицеп – самосвальный кузов (Патент № 835856)

Данное устройство не обеспечивает надежного транспортирования сыпучих грузов из-за малой герметичности шарнирно закрепленного борта, имеет высокую энергоемкость разгрузки из-за требуемого значительного усилия на перемещение шарнирного кузова.

В прицепах для перевозки сыпучих грузов (автомуковозах, цементовозах) могут применяться активизаторы разгрузки пневматического типа – пневматические пушки [17, 27]. Данные устройства узко специализированы и могут применяться на прицепах, оборудованных пневматической системой; кроме того, они имеют сложную конструкцию пневматического сопла.

В строительной технике для активизации разгрузки материалов, которые могут налипать или примерзать к кузову транспортного средства, применяется подогрев кузова. Так, самосвальные полуприцепы САТ (завод «Спецавтотехника», Бобруйск) оснащены автономной тепловой пушкой на дизтопливе (рисунок 1.23).



Рисунок 1.23 – Прицеп с использованием автономного подогревающего устройства

Существует конструкция прицепа, где для обогрева кузова применяют тепло выхлопных газов двигателя транспортного средства.

Данное устройство имеет узкую специализацию и не позволяет эффективно осуществлять разгрузку прицепа от грузов, склонных к налипанию. Его применение возможно только при дополнительной модернизации кузова.

На заводе «ТОНАР» [26] (деревня Губино, Орехово-Зуевский р-н Московской области) проблему налипания и примерзания груза при перевозках самосвальной техникой решают за счет покрытия кузова специальным материалом OKULEN (рисунок 1.24).



Рисунок 1.24 – Прицеп «ТОНАР» с покрытием кузова специальным материалом OKULEN

Недостатком прицепов с использованием специализированных покрытий является высокая стоимость их производства, вследствие чего применение специальных покрытий целесообразно для прицепов с высокой грузоподъемностью. Также к недостаткам относится снижение производительности их разгрузки и налипание грузов в случае износа покрытия.

Анализируя приведенную классификацию (см. рисунок 1.13), можно сделать вывод, что имеющиеся устройства активизации разгрузки прицепов в основном обладают сложной конструкцией, предъявляют повышенные требования к гидросистеме трактора или недостаточно эффективны при разгрузке сельскохозяйственных грузов. Перспективной конструкцией для активизации разгрузки является устройство разгрузки сталкивающего типа с гидравлическим устройством подачи, имеющее малое сталкивающее усилие. Конструктивная схема активизатора разгрузки также должна иметь возможность переоснащения прицепов, имеющихся на балансе действующих предприятий.

1.4. Результат исследований физико-механических свойств трудносыпучих грузов

К наиболее массовым грузам в сельскохозяйственном производстве относятся грунт, навоз, удобрения, корма (силос, сенаж, свежескошенная зеленая масса и др.) и продукция сельскохозяйственного производства.

Особенность сельскохозяйственных грузов заключается в большом различии физико-механических свойств, а также в том, что с течением времени в них происходят биологические, химические и физические процессы, существенно изменяющие их качества [36–38]. Среди существующего многообразия грузов в отдельную группу можно выделить грузы трудносыпучие, способные к налипанию или примерзанию к кузову транспортного средства. К грузам, имеющим такую способность, относятся грунт и навоз [34–46].

Известные в настоящее время физико-механические свойства грунтов и навоза [34–46] приведены в таблицах 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Плотность грунта, навоза

Наименование материала	Плотность, кг/м ³
Грунт	
рыхлый влажный	1100–1200
сухой	1200
смерзшийся	1200-1300
уплотненный	1150–1500
Навоз КРС	
соломистый	720–890
свежий	1010
полуперепревший	700–800
перепревший	500–750
Навоз свиной	
свежий	1050–1070
подстилочный	600–900

Таблица 1.2 – Удельное сопротивление резанию, сдвигу, коэффициенты трения грунта, навоза

Наименование материала	Удельное сопротивление резанию, Па	Удельное сопротивление сдвигу, Па	Коэффициент трения покоя	Коэффициент трения движения о сталь
Грунт	$(20-160) \cdot 10^3$		0,75–1,00	0,55–0,65
Навоз		750–2400	0,50–0,92	0,81–1,40

На эффективность разгрузки транспортного средства значительное влияние оказывает липкость грузов. Ранее проводили исследования липкости для навоза и грунта [45]. Зависимость липкости навоза от влажности представлена на рисунке 1.25. Согласно данным исследованиям, для навоза липкость имеет наибольшее значение при влажности 81–82 %. Также на липкость оказывает влияние значение нормального давления на поверхности налипания. Рост липкости в зависимости от нормального давления носит линейный характер [45] (рисунок 1.26).

При полной загрузке кузова транспортного средства значение липкости в зависимости от нормального давления изменяется незначительно, так как нормальное давление при транспортировании с полной загрузкой в большей степени будет зависеть только от плотности груза и степени его уплотнения. Зависимость липкости навоза от нормального давления представлена на рисунке 1.26 [45].

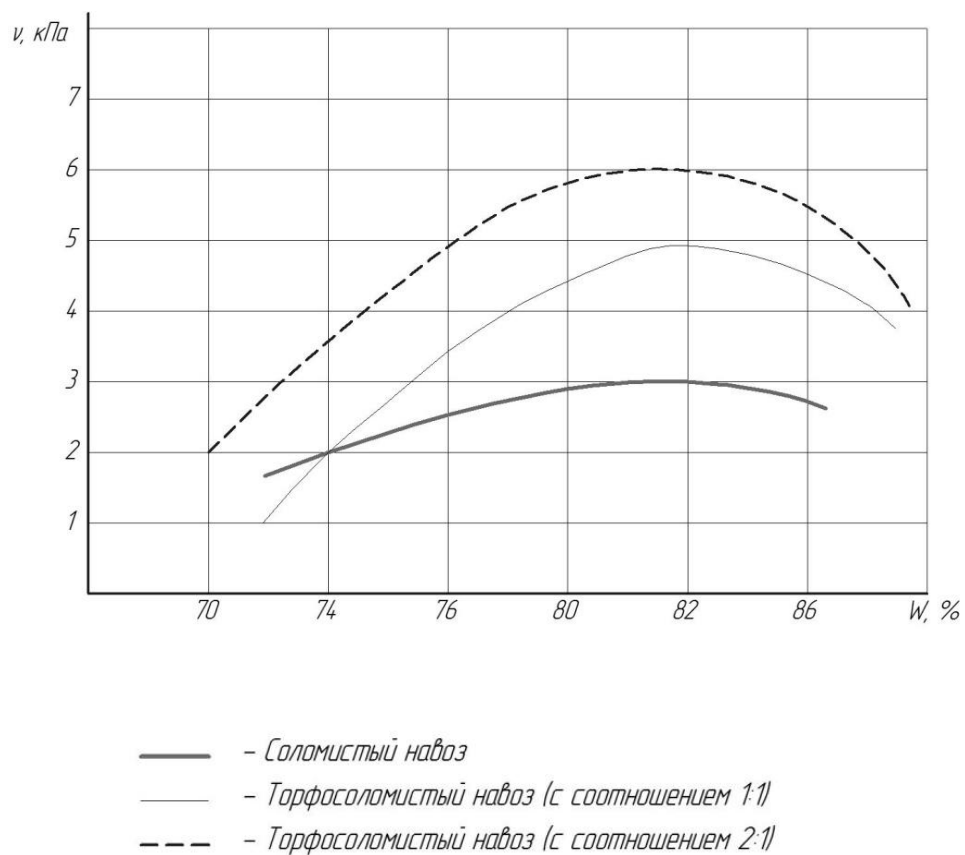


Рисунок 1.25 – Зависимость липкости v навоза от влажности w

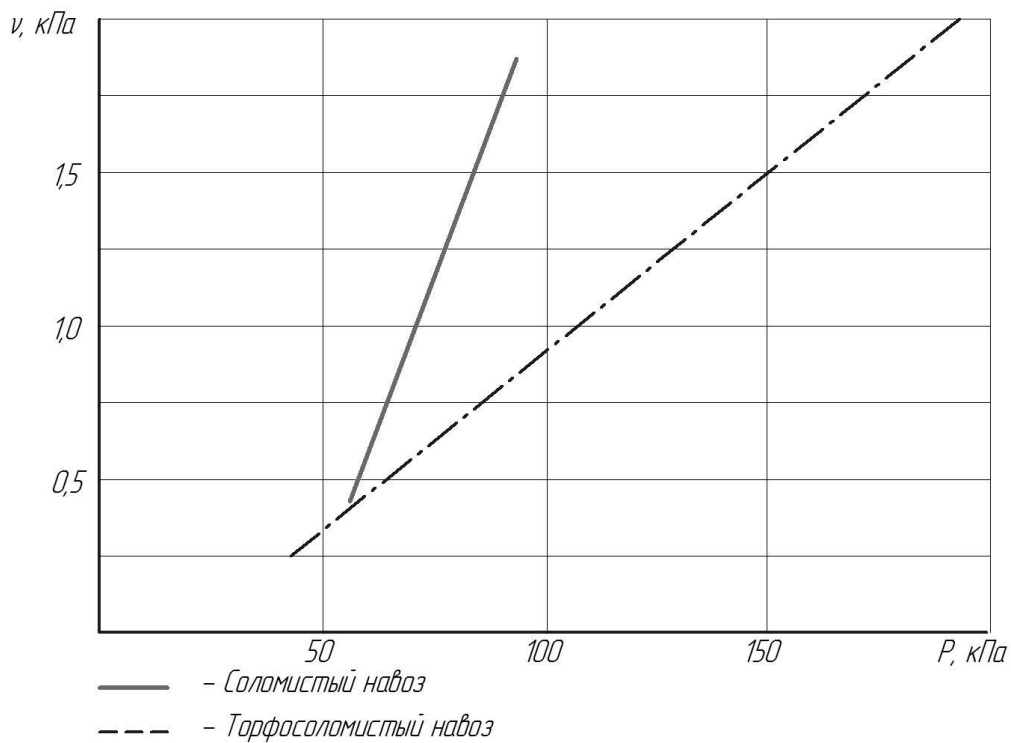


Рисунок 1.26 – Зависимость липкости v навоза от нормального давления P

1.5 Анализ теорий и исследований взаимодействия рабочих элементов с трудносыпучими грузами

Процессы разгрузки транспортного средства от навоза и грунтов связаны с переходом из неподвижного состояния в динамическое, при котором разрушение связей в материале производится смятием, отрывом, сдвигом, резанием.

Изучением свойств грунтов и навоза, теории резания данных грузов занимались многие исследователи, среди которых В.П. Горячкин [49], А.Н. Зеленин [50], В.И. Баловнев [51, 52], Ю.А. Ветров [53], Н.Г. Домбровский [54], М. Сергеев [55], Г.П. Мазуров [56, 57], Н.А. Цытович [58], Н.В. Павлов [59], П.И. Павлов [60], К.А. Артемьев [63], И.Я. Айзеншток [81], Г.Н. Синеоков [63] и другие ученые.

Одной из базовых теорий, описывающих процесс сдвига грунта на площадке среза, является закон прочности сыпучей среды, сформулированный Кулоном. Данный закон также распространяется на связные грунты и соответственно может быть применен для механики сдвига навоза по площадке среза. Закон прочности Кулона – Мора для площадки сдвига грунта имеет следующий вид:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \gamma, \quad (1.1)$$

где c – сцепление, коэффициент, соответствующий прочности грунта при нулевом значении нормального напряжения на площадке сдвига; σ – нормальное напряжение на площадке среза, МПа; $\operatorname{tg} \gamma$ – коэффициент пропорциональности, равный тангенсу угла внутреннего трения; γ – угол внутреннего трения, град.

Предложенная В.П. Горячкиным рациональная формула для определения силы тяги плуга служит основой для описания физических процессов, происходящих при резании грунтов и может быть использована как исходная база для определения усилия сдвига для рабочего органа активизатора разгрузки [38]:

$$P = Gf + kbh + \varepsilon bhv^2, \quad (1.2)$$

где G – вес плуга, Н; f – коэффициент трения; k – удельное сопротивление деформации, Н/мм²; b – ширина пласта, мм; h – глубина пахоты, мм; εbhv^2 – сопротивление грунта отбросу его в сторону, Н.

Формула отражает физические процессы, происходящие при работе большинства сельскохозяйственных машин, а именно постоянное сопротивление машины при ее перемещении, сопротивление среды, над которой производится действие (полезная работа), и затраты энергии на преодоление инерционных сопротивлений.

Согласно исследованиям А.Н. Зеленина [39], усилие резания зависит от усилия, необходимого для сжатия и скалывания стружки рабочей гранью резца, и усилия, затрачиваемого на преодоление сопротивления грунта вдавливанию режущей кромки:

$$P = rlh \frac{\cos \varphi \sin(\alpha + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2}\right)} + s'lk_S, \quad (1.3)$$

где τ – предельное напряжение скалывания Н/мм²; l – длина режущей кромки, мм; h – глубина резания, мм; α – угол резания, град.; φ – угол внутреннего трения грунта по грунту, град.; φ' – угол трения грунта по материалу клина, град.; s' – высота смятия грунта режущей кромкой, мм; k_S – удельное сопротивление грунта смятию режущей горизонтальной кромкой, Н/мм².

А.Н. Зелениным установлено, что на усилие резания по формуле (1.2) В.П. Горячкина оказывает влияние величина удельного сопротивления, зависящая от глубины резания.

Дальнейший анализ исследований резания и разрушения грунтов показал, что данный процесс отражает физические явления, общие для всех сельскохозяйственных агрегатов и орудий.

А.Н. Зеленин [39] исследовал вопрос физической сущности процесса резания грунтов, а также зависимости усилия резания от грунтовых условий и площади поперечного сечения стружки, ширины и глубины резания, угла резания. Установлено, что величина влияния угла резания описывается соотношением

$$P = P_{30} \left(1 - \frac{90 \alpha_p}{180} \right), \quad (1.4)$$

где P_{30} – сопротивление резанию грунта для элементарных профилей (при $\alpha_p = 39 - 90^\circ$).

Исследованиями было установлено, что угол резания для грунтов находится в пределах $30-43^\circ$. Оптимальный угол заострения режущей части рабочего органа $20-35^\circ$, при этом увеличение угла резания ведет к прямо пропорциональному увеличению сопротивления отрыву [53].

В.И. Баловнев в своих исследованиях отталкивался от теории предельного равновесия [51]. Им предложена формула для определения горизонтальной составляющей сопротивления резания плоского скребка:

$$P = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \rho \operatorname{tg} \delta) ABh \left[\frac{\gamma h}{2} + C_\omega \operatorname{ctg} \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \operatorname{tg} \frac{\gamma \rho \cos^2 \rho H^2}{K_\psi h} + \gamma \rho H \right] + \gamma \rho \cos^2 \rho \frac{BH^2}{2}, \quad (1.5)$$

где ρ – объемная масса грунта с ненарушенной структурой, кг/м^3 ; B – длина отвала, мм; h – глубина резания, мм; γ – объемная масса грунта с нарушенной структурой, кг/м^3 ; C_ω – сцепление грунта с нарушенной структурой, кПа; H – высота призмы волочения, равна высоте отвала, мм; K_ψ – коэффициент, зависящий от угла сдвига ψ и угла резания, определяемый аналитическим путем.

Разгрузка материалов из кузова транспортного средства с применением активизатора разгрузки имеет схожие зависимости с процессом работы скребковых конвейеров, исследованиями которого занимались П.С. Козьмин, В.В. Красников, В.К. Дьячков, В.Д. Шнейкин [53–55]. Авторами определены производительность, а также усилие, необходимое для перемещения, в зависимости от коэффициентов внутреннего и внешнего трения материала и потерь в механизмах.

Производительность скребкового конвейера по В.К. Дьячкову [55]:

$$\Pi = kh_{\text{ж}}^2 \psi C_2 \gamma v, \quad (1.6)$$

где k – коэффициент соотношения ширины и высоты желоба; $k = \frac{b}{h_{\text{ж}}}$; $h_{\text{ж}}$ – рабочая высота желоба, м; ψ – коэффициент заполнения желоба; C_2 – коэффициент, учитывающий наклон конвейера; γ – плотность материала, кг/м³; v – скорость транспортирования, м/с.

Для определения удельной энергоемкости процесса А.Н. Сердечным, И.М. Гринчуком [56] предложена формула

$$Ne = K \frac{lb+F}{bhS}, \quad (1.7)$$

где K – коэффициент, характеризующий физико-механические свойства материала; l – длина линии резания, м; b – вылет лопасти скребка, м; F – площадь боковой поверхности стружки, м²; h – глубина фрезерования, м; S – подача на один нож, м.

Коэффициент сопротивления ω' оказывает значительное влияние на мощность, затрачиваемую на перемещение скребковым питателем. П.С. Козьминым [57] получена теоретическая зависимость для определения ω' на единице длины тягового органа наклонного транспортера с открытым желобом:

$$\omega = 1 + \frac{fqc}{0,94Sl}, \quad (1.8)$$

где f – коэффициент трения насыпного груза о стенки желоба; q – полезная нагрузка на 1 м желоба, кг/м; h – высота скребка, м; S – натяжение скребковой цепи в месте крепления скребка, кг; l – длина звена цепи, к которому крепится скребок, м.

Мощность на привод скребковой цепи активизатора принимается как произведение силы сопротивления перемещения цепи на скорость этого перемещения, и выражение по ее определению имеет следующий вид [55]:

$$N = \frac{q_{ц}Lv_{тр}}{987\eta_3\eta_{пс}} [\sin \beta + \omega_{ц}(k_L + \cos \beta)], \quad (1.9)$$

где $q_{ц}$ – вес одного погонного метра скребковой цепи, Н/м; L – длина наклонной части транспортера, м; $v_{тр}$ – скорость движения скребковой цепи, м/с; $\omega_{ц}$ – коэффициент перемещения скребковой цепи; k_L – коэффициент длины участка заборного устройства; $\eta_3, \eta_{пс}$ – КПД привода.

В работе В.В. Бледных [73] приводится формула для определения силы сопротивления, возникающей вследствие налипания груза к поверхности скребка P , Н, сопротивления:

$$P = p_0S + pNS, \quad (1.10)$$

где p_0 – коэффициент касательных сил удельного налипания при отсутствии нормального давления; S – видимая площадь контакта, м²; p – коэффициент касательных сил удельного налипания, вызываемого нормальным давлением; N – нормальная реакция опорной поверхности, Н.

В работе И.Р. Рахимова [74] приведена формула для расчета нормального напряжения σ_n , возникающего на рабочей поверхности скребка при контакте с почвой:

$$\sigma_n = \frac{1 - \sin \tau \cos 2\omega_H}{1 + \sin \tau \cos 2\omega_H} (C \cos \tau + \rho a g), \quad (1.11)$$

где τ – угол трения частиц груза о соседние частицы, град.; ω_H – угол наклона площадки разрушения к направлению напряжения, град., $2\omega_H = \pi - 2\alpha + \varphi - \arcsin(\sin \tau \sin \varphi)$ [74]; C – сцепление почвы; ρ – плотность почвы, кг/м³.

Согласно теоретическим исследованиям П.Н. Бурченко [71], угол Ψ , соответствующий максимальному значению нормального напряжения отрыва грунта от массива σ_{\max} , может быть определен из выражения

$$\Psi = \frac{1}{2} \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right], \quad (1.12)$$

где φ – угол трения груза о поверхность скребка, град.

Анализ проведенных исследований позволяет определить взаимосвязь конструктивных и режимных параметров рабочих элементов и показателей производительности, потребляемой мощности и энергоемкости при резании и отделении связных грузов (грунта, навоза). Следует отметить, что приведенные выше исследования не отображают процесс отделения частиц груза от твердой поверхности.

1.6. Выводы по главе

1. Существующие в настоящее время транспортные средства в ряде случаев не обеспечивают полную разгрузку трудносыпучих грузов из кузова, что снижает их производительность и увеличивает энергоемкость процесса разгрузки.

2. На основании анализа существующих конструктивно-технологических схем транспортных средств разработана классификация прицепов и самосвальных устройств разгрузки, позволяющая определить наиболее рациональные конструктивные решения.

3. Перспективной конструкцией для активизации разгрузки является устройство разгрузки сталкивающего типа с гидравлическим устройством подачи, имеющее незначительное сталкивающее усилие. Конструктивная схема активизатора разгрузки также должна иметь возможность переоснащения прицепов, имеющихся на действующих предприятиях.

4. Влияние физико-механических свойств грузов, а именно изменение липкости с течением времени нахождения грузов в кузове транспортных средств, исследовано недостаточно полно.

5. На основании анализа проведенных теорий исследований определена взаимосвязь конструктивных и режимных параметров рабочих элементов и показателей производительности, потребляемой мощности и энергоемкости при резании и отделении связных грузов (грунта, навоза).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗГРУЗКИ ТРУДНОСЫПУЧИХ ГРУЗОВ

2.1. Предлагаемая конструктивно-технологическая схема разгрузки транспортного средства

Технологическая схема процесса транспортирования (рисунок 2.1) включает в себя следующие основные операции: погрузка и выгрузка. При разгрузке кузов транспортного средства переводится в наклонное положение. Далее осуществляется разгрузка объема V_1 под действием силы тяжести за счет опрокидывания кузова, при этом часть плохо сыпучего груза (объем V_2) остается в кузове. По завершении разгрузки транспортное средство с оставшимся грузом (объем V_2) возвращается к месту погрузки.

Анализ процесса разгрузки сельскохозяйственных грузов, способных слеживаться и слипаться, показал, что они могут налипнуть или примерзнуть к кузову в холодное время года, в результате чего часть груза может остаться в кузове транспортного средства.

Предлагаемая технологическая схема (рисунок 2.2) включает в себя транспортное средство 1, оборудованное активизатором разгрузки 3, который повышает производительность процесса разгрузки при перевозке трудносыпучих грузов, способных налипнуть к кузову. Технологический процесс разгрузки транспортного средства осуществляется в следующей последовательности.

Транспортное средство подается к месту разгрузки. Далее осуществляется разгрузка объема V_1 под действием силы тяжести за счет опрокидывания кузова. Часть трудносыпучего груза (объем V_2), оставшаяся в кузове, выгружается за счет работы активизатора разгрузки (перемещением скребка). По завершении разгрузки транспортное средство возвращается к месту погрузки.

Преимущества предлагаемой технологии заключаются в следующем. Благодаря применению активизатора разгрузки снижаются затраты ручного труда при разгрузке груза, налипшего к кузову. Предложенный механизм также

обеспечивает полную разгрузку при меньших углах подъема кузова, что позволяет осуществлять разгрузку при ограничении по высоте подъема кузова.

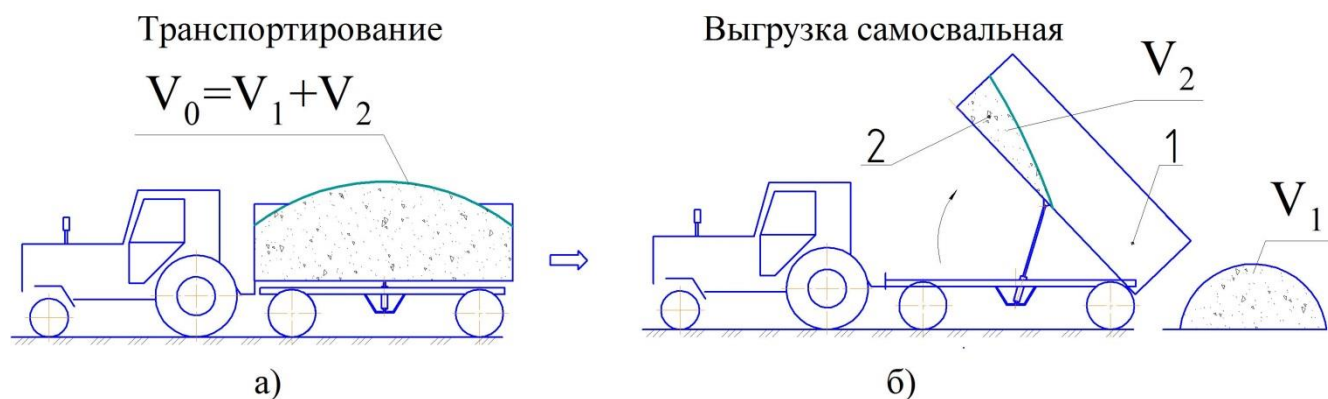


Рисунок 2.1 – Известная технологическая схема разгрузки транспортного средства;
1 – кузов; 2 – трудносыпучий груз; V_0 – полный объем груза в кузове;
 V_1 – объем груза, разгружаемого из кузова; V_2 – объем груза, оставшегося в кузове

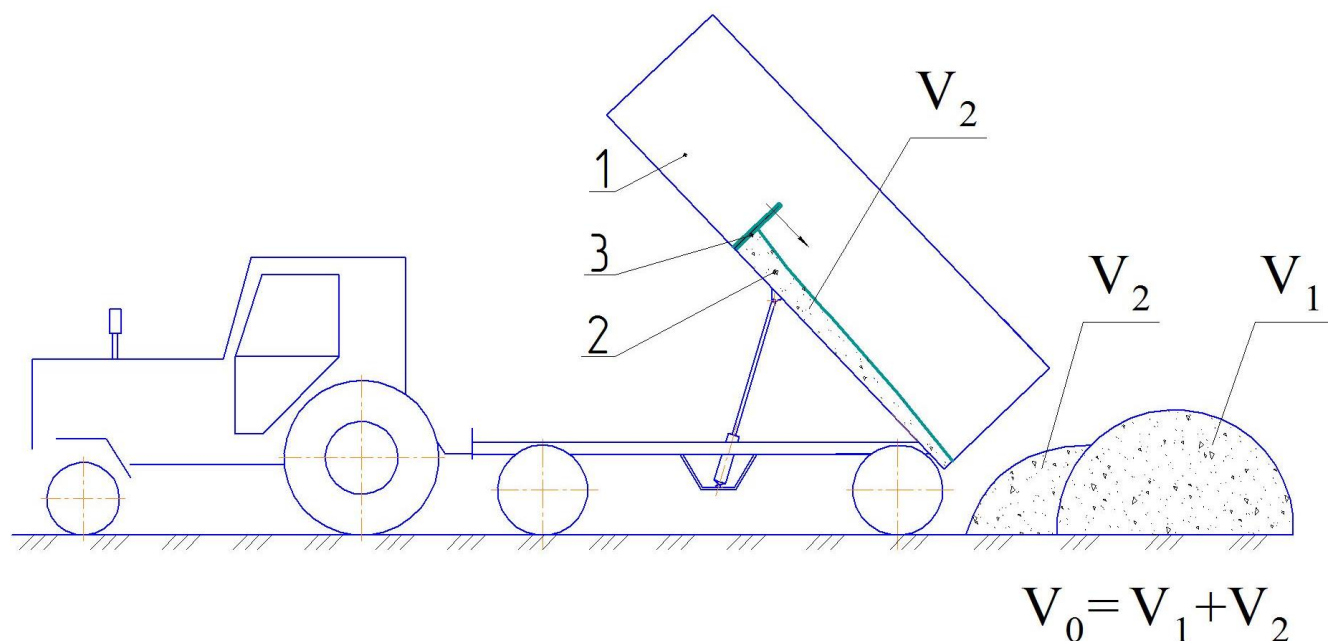


Рисунок 2.2 – Технологическая схема разгрузки транспортного средства с применением активатора разгрузки; 1 – кузов; 2 – трудносыпучий груз; 3 – активатор разгрузки;
 V_1 – объем груза, разгружаемого из кузова; V_2 – объем груза, оставшегося в кузове

2.2. Конструктивно-технологическая схема активатора разгрузки

Существующие в настоящее время транспортные средства в ряде случаев не обеспечивают полную разгрузку трудносыпучих грузов из кузова, что снижает их

производительность и увеличивает энергоемкость процесса разгрузки. Анализируя конструктивно-технологические схемы самосвальных устройств разгрузки, можно сделать вывод, что имеющиеся устройства активизации разгрузки в основном обладают сложной конструкцией, предъявляют повышенные требования к гидросистеме трактора или недостаточно эффективны при разгрузке сельскохозяйственных грузов. Конструктивной схемой активизатора разгрузки является устройство сталкивающего типа с гидравлическим устройством подачи, имеющее малое сталкивающее усилие, а также возможность переоснащения прицепов, имеющих на предприятиях.

На основании ранее произведенных научных исследований на кафедре «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» СГАУ разработана конструктивно-технологическая схема (рисунки 2.3–2.5) активизатора разгрузки кузова транспортного средства (патент на полезную модель № 147174, приложение 1). Данная конструктивно-технологическая схема активизатора разгрузки может применяться при работе с трудносыпучими и способными слеживаться материалами (например, навозом и грунтом) повышенной влажности.

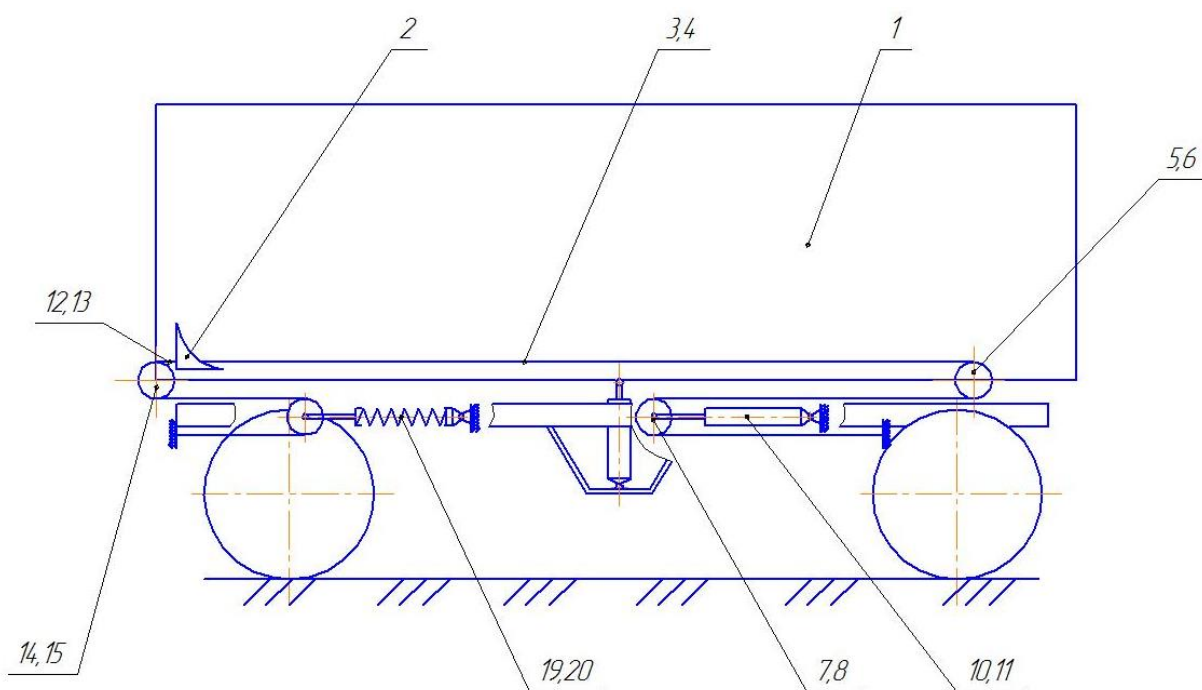


Рисунок 2.3 – Схема активизатора разгрузки тракторного прицепа (вид сбоку)

Предлагаемый активизатор разгрузки представляет собой подвижно установленный над днищем кузова 1 скребок 2, который перемещается вдоль днища кузова посредством двух канатов 3 и 4, пропущенных через блоки 5, 6, 14, 15, закрепленные на кузове транспортного средства, и блоки 7, 8, 16, 17 установленные на подвижных балках 9, 18. Подвижная балка 9 установлена на штоках приводных гидроцилиндров 10, 11. Выдвижение штоков гидроцилиндров 10, 11 при рабочем ходе приводит к перемещению рабочих ветвей канатов 3, 4 и связанного с ними скребка 1. В обратное положение скребок возвращается под действием пружин 19, 20, закрепленных с одной стороны к подвижной балке 18, с другой – к кузову транспортного средства.

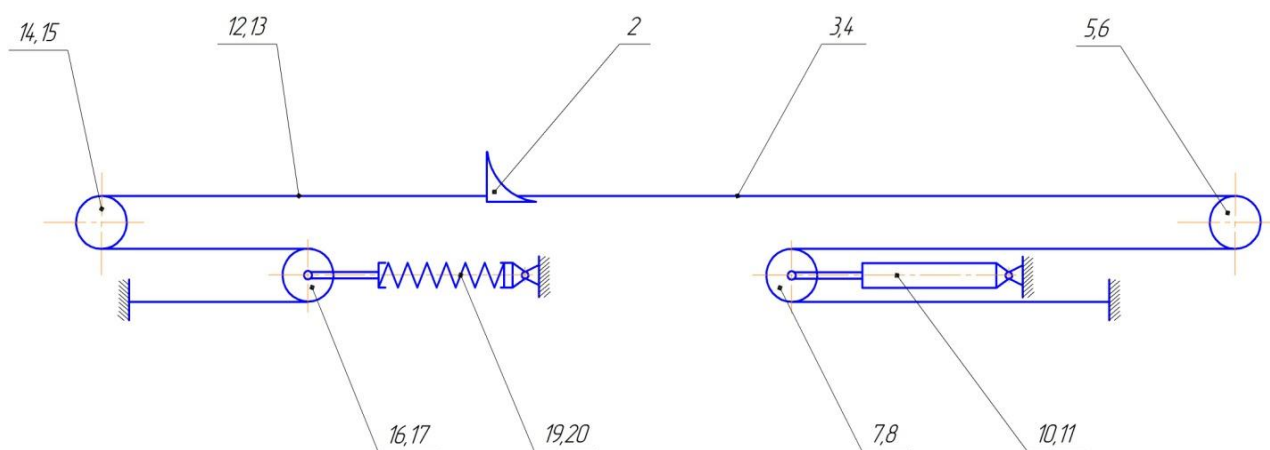


Рисунок 2.4 – Схема активизатора разгрузки тракторного прицепа (фрагмент)

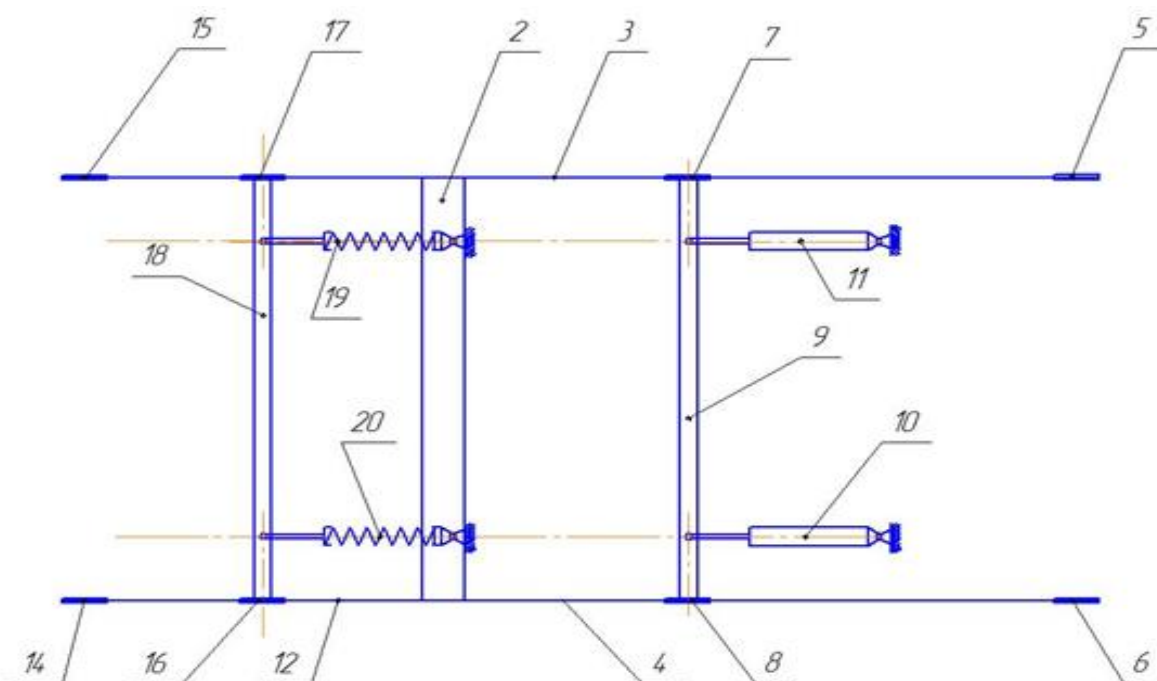


Рисунок 2.5 – Схема активизатора разгрузки тракторного прицепа (вид сверху)

Активизатор разгрузки работает следующим образом (рисунок 2.6). Транспортное средство подается к месту разгрузки, при этом в кузове 1 находится объем $V_0 = V_1 + V_2$ (см. рисунки 2.1, 2.2) Далее кузов 1 транспортного средства переводится в наклонное положение. При этом часть трудносыпучего груза (объем V_1) остается в кузове 1. Для полной разгрузки кузова включается активизатор разгрузки. Для этого создается давление в приводных гидроцилиндрах 2, и их штоки начинают выдвигаться. Вместе со штоками гидроцилиндров перемещается подвижная балка с установленными на них блоками 3. Перемещение блоков 3 приводит к движению рабочих ветвей канатов 4 с закрепленным на них скребком 5. При движении скребок давит на груз, обеспечивая полную разгрузку кузова. По завершении разгрузки кузова давление в гидроцилиндрах постепенно снижается, и за счет натяжения возвратных пружин 6 вся система возвращается в исходное состояние.

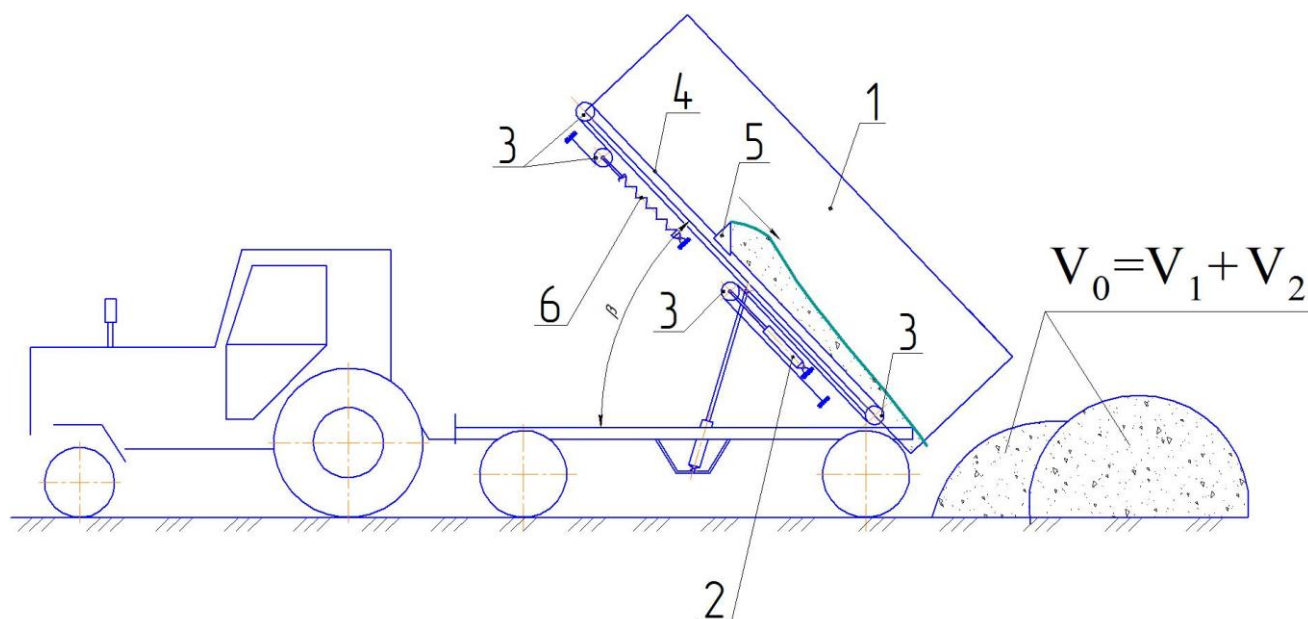


Рисунок 2.6 – Технологическая схема разгрузки транспортного средства с применением активизатора разгрузки: V_1 – объем груза, разгружаемого под действием силы тяжести; V_2 – объем трудносыпучего груза, разгружаемого с применением активизатора

Особенностью устройства для активизации разгрузки кузова транспортного средства является:

- 1) применение двух систем канатов, огибающих блоки по краям кузова, приводящих скребок в движение, и крепление канатов по краям скребка

обеспечивают более надежную работу, чем использование одной системы каната и блоков и крепление каната в одной точке по центру;

2) применение двух гидроцилиндров позволяет увеличить силу нажатия скребка на груз до величины, позволяющей осуществлять разгрузку за один проход скребка;

3) применение системы канатов и блоков, образующих полиспасть обратного действия, позволяет вдвое увеличить рабочий ход скребка в сравнении с ходом штока гидроцилиндра.

2.3. Исследование процесса перемещения груза относительно кузова автомобиля

При разгрузке кузов транспортного средства переводится в наклонное положение, образуя с горизонталью угол β . Рассмотрим систему сил, действующих на груз, пока он не начал высыпаться из кузова (рисунок 2.7):

- сила тяжести груза $G_{г}$, Н; $G_{г} = M_{г}g$, где $M_{г}$ – суммарная масса всех частиц материала, находящегося в кузове, кг;
- сила трения груза о дно кузова $F_{тр.дн}$, Н; $F_{тр.дн} = Nf_{с.гр}$, где $f_{с.гр}$ – статический коэффициент трения груза о поверхность дна кузова;
- сила трения груза о борта кузова $F_{тр.бок}$, Н; $F_{тр.бок} = F_{д}f_{с.гр1}$, где $F_{д}$ – сила давления груза на борта, Н; $f_{с.гр1}$ – статический коэффициент трения груза о поверхность бортов кузова.

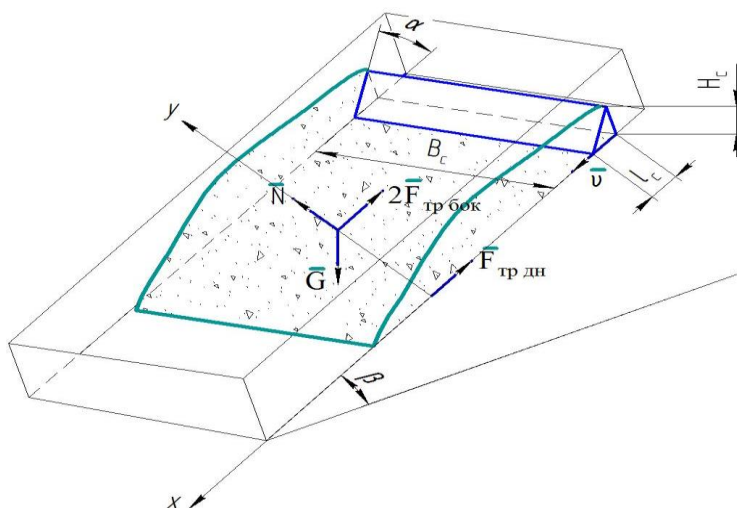


Рисунок 2.7 – Схема сил, действующих на груз в кузове

Силы $F_{\text{тр.дн}}$ и $F_{\text{тр.бок}}$ являются силами трения покоя.

В случае если скребок начал свое движение, то к вышеперечисленным силам добавится сила деформации груза скребком $F_{\text{деф}}$.

Введем прямоугольную систему координат, направив ось x вдоль дна кузова. До тех пор, пока груз неподвижен, система является уравновешенной, поэтому суммы проекций сил на оси x и y равны нулю.

$$\sum X_i = 0;$$

$$G \sin \beta - F_{\text{тр.дн}} - 2F_{\text{тр.бок}} + F'_{\text{деф}} = 0; \quad (2.4)$$

$$\sum Y_i = 0;$$

$$N - G \cos \beta + F''_{\text{деф}} = 0. \quad (2.5)$$

Подставим значения сил в полученные уравнения и из выражения (2.5) выразим нормальную реакцию N :

$$N = M_{\text{г}}g \cos \beta - F''_{\text{деф}}. \quad (2.6)$$

Подставим полученное значение N в формулу (2.4):

$$M_{\text{г}}g \sin \beta - (M_{\text{г}}g \cos \beta - F''_{\text{деф}})f_{\text{с.гр}} - 2F_{\text{д}}f_{\text{с.гр1}} + F'_{\text{деф}} = 0.$$

После упрощения получим:

$$M_{\text{г}}g(\sin \beta - \cos \beta f_{\text{с.гр}}) - 2F_{\text{д}}f_{\text{с.гр1}} + F'_{\text{деф}} + F''_{\text{деф}}f_{\text{с.гр}} = 0. \quad (2.7)$$

На основании выражения (2.7) условие равновесия системы будет иметь следующий вид:

$$\sin \beta_{\text{кр}} - \cos \beta f_{\text{с.гр}} > \frac{2F_{\text{д}}f_{\text{с.гр1}} - F'_{\text{деф}} - F''_{\text{деф}}f_{\text{с.гр}}}{M_{\text{г}}g}, \quad (2.8)$$

В случае если скребок неподвижен, и силой его давления можно пренебречь, неравенство (2.8) примет вид:

$$\sin \beta_{\text{кр}} - \cos \beta f_{\text{с.гр}} > \frac{2F_{\text{д}}f_{\text{с.гр1}}}{M_{\text{г}}g}. \quad (2.9)$$

Таким образом, при увеличении угла β наклона кузова к горизонту составляющая $M_{\text{г}}g \sin \beta$ будет стремиться сбросить груз вниз. Силы трения $F_{\text{тр.дн}}$ и $F_{\text{тр.бок}}$ будут препятствовать перемещению груза, причем их значения будут возрастать от нуля до определенной критической величины [74]. Когда угол наклона кузова достигает критического значения $\beta_{\text{крит}}$, материал начинает

движение. Значение $\beta_{\text{крит}}$ может быть найдено из неравенства (2.9). Из неравенства (2.8) следует, что воздействие скребка на груз способствует уменьшению значения $\beta_{\text{крит}}$.

$$\begin{aligned} \sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg} \beta; \quad \sin \beta - \cos \beta &= x \\ \sqrt{1 - \cos^2 \beta} - f \cos \beta &= A; \\ \sqrt{1 - \cos^2 \beta} &= A + f \cos \beta; \\ 1 - \cos^2 \beta &= (A + f \cos \beta)^2; \\ 1 - x^2 &= A^2 + 2Afx + f^2 x^2. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Решаем квадратичное уравнение относительно x и переходим к обратной замене, что $\cos \beta = x$.

2.4. Исследование процесса разгрузки с применением активизатора трудносыпучих материалов

2.4.1. Кинематическое исследование работы активизатора разгрузки трудносыпучих материалов

В соответствии с представленной кинематической схемой работы активизатора разгрузки трудносыпучих материалов (рисунок 2.8) при выдвигании штока гидроцилиндра со скоростью $v_{\text{ш}}$ вследствие применения системы блоков скорость скребка будет в два раза выше, т.е. $v_c = 2v_{\text{ш}}$ (блоки, входящие в систему, имеют одинаковые радиусы).

На частицы груза, соприкасающиеся со скребком, с одной стороны будет воздействовать сам скребок, а с другой стороны – другие частицы груза, оставшегося в кузове. Поэтому они будут совершать сложное движение. Если ввести подвижную систему координат $x_1 O_1 y_1$, соединенную со скребком, и неподвижную $x O y$, соединенную с кузовом автомобиля, то движение частиц груза можно разделить на переносное – вместе со скребком со скоростью $\bar{v}_r^e = \bar{v}_c$, и относительное – по поверхности скребка со скоростью \bar{v}_r^r .

$$\frac{v_{\Gamma}^a}{\sin \alpha} = \frac{v_{\Gamma}^r}{\sin \psi} = \frac{v_{\Gamma}^e}{\sin(\alpha+\psi)}, \quad (2.11)$$

где α – угол резания, град.; ψ – угол, образованный плоскостью сдвига с горизонталью, рад.

Угол ψ соответствует максимальному значению нормального напряжения отрыва σ_{\max} , может быть определен из выражения (1.12).

Преобразовав равенство (2.11), получим, что в общем случае относительная и абсолютная скорость груза при работе активизатора разгрузки будет находиться в следующих пределах:

$$0 \leq v_{\Gamma}^r \leq \frac{2v_{\text{ш}}}{\sin \alpha (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \psi)}; \quad (2.12)$$

$$2v_{\text{ш}} \leq v_{\Gamma}^a \leq \frac{2v_{\text{ш}}}{\sin \psi (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \psi)}. \quad (2.13)$$

Из представленных формул (2.12) и (2.13) видно, что на скорость перемещения груза по поверхности скребка оказывают влияние кинематические параметры работы активизатора разгрузки (скорость движения штока гидроцилиндра $v_{\text{ш}}$), геометрические параметры скребка (угол α) и физико-механические свойства груза (угол ψ).

2.4.2. Исследование процесса взаимодействия скребка с материалом при разгрузке автомобиля

Рассмотрим процесс взаимодействия скребка с материалом во время разгрузки автомобиля (рисунок 2.9).

На скребок, начинающий свое движение, действуют следующие силы:

- сила тяжести скребка G_c , Н; $G_c = m_c g$, где m_c – масса скребка, кг, g – ускорение свободного падения, м/с²;
- сила инерции скребка $F_c^и$, Н; $F_c^и = m_c \frac{dv_c}{dt}$ [76];
- нормальная реакция опорной поверхности N_1 , Н;
- сила трения скребка о поверхность кузова автомобиля $F_{\text{тр.с}}$, Н; $F_{\text{тр.с}} = N_1 f_1$,

- где f_1 – коэффициент трения скребка о металлическую поверхность кузова;
- сила натяжения канатов, перемещающих скребок, R_1 , Н;
 - сила трения скребка о поверхность груза $F_{тр}$, Н; $F_{тр} = Nf$, где N – сила нормальной реакции скребка, Н; f – коэффициент трения скребка о поверхность груза;
 - сила сопротивления, возникающая вследствие налипания груза к поверхности скребка P , Н, приведена в главе 1, формула (1.10).

Для нашего случая $S = bl$, где b и l – ширина и длина рабочей поверхности скребка, м.

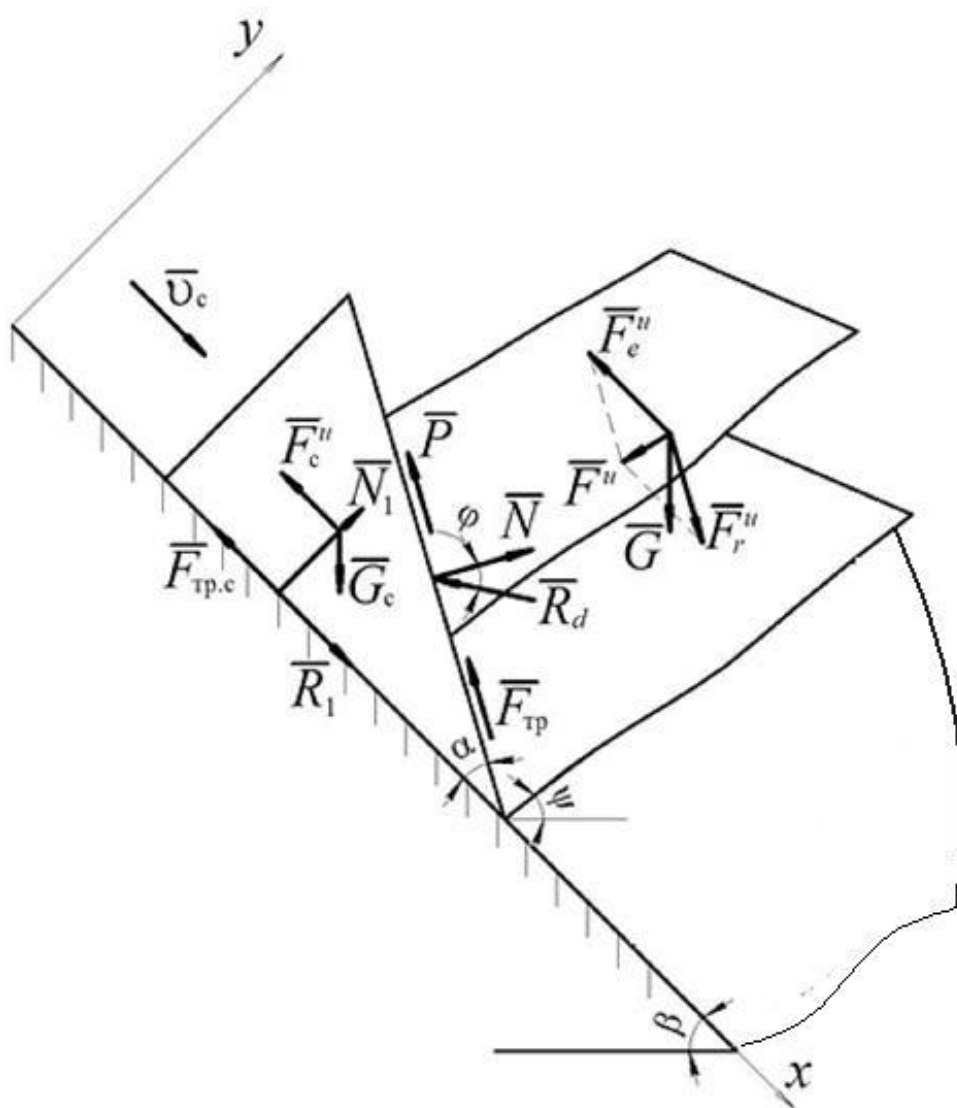


Рисунок 2.9 – Схема сил, действующих на скребок

С учетом этого сила сопротивления P , Н, примет вид

$$P = bl(p_0 + pN), \quad (2.14)$$

- сила тяжести груза G , Н; $G = abl\rho$ [73, 77], где a – глубина слоя перемещаемого груза, м; ρ – объемная масса груза, кг/м³;
- сила давления груза на рабочую поверхность скребка, обусловленная его инерцией.

Данная сила равна силе инерции груза $F^и$, Н. Ее в дальнейшем и будем учитывать. Для удобства рассмотрения силовой схемы работы скребка разложим силу инерции на относительную $F_r^и$ и переносную $F_e^и$ составляющие. Составляющие определим по формулам [73]:

$$F_r^и = \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt}; \quad (2.15)$$

$$F_e^и = \frac{G}{g} \frac{dv_c}{dt}; \quad (2.16)$$

- сила сопротивления груза подрезанию и деформации R_d , Н.

Согласно исследованиям И.Р. Рахимова [74], линия действия \bar{R}_d отклонена от нормали на угол трения груза φ , а величина данного усилия может быть найдена по формуле

$$R_d = \frac{\sigma_n abk_v}{\cos \alpha \cdot \cos \varphi}, \quad (2.17)$$

где σ_n – нормальное напряжение, возникающее на рабочей поверхности скребка, Н/м² (1.11); α – острый угол между рабочей поверхностью скребка и направлением его движения, град.; φ – угол трения груза о поверхность скребка, град.; ψ – угол сдвига, град.; k_v – коэффициент, зависящий от скорости движения скребка [8]:

$$k_v = 1 + \frac{v_c}{v_{кр}}, \quad (2.18)$$

где v_c – скорость перемещения скребка, м/с; $v_{кр}$ – критическая скорость, м/с.

Исходя из представленной схемы (см. рисунок 2.9), нормальная реакция N определится из выражения

$$N = R_d \cos \varphi + F_e^{\text{н}} \sin \alpha + G \cos(\alpha + \beta), \quad (2.19)$$

где φ – угол трения груза о поверхность скребка, град.; β – угол наклона поверхности кузова к горизонтали, град.

В соответствии с принципом Даламбера [76], сумма всех активных и реактивных сил, действующих на скребок, а также силы инерции, условно приложенной к нему, в начале его движения равны нулю:

$$\bar{R}_1 + \bar{N}_1 + \bar{G}_c + \bar{F}_{\text{тр.с}} + \bar{F}_c^{\text{н}} + \bar{F}_л + \bar{F}_{\text{тр}} + \bar{R}_d + \bar{F}_e^{\text{н}} + \bar{F}_r^{\text{н}} + \bar{G} = 0. \quad (2.20)$$

Введем прямоугольную систему координат, направив ось x вдоль поверхности кузова автомобиля (см. рисунок 2.8), и спроецируем выражение (2.20) на выбранную систему координат. На ось x :

$$\begin{aligned} R_1 - F_{\text{тр.с}} - F_c^{\text{н}} + G_c \sin \beta - F_{\text{тр}} \cos \alpha - F_л \cos \alpha - \\ - R_d \sin(\alpha + \varphi) - F_e^{\text{н}} + F_r^{\text{н}} \cos \alpha + G \sin \beta = 0. \end{aligned} \quad (2.21)$$

В полученное выражение подставим значения сил трения и инерции и выразим R_1 . После преобразования будем иметь:

$$\begin{aligned} R_1 = N_1 f_1 + \frac{dv_c}{dt} \left(m_c + \frac{G}{g} \right) - (G_c + G) \sin \beta + N f \cos \alpha + F_л \cos \alpha + \\ + R_d \sin(\alpha + \varphi) - \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} \cos \alpha. \end{aligned} \quad (2.22)$$

На ось y :

$$\begin{aligned} N_1 - G_c \cos \beta - F_{\text{тр}} \cos \alpha + F_л \sin \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha - R_d \cos(\alpha + \varphi) - \\ - F_r^{\text{н}} \sin \alpha - G \cos \beta = 0. \end{aligned} \quad (2.23)$$

В данное выражение также подставим значения сил трения и инерции и выразим N_1 . Упростив, получим:

$$N_1 = (G_c + G) \cos \beta - F_{\text{л}} \sin \alpha - Nf \sin \alpha + R_d \cos(\alpha + \varphi) + \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} \sin \alpha. \quad (2.24)$$

Подставим значение N_1 из формулы (2.24) в выражение (2.23). После упрощения получим:

$$R_1 = (G_c + G)(f_1 \cos \beta - \sin \beta) + F_{\text{л}}(\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) + Nf (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) + \\ + R_d(f_1 \cos(\alpha + \varphi) + \sin(\alpha + \varphi)) - \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) + \frac{dv_c}{dt} \left(m_c + \frac{G}{g} \right).$$

В полученное выражение подставим значение N из формулы (2.19):

$$R_1 = (G_c + G)(f_1 \cos \beta - \sin \beta) + F_{\text{л}}(\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) + R_d(f_1 \cos(\alpha + \varphi) + \\ + \sin(\alpha + \varphi) + f \cos \alpha (\cos \alpha - f_1 \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi)) + \frac{G}{g} \frac{dv_c}{dt} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha \times \right. \\ \left. \times (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) \right) - \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha) + Gf \cos(\alpha + \beta) (\cos \alpha - f_1 \sin \alpha).$$

Введем условные обозначения: $f_1 \cos \beta - \sin \beta = A$; $\cos \alpha - f_1 \sin \alpha = B$; $f_1 \cos(\alpha + \varphi) + \sin(\alpha + \varphi) + f \cos \alpha (\cos \alpha - f_1 \operatorname{tg} \alpha \cos \varphi) = D$.

Получаем:

$$R_1 = (G_c + G)A + F_{\text{л}}B + R_d D + \frac{G}{g} \frac{dv_c}{dt} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - \\ - \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} B + Gf \cos(\alpha + \beta) B. \quad (2.25)$$

Значение R_1 характеризует усилие, необходимое на привод скребка в движение.

На основании равенства (2.2) можем вывести следующую закономерность:

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{dv_r \sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi}, \quad (2.26)$$

Подставим формулу (2.26) в выражение (2.25), выразив при этом относительное ускорение движения груза по поверхности скребка $\frac{dv_r}{dt}$. После упрощений и преобразований получим:

$$\frac{dv_r}{dt} = \frac{R_1 - (G_c + G)A - F_l B - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B g}{\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - B} \frac{g}{G} \quad (2.27)$$

Разделив переменные и проинтегрировав обе части уравнения (2.27), получим:

$$v_r = \frac{R_1 - (G_c + G)A - F_l B - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B g}{\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - B} \frac{g}{G} t + C, \quad (2.28)$$

где C – постоянная интегрирования. В начальный момент движения $t = 0$, $v_r = 0$, следовательно, $C = 0$.

Таким образом, формула для определения относительной скорости движения груза по поверхности скребка будет иметь следующий вид:

$$v_r = \frac{R_1 - (G_c + G)A - F_l B - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B g}{\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - B} \frac{g}{G} t. \quad (2.29)$$

Если не брать начальный период времени, когда $t = 0$, то $t > 0$, $g > 0$, $G > 0$. Следовательно, груз будет перемещаться по поверхности скребка (т.е. $v_r > 0$), если выполняется неравенство:

$$\frac{R_1 - (G_c + G)A - F_l B - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B}{\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - B} > 0. \quad (2.30)$$

Принимая во внимание реальное значение углов α и ψ , можем сказать, что $\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} > 1$ и $\left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) > 1$, а $B < 1$. Отсюда следует, что $\frac{\sin(\alpha + \psi)}{\sin \psi} \cdot \left(\frac{m_c g}{G} + 1 + f \sin \alpha B \right) - B > 0$. Тогда неравенство (2.29) будет выполняться при условии, что

$$R_1 - (G_c + G)A - F_l B - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B > 0, \text{ или}$$

$$R_1 > (G_c + G)A - PB - R_d D - G f \cos(\alpha + \beta) B. \quad (2.31)$$

Неравенство (2.31) выражает условие относительного движения груза по поверхности скребка во время работы активизатора разгрузки.

Начальная мощность, необходимая на привод активизатора разгрузки грузов, может быть определена по формуле [74]:

$$P_{\text{нач}} = R_1 v'_c, \quad (2.32)$$

где v'_c – мгновенная скорость скребка, м/с.

Указанная в формуле (2.32) мгновенная скорость v'_c изменяет свою величину от нуля до значения $v_c = 2v_{\text{ш}}$, характерного для периода установившейся работы активизатора разгрузки.

В период установившейся работы, когда скорость скребка постоянна и равна удвоенной скорости штока приводного гидроцилиндра, мощность на привод будет иметь меньшее значение, так как изменится значение усилия R_1 . Если $v_c = \text{const}$, то $F_c^{\text{и}} = m_c \frac{dv_c}{dt} = 0$. Исходя из представленных ранее формул (2.15) и (2.16), силы инерции груза тоже должны быть равны нулю. Однако рядом авторов [70, 71, 73, 74] отмечено, что при движении двугранного клина с постоянной скоростью возникает сила динамического давления пласта, обусловленная инерцией почвы. Г.Н. Синеоков [77] в своих исследованиях указывает, что уплотнение и деформация почвы двугранным клином приводят к разделению почвенного пласта на отдельные элементы. Соответственно каждый элемент почвы до соприкосновения с клином имеет скорость, равную нулю, а после вступления на рабочую поверхность клина приобретает скорость v_0 , с которой в дальнейшем и перемещается по поверхности клина.

П.Н. Бурченко в своей монографии [71] приводит формулу для нахождения силы инерции для данного случая, которая согласуется с выражением для определения динамического давления почвы вследствие инерции, выведенным Г.Н. Синеоковым [77]:

$$F^{\text{и}} = \frac{\gamma}{g} hbvv_a, \quad (2.33)$$

где γ – объемная масса почвы, кг/м³; hb – площадь сечения перемещаемого материала, м²; h – высота скребка, м; b – ширина рабочей поверхности скребка, м; v – скорость движения клина, м/с; v_a – абсолютная скорость движения элемента почвы по поверхности клина, м/с.

Для нашего случая относительная $F_r^и$ и переносная $F_e^и$ силы инерции будут возникать постоянно при вступлении частиц груза на рабочую поверхность скребка и действовать в течение короткого периода времени. Поэтому аналогично выражению (2.29) можем записать:

$$F_r^и = \frac{G}{g} \frac{dv_r}{dt} = \frac{\gamma_r}{g} hbv_c v_r;$$

$$F_e^и = \frac{G}{g} \frac{dv_c}{dt} = \frac{\gamma_r}{g} hbv_c^2,$$

где γ_r – объемная масса груза, кг/м³.

С учетом равенства (2.33) получим:

$$F_r^и = \frac{\gamma_r}{g} hbv_c^2 \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)}; \quad (2.34)$$

$$F_e^и = \frac{\gamma_r}{g} hbv_c^2. \quad (2.35)$$

Приняв в выражении (2.21) $F_c^и = 0$ и подставив в него значения сил инерции груза из формул (2.34) и (2.35), после упрощения получим:

$$R'_1 = (G_c + G)A + Gf \cos(\alpha + \beta) B + F_l B + R_d D + \frac{\gamma_r}{g} hbv_c^2 \left[1 + B \left(f \sin \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} \right) \right]. \quad (2.36)$$

Уравнение (2.36) позволяет определить величину усилия R'_1 , необходимого для перемещения скребка в период установившейся работы активизатора разгрузки. Первые три слагаемых характеризуют сопротивления перемещению скребка, вызванные трением о поверхность кузова автомобиля и груз, а также адгезией; четвертое слагаемое характеризует процесс деформации и последующего разрушения груза скребком, пятое – динамическое сопротивление груза перемещению, вызванное его инерцией.

На рисунке 2.10 построен график, характеризующий теоретическую зависимость для скребка высотой $h = 0,05$ м; $h = 0,1$ м; $h = 0,15$ м; $h = 0,2$ м. Результаты расчета приведены в приложении 2.

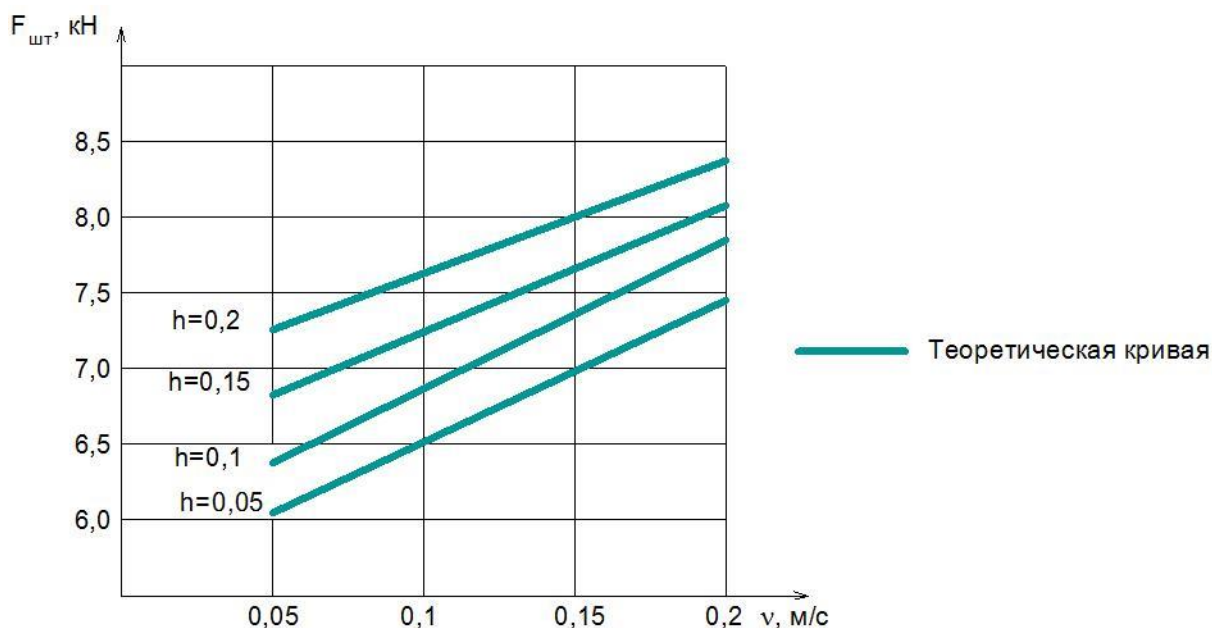


Рисунок 2.10 – Зависимость усилия на штоке гидроцилиндра активизатора разгрузки при высоте скребка $h = 0,1$ м от скорости подачи v , м/с

Тогда мощность, необходимая на привод активизатора разгрузки, определится из следующего выражения: $P_{II} = R'_1 v_c$, или

$$P_{II} = \left\{ (G_c + G)A + Gf \cos(\alpha + \beta) B + PB + R_d D + \frac{\gamma_r}{g} h b v_c^2 \left[1 + B \left(f \sin \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} \right) \right] \right\} v_c. \quad (2.37)$$

С учетом выведенных ранее формул (2.10) и (2.25), а также значений G и G_c выражение (2.37) примет следующий вид:

$$P_{II} = \left\{ (m_c g + h b l \gamma_r) A + h b l \gamma_r f \cos(\alpha + \beta) B + b l (p_0 + p N) B + \frac{\sigma_n a b k_v}{\cos \alpha \cos \varphi} D + \frac{\gamma_r}{g} h b v_c^2 \left[1 + B \left(f \sin \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} \right) \right] \right\} v_c. \quad (2.38)$$

Уравнение (2.38) выражает зависимость мощности, необходимой на привод механизма активизатора разгрузки, от конструктивных и геометрических параметров самого скребка (массы скребка m_c , ширины b и длины l его рабочей поверхности, угла α , коэффициента трения f_1), физико-механических свойств груза (угла ψ , объемной массы γ_r , коэффициента трения f и угла трения φ ,

нормального напряжения σ_n , коэффициентов p_0 и p), скорости движения скребка v_c , угла наклона кузова автомобиля β , толщины слоя груза a .

В начальный период работы механизма активизатора разгрузки значение усилия R_1 несколько выше величины R'_1 , характерной для установившегося режима работы, однако скорость перемещения скребка v'_c ниже номинального значения $v_c = 2v_{ш}$. Поэтому с учетом того, что разгон скребка происходит за незначительный промежуток времени, примем с небольшой долей погрешности $P_{нач} \approx P_{п}$.

Привод механизма активизатора разгрузки осуществляется от двух гидроцилиндров. Потребная мощность на одном гидроцилиндре может быть определена по формуле

$$P_{1г} = \frac{1}{2} P_{п}, \text{ или } P_{1г} = R'_1 v_{ш}. \quad (2.39)$$

Мощность на одном гидроцилиндре:

$$P_{1г} = \left\{ (m_c g + abl\gamma_r)A + abl\gamma_r f \cos(\alpha + \beta) B + bl(p_0 + pN)B + \frac{\sigma_n abk_v}{\cos \alpha \cos \varphi} D + 4 \frac{\gamma_r}{g} abv_{ш}^2 \left[1 + B \left(f \sin \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} \right) \right] \right\} v_{ш}. \quad (2.40)$$

2.4.3. Исследование перемещения груза относительно рабочей поверхности скребка

При работе активизатора разгрузки трудносыпучих материалов груз преимущественно совершает переносное движение вместе со скребком и, опрокидываясь, перемещается вниз по поверхности кузова. Однако возможен другой вариант, когда вследствие примерзания или налипания к поверхности кузова груз оказывает значительное сопротивление перемещению скребка. При этом увеличивается сила сопротивления груза подрезанию и деформации R_d , и нижние элементы сильнее подпирают элементы груза, расположенные выше на рабочей поверхности скребка. При достаточном значении переносной силы инерции груза $F_e^и$ груз не будет опрокинут скребком,

а переместится по его поверхности за скребок и останется в кузове. Очевидно, что возможность данного явления обусловлена кинематическим режимом работы активизатора разгрузки.

С целью теоретического исследования возможности перемещения груза за скребок при работе механизма активизатора разгрузки рассмотрим систему сил, действующих на элемент груза, находящийся на поверхности скребка (рисунок 2.11). Все указанные на рисунке 2.11 силы описаны нами ранее в п. 2.4.2.

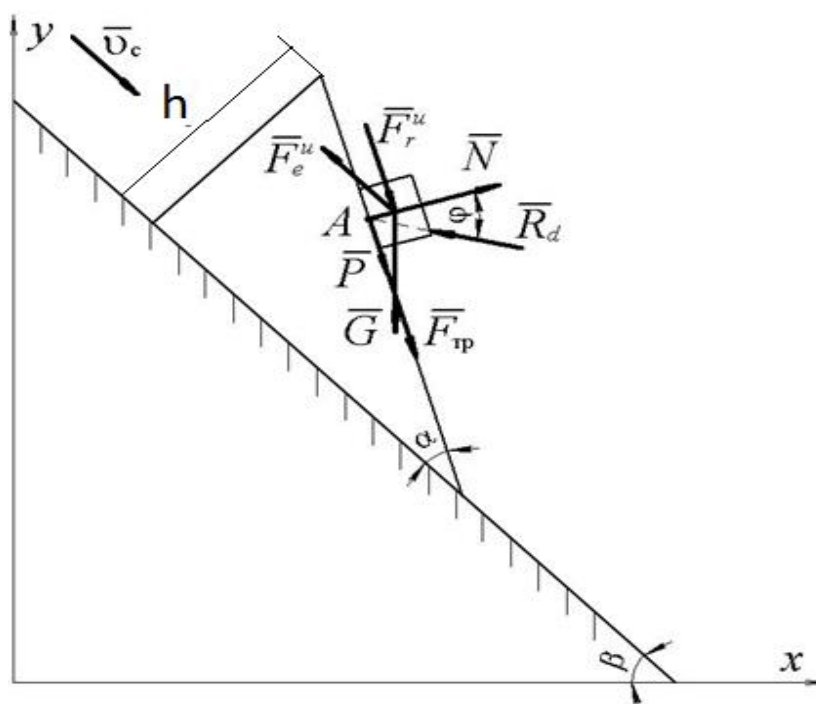


Рисунок 2.11 – Схема сил, действующих на элемент груза

В соответствии с принципом Даламбера составим уравнение моментов всех сил, действующих на элемент груза, относительно т. А.

$$\sum m_A(\bar{F}_i) = 0;$$

$$F_e^u h \cos \alpha - F_r^u h - G h \sin(\alpha + \beta) = 0,$$

Преобразуем полученное выражение, сократив обе его части на h и перенеся некоторые члены в правую часть:

$$F_e^u \cos \alpha = F_r^u + G \sin(\alpha + \beta). \quad (2.41)$$

Усилия в правой части уравнения (2.41) стремятся опрокинуть груз с поверхности скребка, а переносная сила инерции $F_e^И$ в левой части стремится более плотно прижать груз к поверхности скребка. Поэтому условие, при котором груз будет опрокинут рабочей поверхностью скребка, имеет вид

$$F_e^И \cos \alpha < F_r^И + G \sin(\alpha + \beta). \quad (2.42)$$

Подставим в неравенство (2.42) значения силы тяжести и сил инерции из формул (2.31) и (2.32):

$$\frac{\gamma_r}{g} h b v_c^2 \cos \alpha < \frac{\gamma_r}{g} h b v_c^2 \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)} + h b l \gamma_r \sin(\alpha + \beta).$$

Упростив и преобразовав неравенство, получим:

$$v_c < \sqrt{g l \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)}}}. \quad (2.43)$$

Неравенство (2.43) ограничивает скорость работы активизатора разгрузки, так как при большем значении v_c груз будет перемещаться по поверхности скребка за него, оставаясь в кузове. Анализ неравенства (2.43) показывает, что значение максимально допустимой скорости перемещения скребка увеличивается пропорционально квадратному корню длины его рабочей поверхности, а также зависит от значений углов α , β и ψ .

Критическое значение скорости выдвижения штока гидроцилиндра (критическая скорость скребка):

$$v_{ш}^{кр} = \frac{1}{2} \sqrt{g l \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha - \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha + \psi)}}}. \quad (2.44)$$

Критическая скорость штока, определенная по выражению (2.44), должна учитываться при расчете кинематического режима работы активизатора разгрузки и его производительности.

2.5. Производительность разгрузки

На производительность разгрузки транспортного средства оказывает влияние количество невыгружаемой части материала V_2 (см. рисунок 2.2).

Теоретическая производительность разгрузки кузова транспортного средства определяется выражением

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (2.45)$$

где Q_1 – производительность разгрузки объема материала V_1 , м³, под действием силы тяжести (самосвальная разгрузка), кг/мин; Q_2 – производительность разгрузки материала V_2 , м³, не выгруженного из кузова, кг/мин.

Производительность Q_1 , кг/мин, разгрузки объема материала V_1 , м³, под действием силы тяжести (самосвальная разгрузка) зависит от объема выгруженного материала V_1 , м³, и времени цикла $t_{ц1}$, с, на операцию:

$$Q_1 = \frac{3,6\rho V_1}{t_{ц1}}. \quad (2.46)$$

Время цикла разгрузки $t_{ц1}$, с, определяется как время, затрачиваемое на отдельные операции:

$$t_{ц1} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.47)$$

где t_1 – время подъема кузова транспортного средства, с; t_2 – время разгрузки объема материала V_1 , (м), под действием силы тяжести (самосвальная разгрузка), с; t_3 – время опускания кузова транспортного средства, с.

Производительность Q_2 , кг/мин, разгрузки объема, не выгруженного из кузова материала V_2 , м³:

$$Q_2 = \frac{3,6\rho V_2}{t_{ц4}}, \quad (2.48)$$

где t_4 – время разгрузки объема материала V_2 , м³, с применением дополнительных операций, с.

Время разгрузки с применением дополнительных операций t_4 , с, зависит от технологического процесса. При освобождении кузова от объема материала V_2 , м³, вручную время, затрачиваемое на выгрузку, нормируется и составляет 0,028 чел./с на 1 т перевозимого груза.

Производительность Q_1 , кг/мин, зависит от физико-механических свойств груза, материала и состояния поверхности кузова, а также от угла наклона кузова транспортного средства. При неизменных параметрах физико-механических свойств груза, материала и состояния поверхности кузова и угла наклона кузова транспортного средства производительность Q_1 , кг/мин, не оказывает влияния на снижение общей производительности разгрузки.

Таким образом, снижение производительности разгрузки транспортного средства при перевозке грузов, склонных к прилипанию, может быть достигнуто за счет снижения времени t_4 .

При использовании устройства активизации разгрузки сталкивающего типа время разгрузки с применением дополнительных операций t_4 , с, затрачиваемых на очистку кузова от налипающего материала, можно принять

$$t_4 = \frac{L}{k_v v_c} + t_{и}, \quad (2.49)$$

где L – длина кузова, м; k_v – коэффициент, учитывающий скорость движения скребка; v_c – скорость перемещения скребка, м/с; $t_{и}$ – время инерции при пуске, с.

Скорость перемещения скребка v_c находится в прямой зависимости от критической скорости $v_{кр}$

$$v_c = v_{кр} \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \psi)}, \quad (2.50)$$

где α – угол резания, град.; ψ – угол, образованный плоскостью сдвига с горизонталью, рад, приведен в главе 1, формула (1.12).

Производительность Q_2 , кг/мин, разгрузки объема невыгруженного материала V_2 , м³ (рисунок 2.12) также может быть определена следующим образом:

$$Q_2 = k_v v_c HB, \quad (2.51)$$

где HB – площадь сечения поверхности перемещаемого груза, m^2 .

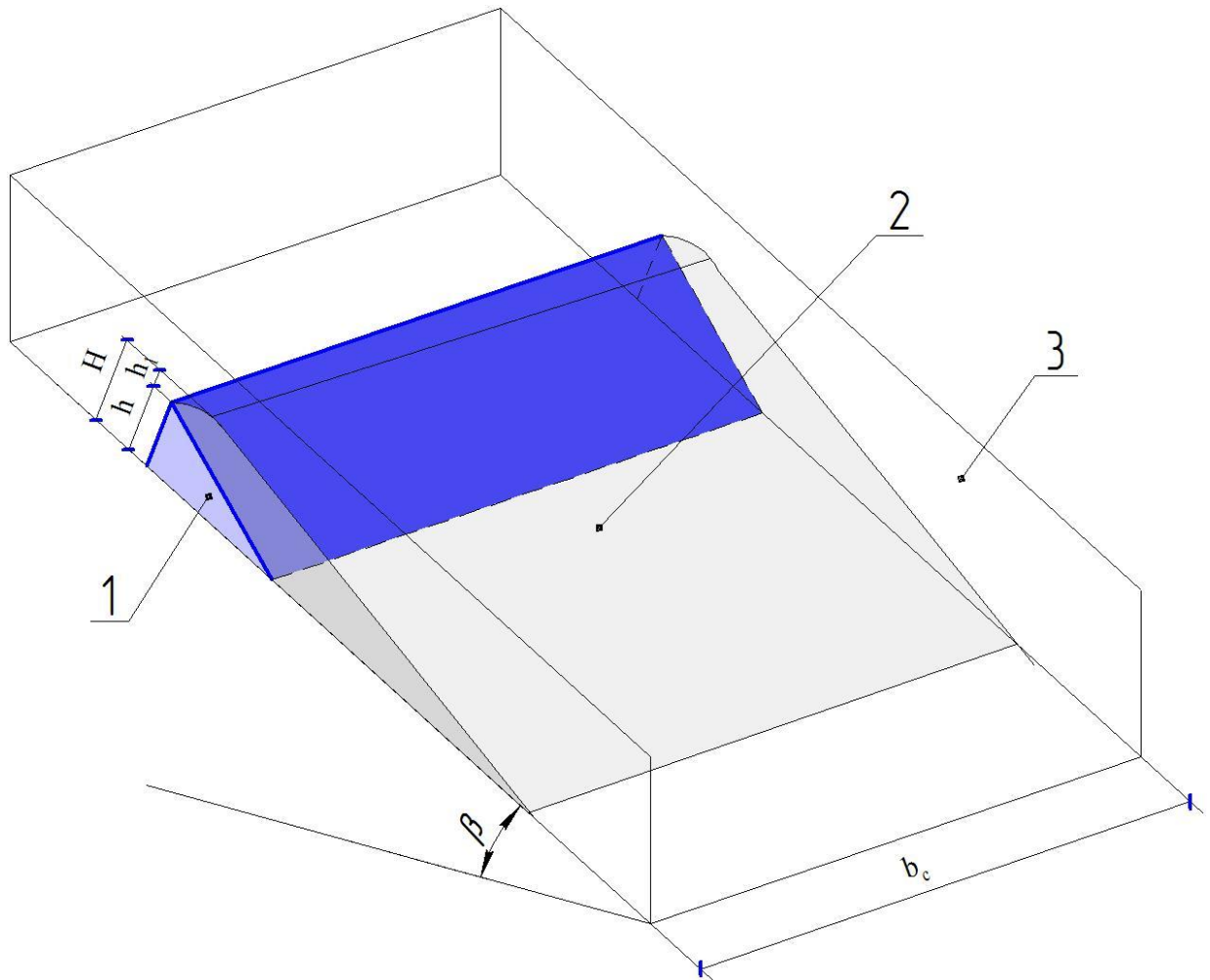


Рисунок 2.12 – Объем невыгруженного материала: 1 – скребок; 2 – невыгруженный материал; 3 – кузов

Высота скребка h , м, находится в зависимости от силы натяжения канатов, перемещающих скребок, R_1 , Н, и длины скребка l , м.

$$h = \frac{R_1}{[\sigma_p]l}, \quad (2.52)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на площадке среза, Па.

Условие равновесия для невыгруженной части материала имеет следующий вид:

$$q_6 H + b_c q_B \geq b_c (\tau_0 + g H \operatorname{tg} \varphi_0) \quad (2.53)$$

где q_6 – боковое давление груза на стенки кузова, Па; H – высота слоя невыгруженного материала, м; q_B – нормальное давление груза на поверхность кузова, Па.

Решая совместно уравнения равновесия (2.8) и (2.53), определим высоту слоя невыгруженного материала.

$$\frac{B_c (\tau_0 + g H \operatorname{tg} \varphi_0)}{q_6 H + B_c q_B} = \frac{2F_d f_{c.гр1} - F'_{деф} - F''_{деф} f_{c.гр}}{M_{Гг} (\sin \beta - \cos \beta f_{c.гр})}. \quad (2.54)$$

В выражении (2.54) комплексную составляющую сил сопротивления $2F_d f_{c.гр1} - F'_{деф} - F''_{деф} f_{c.гр}$ обозначим через F_1 , а комплексную составляющую силы тяжести $M_{Гг} (\sin \beta - \cos \beta f_{c.гр})$ через G_1 , тогда выражение (2.54) примет следующий вид:

$$\frac{B_c (\tau_0 + g H \operatorname{tg} \varphi_0)}{q_6 H + B_c q_B} = \frac{F_1}{G_1}. \quad (2.55)$$

Боковое давление на стенки кузова:

$$q_6 = \gamma H k. \quad (2.56)$$

Нормальное давление груза на поверхность кузова:

$$q_6 = \gamma H m_0, \quad (2.57)$$

где γ – объемная масса материала, кг/м³; m_0 – коэффициент влияния угла наклона кузова, $m_0 = \cos^2 \beta + k \sin^2 \beta$; k – коэффициент бокового давления.

После преобразований выражение (2.57) примет следующий вид:

$$H = \frac{F_1 B_c q_B - G_1 B_c \tau_0}{g \operatorname{tg} \varphi_0 - G_1 q_6}. \quad (2.58)$$

Решая совместно выражения (2.56–2.58), определим высоту слоя невыгруженного материала H , м:

$$H = \frac{(gtg\varphi_0 - B_{cy}m_0) + \sqrt{(gtg\varphi_0 - B_{cy}m_0)^2 + 4G_1^2\gamma B_c\tau_c}}{2G_1\gamma}. \quad (2.59)$$

С учетом выражения (2.51) производительность Q_2 , кг/мин, разгрузки части материала, оставшегося в кузове, может быть определена по выражению

$$Q_2 = k_v v_c B_c \frac{(gtg\varphi_0 - B_{cy}m_0) + \sqrt{(gtg\varphi_0 - B_{cy}m_0)^2 + 4G_1^2\gamma B_c\tau_c}}{2G_1\gamma}. \quad (2.60)$$

На рисунке 2.13 построен график, характеризующий теоретическую зависимость (2.60) для скребка высотой $h = 0,1$ м с учетом скоростей движения скребка. На графике теоретическая кривая – кривая, построенная по точкам, полиномиальная – кривая, характеризующая линию тренда.

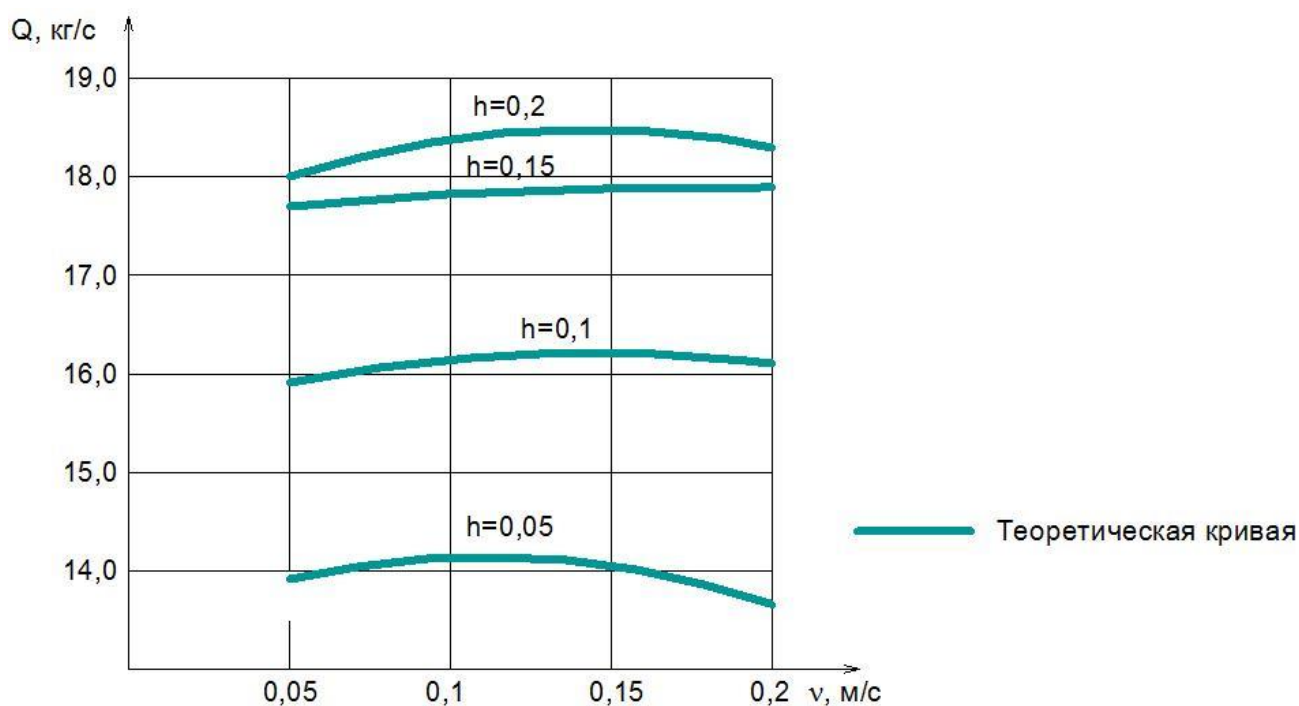


Рисунок 2.13 – Зависимость производительности разгрузки с применением активизатора при высоте скребка $h = 0,1$ м от скорости подачи v , м/с

2.6. Энергоемкость разгрузки транспортного средства с активизирующим устройством

Энергоемкость транспортного средства E , Дж/кг, есть отношение мощности, необходимой для привода $N_{п}$, Вт, к производительности Q , кг/с.

$$E = \frac{P_{п}}{Q}, \quad (2.61)$$

2.7. Выводы по главе

На основании теоретических исследований активизатора разгрузки кузова транспортного средства можно сделать следующие выводы.

1. Предложена новая конструктивно-технологическая схема активизатора разгрузки кузова транспортного средства (патент на полезную модель РФ № 147174), которая повысит производительность разгрузки кузова при перевозке грузов, способных к налипанию к поверхности кузова.

2. Математически описаны процесс перемещения скребка по днищу кузова как движущаяся механическая система и процесс его взаимодействия с частицами груза, оставшегося в кузове.

3. Получены аналитические выражения для определения производительности разгрузки с учетом применения активизатора разгрузки, скорости перемещения скребка, усилий взаимодействия с грузом и поверхностью днища, мощности, необходимой для привода, и энергоемкости рабочего процесса.

4. Установлено, что наибольшее влияние на показатели работы активизатора разгрузки оказывают режимные параметры: поступательная скорость скребка, усилие на штоке гидроцилиндра; конструктивные параметры: площадь рабочей поверхности скребка, угол заострения скребка, высота скребка.

5. Для обеспечения высокой эффективности разгрузки прицеп транспортного средства должен быть оснащен активизатором разгрузки со скребком: высота задней стенки скребка 0,17 м, угол заострения $\alpha = 30^\circ$.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа и методика экспериментальных исследований активизатора разгрузки прицепа разработана на основе теоретических положений, приведенных ранее.

Цель экспериментальных исследований:

- подтверждение полученных теоретических положений и аналитических выражений;
- проверка достоверности аналитических выражений и формул;
- определение основных физико-механических свойств исследуемых грузов;
- получение экспериментальных зависимостей и оптимальных значений параметров активизатора разгрузки прицепа;
- проверка работоспособности активизатора разгрузки прицепа в условиях сельскохозяйственного производства.

Согласно методике исследований предполагается провести экспериментальные исследования: физико-механических свойств грузов (грунта, навоза); режимных параметров (поступательной скорости скребка, усилия на штоке гидроцилиндра); оптимальных конструктивных параметров скребка активизатора разгрузки прицепа, а также сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими положениями.

3.1. Программа и методика исследований физико-механических свойств (липкости) органических удобрений (навоза), грунта

На эффективность работы устройства для активизации разгрузки транспортного средства, производительность и энергоемкость процесса разгрузки в целом большое влияние оказывают физико-механические свойства грузов. Основными физико-механическими свойствами, влияющими на работу устройства для активизации разгрузки транспортного средства, являются

плотность, коэффициенты трения (внешнего, внутреннего), сопротивление деформациям (сжатию и сдвигу) и липкость (адгезия).

При проведении экспериментальных исследований изучали физико-механические свойства органических удобрений (навоза), грунта, указанных в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Плотность грунта, навоза [по данным 34–46 и др.]

Наименование материала	Плотность, кг/м ³
Грунт	
рыхлый влажный	1100
сухой	1200
смерзшийся	1250
уплотненный	1300
Навоз КРС	
торфо-соломистый	-
соломистый	740
свежий	1010
полуперепревший	750
перепревший	600
Навоз свиной	
свежий	1050
подстилочный	650

Таблица 3.2 – Удельное сопротивление резанию, сдвигу, коэффициенты трения грунта, навоза [по данным 34–46 и др.]

Наименование материала	Удельное сопротивление резанию, Па	Удельное сопротивление сдвигу, Па	Коэффициент трения покоя	Коэффициент трения движения о сталь
Грунт	80		0,8	0,6
Навоз		1100	0,8	1,2

Плотность определяли путем взвешивания определенного объема груза, взятого непосредственно с бурта. После определения объема и массы производили расчет по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где ρ – плотность, кг/м³; m – масса груза, кг; V – объем порции груза, м³;

Для определения липкости на основании работы [45] была изготовлена лабораторная установка (рисунок 3.1), которая состоит из чаши 6, емкости с водой 7, пробирки с краном 8, диска 1 с тензометрической балкой 2, подвешенного через блоки 3 тросом 4, при этом противоположный конец троса соединен с противовесом и мерным цилиндром 5.

Чаша заполняется исследуемым материалом, далее диск обезжиривается, опускается и прижимается к поверхности исследуемого материала. После открывается кран 8 и вода, через пробирку с постоянной скоростью истечения, заполняет мерный цилиндр, что обеспечивает равномерное увеличение усилия отрыва.

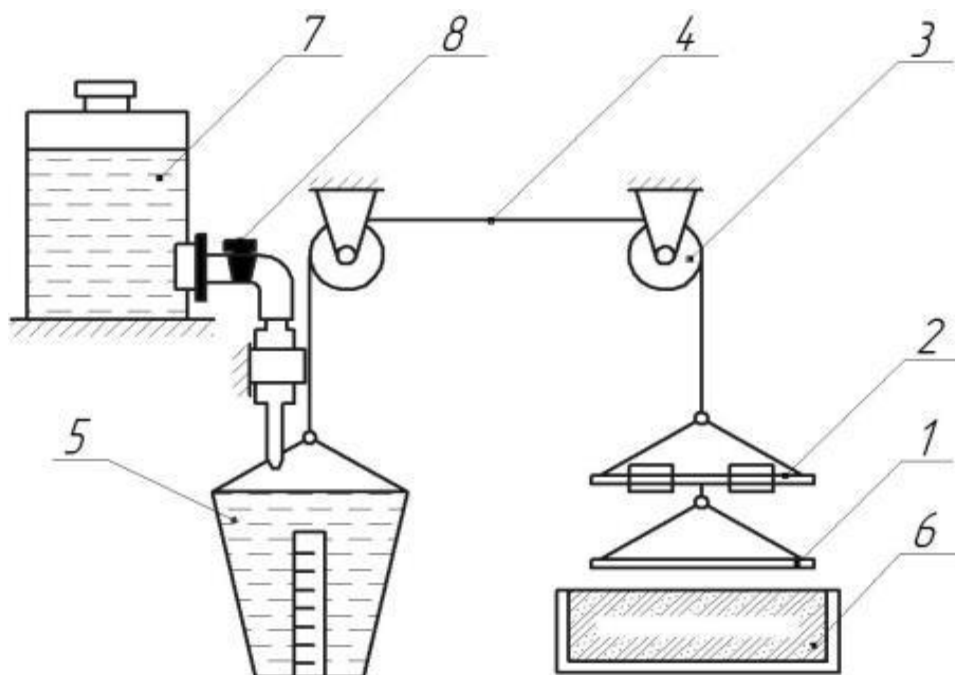


Рисунок 3.1 – Схема лабораторной установки для определения липкости: 1 – диск; 2 – тензометрическая балка; 3 – блоки; 4 – трос; 5 – мерный цилиндр, 6 – чаша; 7 – емкость с водой; 8 – пробирка с краном

Липкость материала λ , Па, будет определяться по выражению

$$\lambda = \frac{F}{A}, \quad (3.2)$$

где F – усилие отрыва, Н; A – площадь пятна контакта материала и поверхности диска, мм².

На липкость перевозимых грузов (навоза, грунта) помимо влажности большое влияние оказывает время выдержки – нахождения в кузове транспортного средства. Время выдержки зависит от длительности перевозки и организации производственного процесса.

Для определения влияния времени выдержки в кузове транспортного средства на липкость груза была разработана лабораторная установка (рисунок 3.2), которая состоит из короба (настила) 1, плиты 2, подвешенной через блоки 3 тросом 4, при этом противоположный конец троса соединен с червячной лебедкой 5. Для определения усилия отрыва F , кгс, на грузовой ветви троса устанавливается динамометр 6. Для увеличения давления на груз от плиты 2 применяется утяжелитель 7.

В короб 1 засыпается исследуемый материал (навоз или грунт). Далее плита 2, которая нагружена постоянной вертикальной нагрузкой, опускается, спрессовывая материал. Исследуемый материал под прессом выдерживается в течение определенного времени, после чего снимают вертикальную нагрузку, удаляя утяжелитель 7. Далее, вращая рукоятку червячной лебедки, отрывают плиту 2, подвешенную на тросе 4, от поверхности материала. Усилие отрыва фиксируется динамометром 6. По усилию отрыва и площади плиты определяется липкость. Эксперимент проводится для разных интервалов времени. Интервал варьирования определен в главе 4, для обеспечения достоверности результатов исследований число повторов для каждого измерения равно 5.

С целью моделирования процесса разгрузки исследуемого материала (навоза и грунта) из кузова транспортного средства и определения зависимости усилия, затрачиваемого на перемещение скребка вдоль настила 1, лабораторную установку (рисунок 3.3) оборудовали скребком 2, к которому через траверсу 3

тросами 4 присоединяли червячную лебедку 5, на канате устанавливали динамометр 6. Скребок 2 от усилия, создаваемого на рукоятке червячной лебедки 5, через трос 4 перемещается по настилу 1.

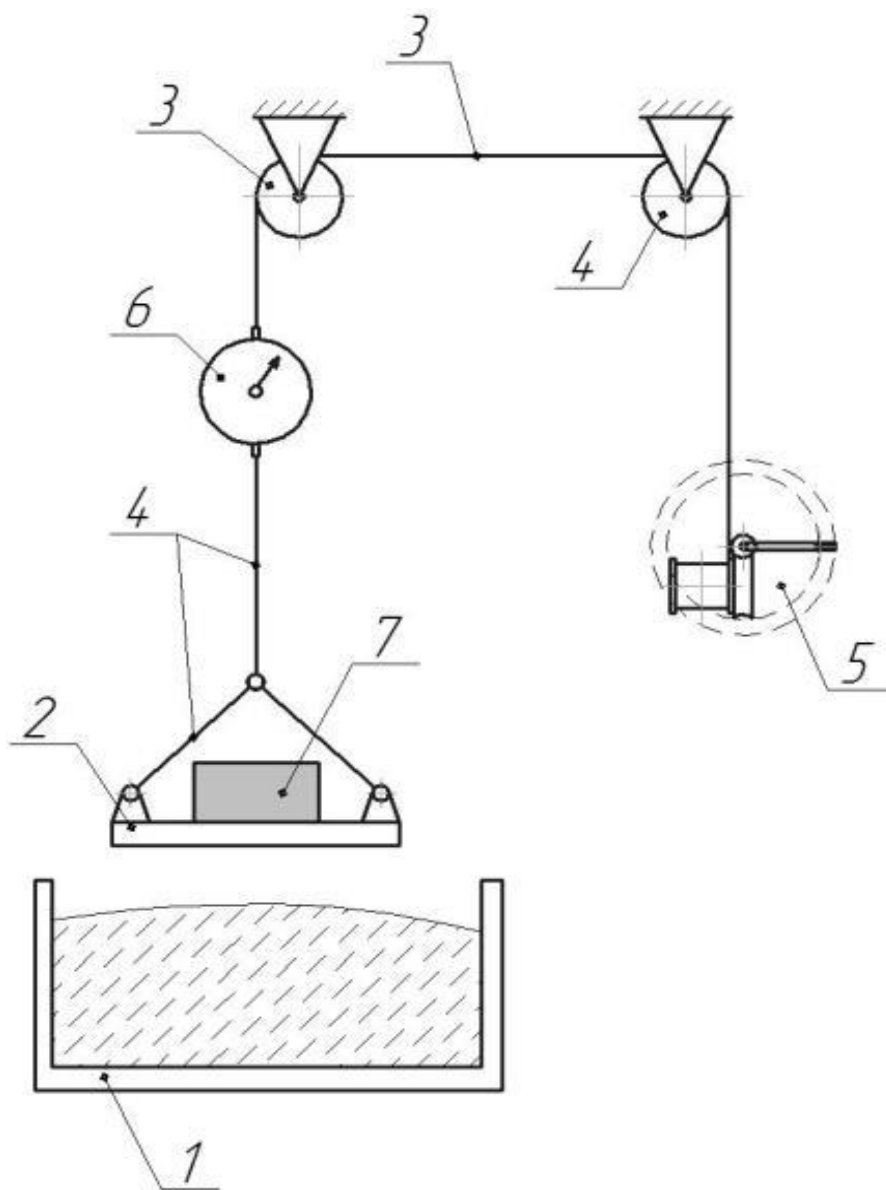


Рисунок 3.2 – Схема лабораторной установки для определения влияния времени выдержки на липкость навоза и грунта при контакте с металлической поверхностью:

1 – короб (настил); 2 – плита; 3 – трос; 4 – блоки; 5 – динамометр;
6 – ручная лебедка; 7 – утяжелитель

Лабораторные исследования по определению зависимости усилия, затрачиваемого на перемещение скребка вдоль днища, проводили в следующей последовательности:

- исследуемый материал (навоз, грунт) взвешивали и насыпали равномерным слоем на поверхность настила;
- на поверхность исследуемого материала помещали плиту 2 с утяжелителем 7;
- исследуемый материал под прессом выдерживали в течение определенного времени, после чего убирали плиту 2 с утяжелителем 7;
- равномерно вращая рукоятку червячной лебедки, перемещали скребок вдоль настила;
- по показаниям динамометра фиксировали значение усилия, затрачиваемого на перемещение скребка.

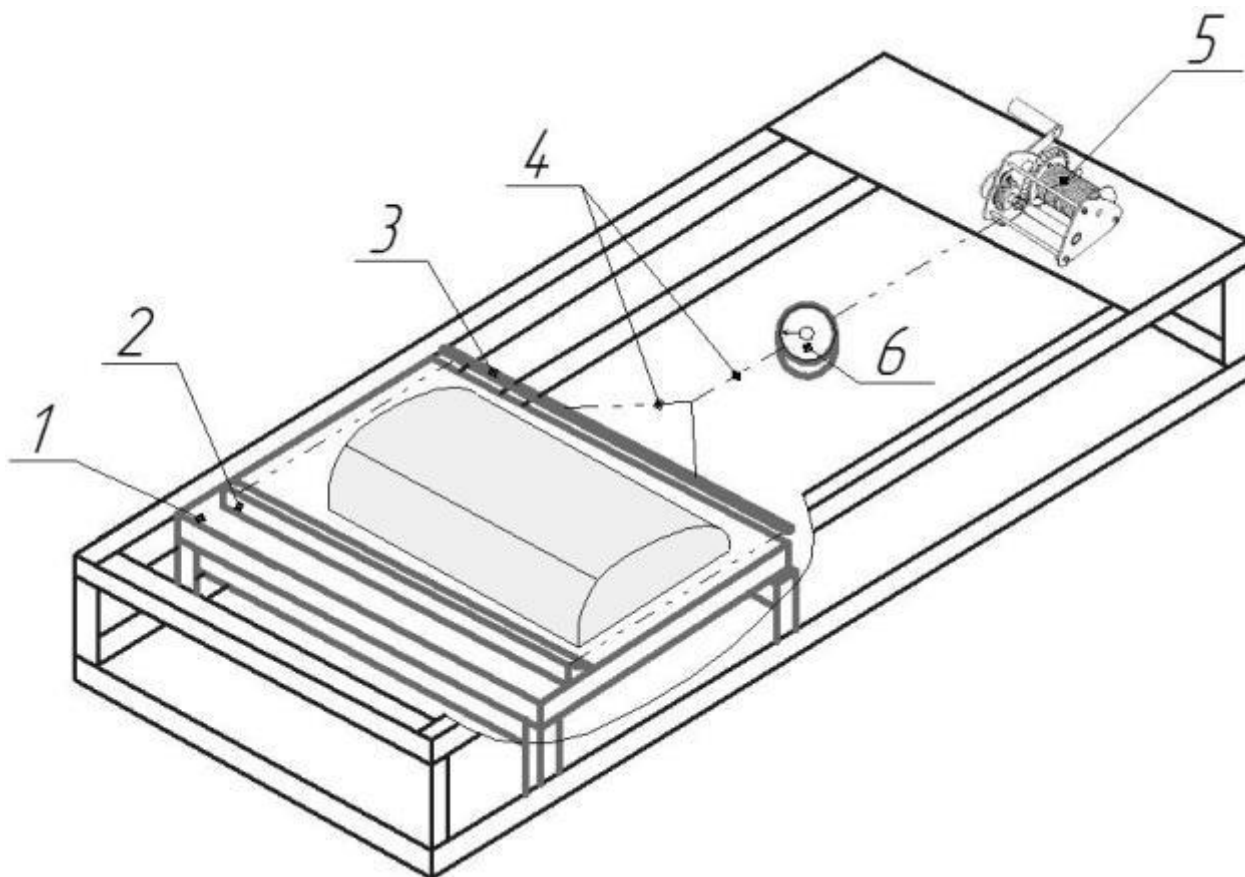


Рисунок 3.3 – Схема лабораторной установки для определения влияния времени выдержки на липкость навоза и грунта при контакте с металлической поверхностью:

1 – настил; 2 – скребок; 3 – траверса; 4 – трос; 5 – ручная червячная лебедка;
6 – динамометр

Данные лабораторные испытания позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры и режимы проведения экспериментальных исследований – определить влажность груза и время его выдержки в кузове транспортного средства, при которых будут наблюдаться наиболее тяжёлые условия работы активизатора разгрузки.

3.2. Описание экспериментальной установки

Для подтверждения работоспособности и определения оптимальных режимных и конструктивных параметров устройства в ООО «Фрегат-2001» Красноармейского района Саратовской области изготовлена экспериментальная установка (рисунок 3.4).

Предлагаемый активизатор разгрузки (рисунок 3.5) представляет собой подвижно установленный над днищем кузова 1 скребок 2, который перемещается вдоль днища кузова посредством канатов 3, пропущенных через блоки 4, установленные на подвижных балках. Первая подвижная балка установлена на штоках приводных гидроцилиндров 5. Выдвижение штоков гидроцилиндров 5 при рабочем ходе приводит к перемещению рабочих ветвей канатов 3 и связанного с ними скребка 2. В обратное положение скребок возвращается под действием пружин 6, прикрепленных с одной стороны ко второй подвижной балке, а с другой – к кузову транспортного средства.

Активизатор разгрузки работает следующим образом. При разгрузке кузов транспортного средства переводится в наклонное положение. Первоначально материал разгружается под действием силы тяжести, далее посредством активизатора выгружается налипший материал. Для этого создается давление в приводных гидроцилиндрах, и их штоки начинают выдвигаться. При движении скребок давит на груз, обеспечивая полную разгрузку кузова. Одновременно скребок счищает налипший груз, осуществляя окончательную разгрузку кузова. По завершении разгрузки вся система возвратными пружинами возвращается в исходное состояние.

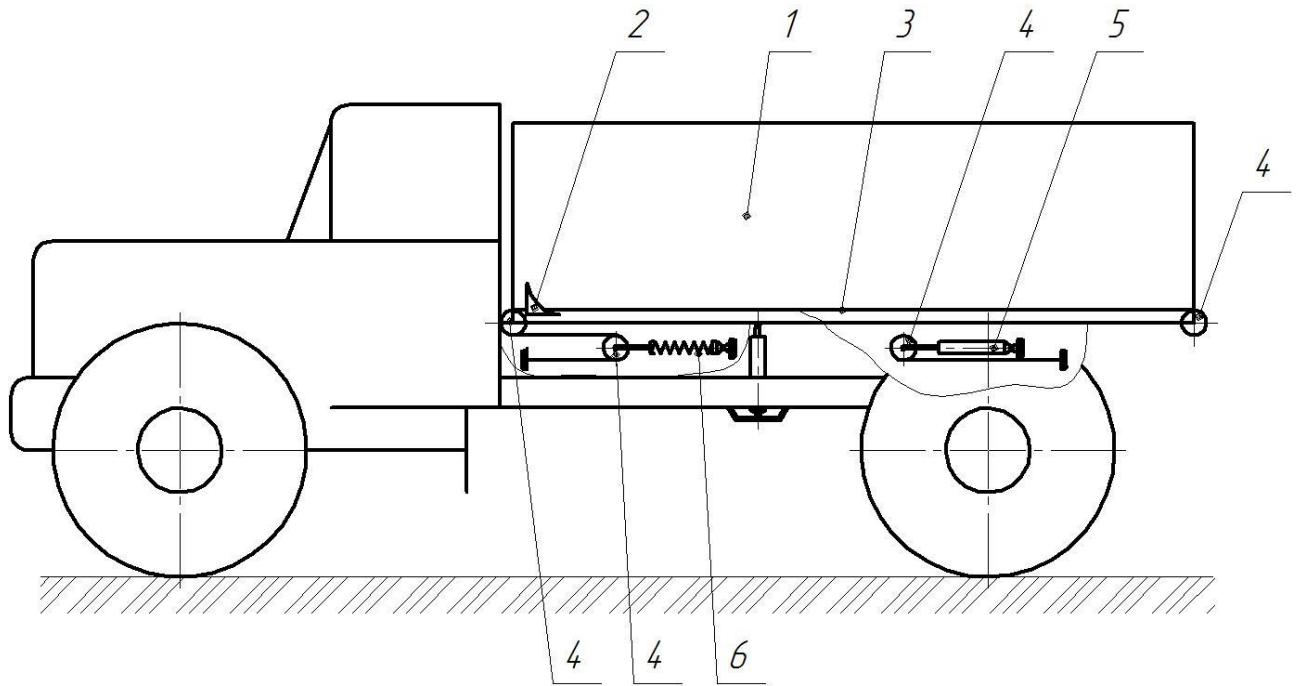


а

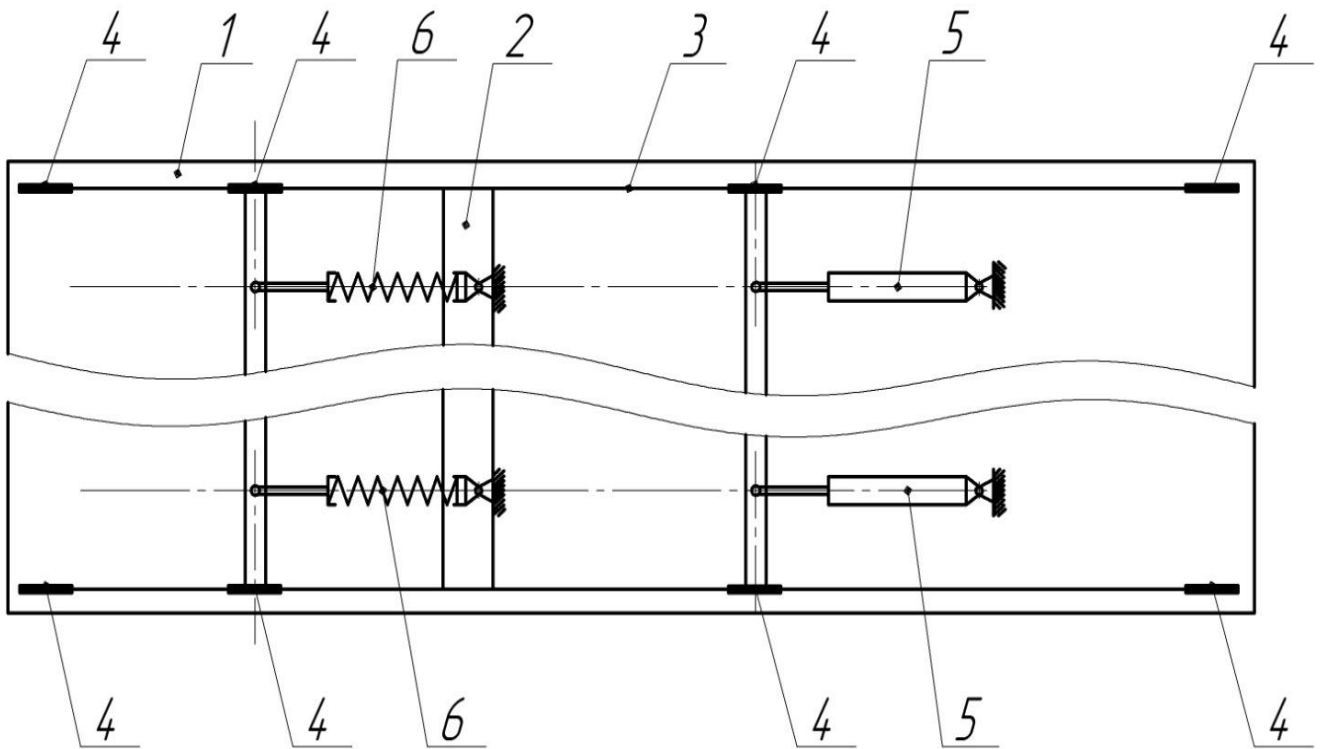


б

Рисунок 3.4 – Лабораторная установка – кузов с активизатором разгрузки:
а – общий вид; б – вид сбоку



а



б

Рисунок 3.5 – Схема активизатора разгрузки прицепа: а – вид сбоку, б – вид сверху; 1 – кузов; 2 – скребок; 3 – канаты; 4 – блоки; 5 – гидроцилиндр механизма передвижения скребка; 6 – пружины возвратные

3.3. Программа и методика экспериментальных исследований

В соответствии с задачами, поставленными в работе и теоретическими разработками, программа исследований включала в себя серию одно- и двухфакторных экспериментов.

В ходе однофакторных экспериментов определяли влияние времени выдержки груза в кузове транспортного средства.

В ходе двухфакторного эксперимента изучали влияние скорости подачи скребка активизатора разгрузки и высоты скребка активизатора разгрузки на производительность разгрузки, усилие на штоке гидроцилиндра, затрачиваемую мощность и энергоемкость процесса разгрузки. Уровни факторов, интервалы варьирования и критерии оптимизации представлены в таблице 3.3.

Давление в гидросистеме определяли с помощью манометров МП-4У (рисунок 3.6, приложение 3), установленных на трубопроводе гидросистемы. Измерения фиксировали визуально и при помощи фото- и видеофиксации. Поступательную скорость скребка определяли через время и длину пути перемещения скребка при проведении опыта. Производительность определяли взвешиванием массы груза. Взвешивание разгружаемого материала производили на автомобильных весах по методике, принятой в элеваторной отрасли, и на месте разгрузки на весах РП-500Ш13М.

Скорость подачи скребка изменялась за счет режимов работы насоса гидросистемы и за счет установки на нагнетательной магистрали трубопровода дросселирующего устройства, позволяющего изменять сечение трубопровода.

Результаты реализации эксперимента обрабатывали при помощи программных продуктов «Maple», предназначенных для обработки статистических данных.

Таблица 3.3 – Двухфакторный план эксперимента

№ п/п	Уровень факторов				Критерии оптимизации			
	x_1 высота задней стенки скребка		x_2 скорость подачи скребка		производи- тельность Q , кг/с	усилие на штоке гидроци- линдра $F_{шт}$, Н	мощ- ность P , Вт	энергоем- кость E , Дж/кг
	№	м	№	м/с				
1	1	0,05	1	0,05	Q_1	$F_{шт1}$	P_1	E_1
2	1	0,10	2	0,05	Q_2	$F_{шт2}$	P_2	E_2
3	1	0,15	3	0,05	Q_3	$F_{шт3}$	P_3	E_3
4	1	0,20	4	0,05	Q_4	$F_{шт4}$	P_4	E_4
5	2	0,05	1	0,10	Q_5	$F_{шт5}$	P_5	E_5
6	2	0,10	2	0,10	Q_6	$F_{шт6}$	P_6	E_6
7	2	0,15	3	0,10	Q_7	$F_{шт7}$	P_7	E_7
8	2	0,20	4	0,10	Q_8	$F_{шт8}$	P_8	E_8
9	3	0,05	1	0,15	Q_9	$F_{шт9}$	P_9	E_9
10	3	0,10	2	0,15	Q_{10}	$F_{шт10}$	P_{10}	E_{10}
11	3	0,15	3	0,15	Q_{11}	$F_{шт11}$	P_{11}	E_{11}
12	3	0,20	4	0,15	Q_{12}	$F_{шт12}$	P_{12}	E_{12}
13	4	0,05	1	0,20	Q_{13}	$F_{шт13}$	P_{13}	E_{13}
14	4	0,10	2	0,20	Q_{14}	$F_{шт14}$	P_{14}	E_{14}
15	4	0,15	3	0,20	Q_{15}	$F_{шт15}$	P_{15}	E_{15}
16	4	0,20	4	0,20	Q_{16}	$F_{шт16}$	P_{16}	E_{16}



Рисунок 3.6 – Измерительное оборудование – манометры МП-4У

В результате получили уравнение регрессии вида:

$$Y = A_1x_1^2 + A_2x_1 - A_3x_2^2 + A_4x_2 - A_5, \quad (3.3)$$

где Y – один из критериев оптимизации (Q – производительность, кг/с; $F_{шт}$ – усилие на штоке гидроцилиндра, Н; P – мощность, Вт; E – энергоёмкость, Дж/кг); A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 – коэффициенты регрессии; x_1 – высота задней стенки скребка (фактор), м; x_2 – скорость подачи скребка (фактор), м/с.

Результатом регрессионного анализа является построение уравнения плоскости в $(p + 1)$ -мерном пространстве, при котором отклонения результатов исследования Y_i будут минимальными. В итоге анализа уравнения регрессии вычисляются значения коэффициентов A_i в полиноме (3.3).

Проверка значимости уравнения регрессии производится в несколько этапов [81–86].

Вычисляем остаточную дисперсию на одну степень свободы при числе степеней свободы $n - m - 1$ по формуле

$$\bar{S}_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n - m - 1}. \quad (3.4)$$

Затем сопоставляем факторную \bar{S}_y^2 дисперсию с числом степени свободы в числе $\nu_{01} = n - 1$ и остаточную дисперсию с числом степени свободы $\nu_{02} = n - 1$ с помощью F_k -критерия Фишера:

$$\hat{F}_k = \frac{\bar{S}_y^2}{\bar{S}_{\text{ост}}^2} = \frac{\sum (\hat{y}_x - \bar{y})^2}{\sum (y - \hat{y}_x)^2} (n - 2). \quad (3.5)$$

Сравнивая значения F_k -критерия Фишера, делаем вывод о признании или непризнании результатов опытов статистически значимыми при выбранном уровне значимости.

Проверка значимости коэффициентов простой линейной регрессии x_i проводится по t -критерию Стьюдента:

$$\hat{t} = \frac{a_i}{S_{bi}}. \quad (3.6)$$

Сравнивая вычисленное значение t -критерия Стьюдента \hat{t} с табличным t^T , определяем статистику при числе степени свободы $\nu_0 = n - m - 1$.

Погрешность коэффициента регрессии:

$$\bar{S}_{ai} = \sqrt{\bar{S}_{\text{ост}}^2 C_{ii}}. \quad (3.7)$$

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

$$a_i - t^T \bar{S}_{ai} \leq \beta_i \leq a_i + t^T \bar{S}_{ai}, \quad (3.8)$$

где β_i – значение для коэффициента регрессии в генеральной совокупности.

Критериями оптимизации при планировании эксперимента и построении регрессионной модели являлись производительность разгрузки, усилие на штоке гидроцилиндра, затрачиваемая мощность и энергоемкость. Наиболее значимым и, следовательно, основным критерием оптимизации являлась энергоемкость процесса.

Границы оптимального значения интервала (наименьшие значения) оценивали построением графических моделей по соответствующим уравнениям регрессии.

3.4 Последовательность проведения опытов

Экспериментальные исследования проводили с навозом и грунтом при наружной температуре воздуха $-5...5$ °С, с выдержкой в кузове в течение 8 ч.

На первоначальном этапе проверяли физико-механические свойства грузов.

На втором этапе экспериментальных исследований проводили серию опытов в следующей последовательности:

1. Подготавливали установку, приборы и оборудование.
2. Задавали конструктивные параметры сменой скребков.
3. Проводили опыты, соответствующие плану исследований.
4. Обработывали экспериментальные данные и оценивали качество проведения опытов.

Каждый опыт проводили в следующей последовательности:

1. Проверяли гидросистему на отсутствие неплотностей, протечек.
2. Проводили настройку активизатора согласно плану эксперимента – устанавливали соответствующие скребки соответствующей высоты.
3. Загружали прицеп.
4. Проводили запись параметров работы гидросистемы в момент подъема и разгрузки с применением устройства для активизации разгрузки.
5. Установка возвращалась в исходное положение.
6. Определяли степень разгрузки.

7. Далее осуществлялся эксперимент в аналогичной последовательности без применения устройства для активизации разгрузки.

Полученные в результате исследования данные легли в основу проверки экономической эффективности предлагаемого способа разгрузки трудносыпучих грузов и грузов, способных налипать к кузову транспортного средства (глава 5).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводили с целью подтверждения эффективности разгрузки слежавшихся или слипшихся грузов при помощи устройства для активизации разгрузки, определения влияния липкости на процесс разгрузки, получения экспериментальных зависимостей между критериями оптимизации и исследуемыми факторами; определения оптимальных режимных и конструктивных параметров экспериментальным путем.

В качестве основных задач экспериментальных исследований определены:

- исследование физико-механических свойств грунта и перепревшего навоза;
- исследование зависимости липкости от времени выдержки для грунта и навоза;
- исследование критериев оптимизации и получение экспериментальных зависимостей с разными скоростями передвижения скребка устройства для активизации разгрузки и его конструктивных параметров;
- оценка соответствия результатов экспериментов полученным аналитическим выражениям;
- проверка эффективности работы устройства для активизации разгрузки при его агрегатировании с прицепом транспортного средства.

При разгрузке трудносыпучих грузов из транспортного средства часть груза остается внутри кузова, что приводит к увеличению цикла разгрузки и снижению производительности разгрузки. Для решения данной проблемы разработан активизатор разгрузки, устройство которого описано в главе 3.

Для подтверждения работоспособности и определения оптимальных параметров устройства проведены его лабораторно-полевые исследования. В ходе исследований установлено влияние высоты скребка, поступательной скорости скребка на мощность, затрачиваемую на привод скребка, и энергоемкость разгрузки. При исследовании фиксировали давление в гидравлической системе

подъема кузова, поступательную скорость скребка и производительность разгрузки; ширина и форма режущей кромки скребка оставались постоянными.

Общий вид кузова транспортного средства, оснащенного устройством для активизации разгрузки, представлен на рисунке 3.4.

Исследования проводились с двумя видами грузов – навоз 2-месячного хранения и рыхлый, влажный грунт.

4.1. Физико-механические свойства грузов

При проведении исследований определяли и контролировали основные физико-механические свойства грузов (грунт увлажненный и навоз полуперепревший), на которых исследовали активизатор для разгрузки: влажность φ , плотность ρ , коэффициенты внутреннего $f_{вн}$ и внешнего f трения. Для исследуемых грузов дополнительно определяли напряжения резания и сдвига.

Существенное влияние на коэффициент внутреннего $f_{вн}$ трения оказывает влажность исследуемого материала. С увеличением влажности происходит уменьшение коэффициента внешнего $f_{в}$ трения. На коэффициент внешнего $f_{в}$ трения оказывает влияние также высота насыпи. Данный параметр не оказывает влияния на проводимые экспериментальные исследования, т.к. высота насыпи в кузове варьировалась в незначительных пределах.

Влажность также оказывает решающее влияние на значение липкости исследуемых грузов. С увеличением влажности наблюдается увеличение липкости, однако ранее проведенными исследованиями установлено, что имеется критичное значение влажности, при котором происходит резкое снижение липкости. На липкость грунтов также оказывает влияние сила прижатия к поверхности. Ранее проведенными исследованиями установлено, что увеличение липкости происходит уже при небольших параметрах уплотнения [56, 58].

Исследования проводили в условиях, максимально приближенных к производственным, при околонулевых температурах окружающего воздуха. Исследовали перевозимый транспортным средством и разгружаемый навоз

полуперепревший с фермы, продолжительность хранения 1,5 года; грунт, отделяемый при уборке, погрузке корнеклубнеплодов и предназначенный для возврата в поле. Физико-механические свойства данных материалов представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Физико-механические свойства грузов при исследовании активизатора разгрузки

Физико-механические свойства	Обозначение, размерность	Навоз	Грунт
Плотность	ρ , кг/м ³	780	1500
Влажность	φ , %	75	73
Коэффициенты трения внешнего (по стали)	f_B	0,85	1,05
	f_{BH}	0,98	0,86
Соппротивление сдвигу	τ_c , кПа	0,08	0,08
Соппротивление сжатию	σ_c , кПа	0,15	0,05

4.1.1. Влияние времени выдержки груза на липкость

Исследования основных факторов, влияющих на производительность работы активизатора разгрузки, проводили в два этапа (программа исследований приведена в главе 3). На первом этапе проведены однофакторные эксперименты, позволяющие определить наиболее оптимальные параметры времени выдержки груза в кузове транспортного средства. Выводы по первому этапу легли в основу экспериментальных исследований второго этапа по определению режимных и конструктивных параметров работы активизатора разгрузки.

Серией однофакторных экспериментов установлено влияние времени выдержки при максимальных значениях «начальной» липкости материала на «конечную» липкость и усилие, затрачиваемое на перемещение скребка. В ходе исследования был выбран интервал варьирования времени выдержки 2, 5, 8 ч.

Липкость оказывает существенное влияние на работу активизатора разгрузки. Налипание груза к поверхности кузова транспортных средств вызывает снижение производительности их разгрузки. Значение липкости грунта, навоза с течением времени изменяется, что связано с усадкой данных материалов. При

усадке связные грузы переходят в твердое или полутвердое состояние, в результате связи между частицами груза и поверхностью кузова приобретают постоянный характер.

Исследования изменения липкости – усилия отрыва, P_a , металлической пластины от массива груза осуществляли при помощи установки (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 –Установка по исследованию липкости

Результаты исследований изменения липкости (усилия отрыва) с течением времени выдержки представлены на рисунках 4.2, 4.3.

Анализ результатов показал, что величина липкости (сила налипания на металлическую поверхность) как для навоза, так и для грунта с течением времени увеличивается. Данная зависимость изменения липкости объясняется схожестью гранулометрического состава навоза и грунта. На первоначальном этапе увеличение липкости объясняется увеличением площади контактирующих поверхностей при уплотнении груза, дальнейшее увеличение липкости объясняется повышением прочности связей между частицами груза, которое происходит по мере снижения влажности материалов.

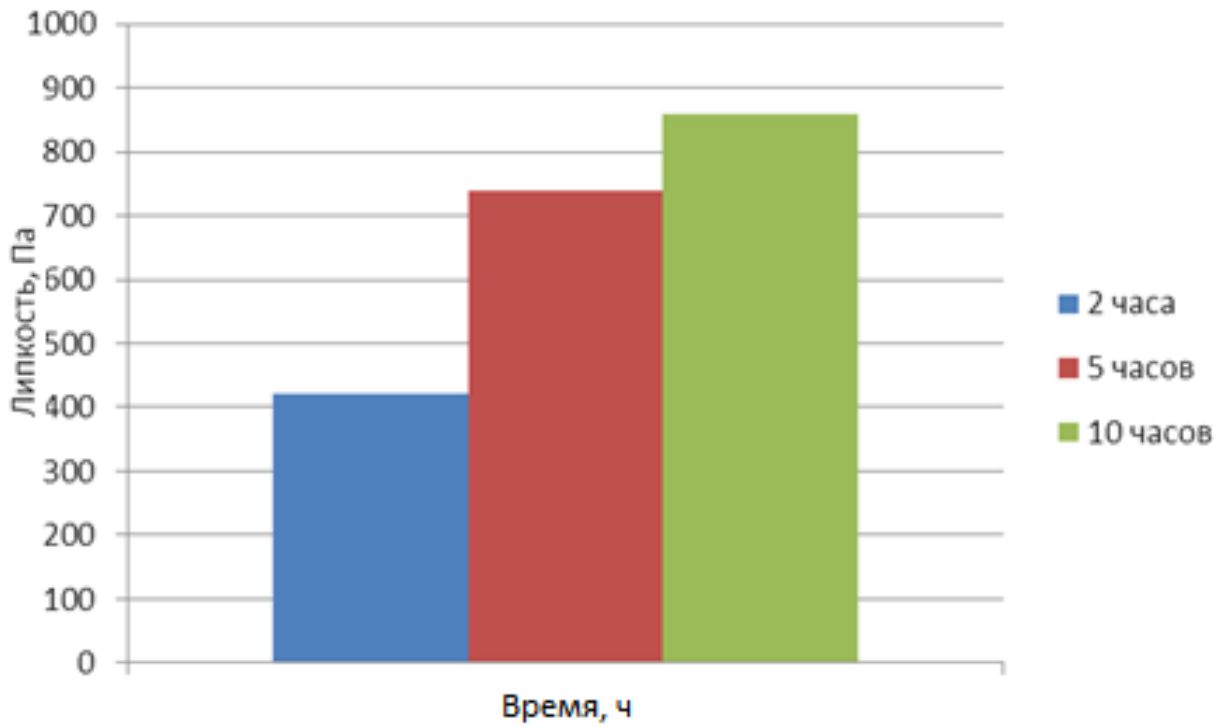


Рисунок 4.2 – Диаграмма изменения липкости, Па, от времени выдержки, ч, для навоза при влажности $\varphi = 75 \%$, плотности $\rho = 780 \text{ кг/м}^3$

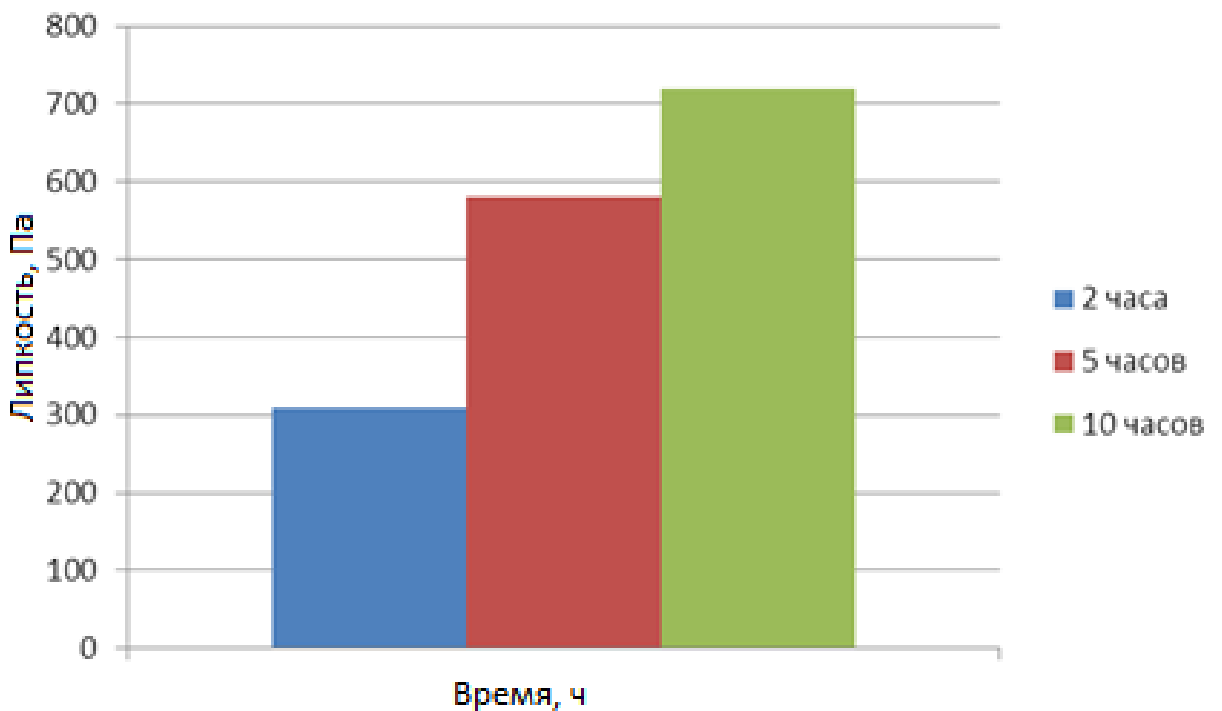


Рисунок 4.3 – Диаграмма изменения липкости, Па, от времени выдержки, ч, для грунта при влажности $\varphi = 73 \%$, плотности $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$

4.1.2. Влияние времени выдержки груза на усилие, затрачиваемое на перемещение скребка

Основной составляющей, определяющей взаимодействие скребка с материалом при разгрузке транспортного средства с использованием активизатора разгрузки, является усилие, затрачиваемое на перемещение скребка. Исследования изменения усилия, затрачиваемого на перемещение скребка осуществляли при помощи установки (рисунок 4.4). Исследования проводили с навозом и грунтом.



Рисунок 4.4 – Установка по определению усилия, затрачиваемого на перемещение скребка

Результаты исследований изменения усилия, затрачиваемого на перемещение скребка, с течением времени выдержки представлены на рисунках 4.5, 4.6.

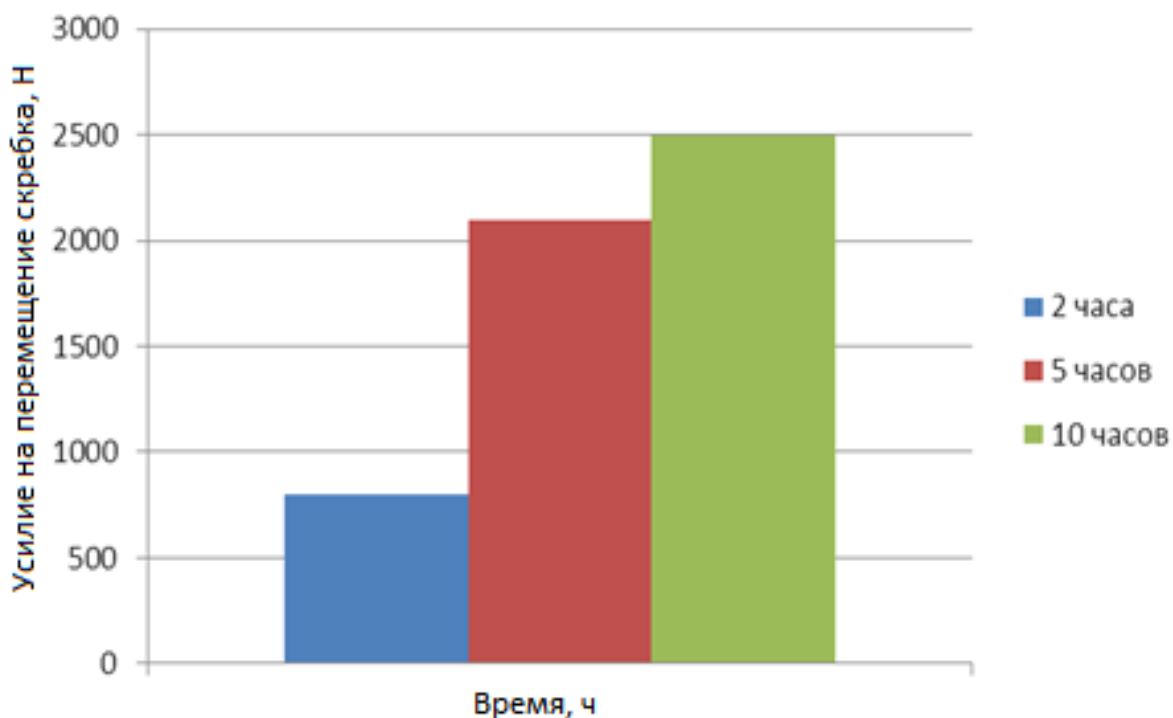


Рисунок 4.5 – Диаграмма изменения усилия, Н, на перемещение скребка при работе с навозом

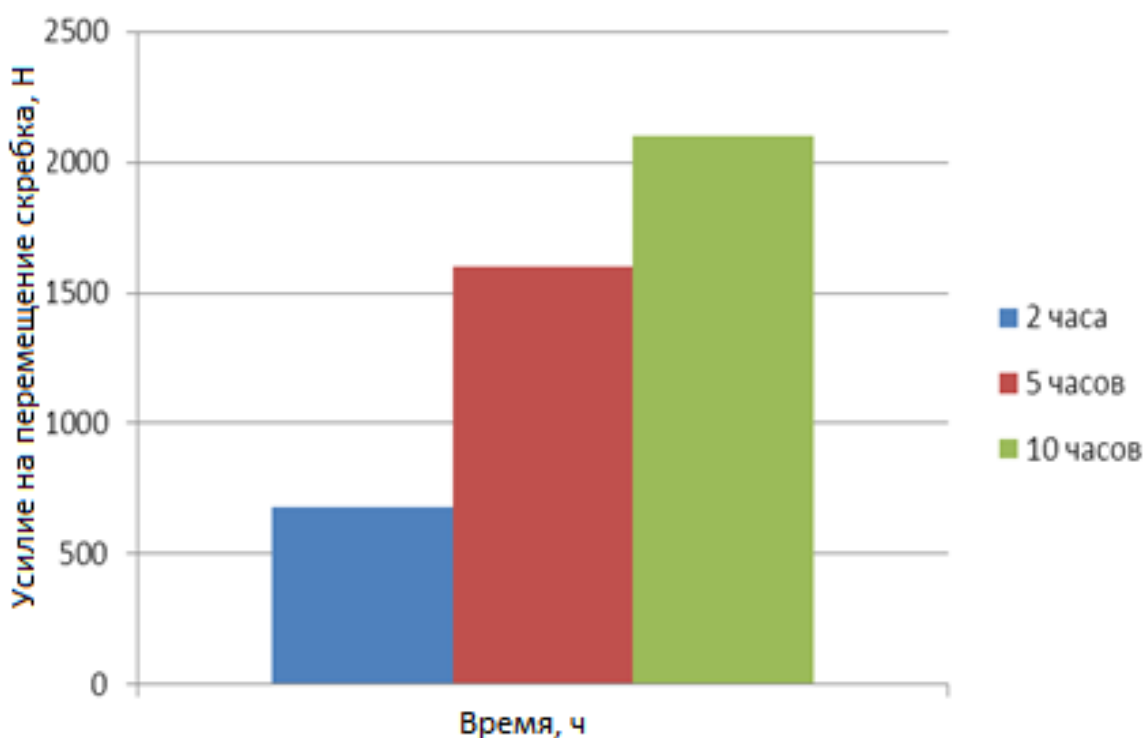


Рисунок 4.6 – Диаграмма изменения усилия, Н, на перемещение скребка при работе с грунтом

Анализ исследования усилия F , Н, затрачиваемого на перемещение скребка, показал, что усилие на перемещение с увеличением времени выдержки

увеличивается как для навоза, так и для скребка. Совместный анализ липкости и усилия, затрачиваемого на перемещение скребка при работе с навозом и грунтом, показал, что усилие на перемещение скребка увеличивается пропорционально увеличению липкости.

Таким образом, в результате исследований установлено, что наибольшие затраты энергии на перемещение скребка наблюдаются по истечении 10 ч хранения груза. Однако увеличение значения усилия, затрачиваемого на перемещение скребка, носит менее выраженный характер, чем по истечении 5 ч.

В связи с данными выводами, с учетом 8-часовой рабочей смены для предприятий АПК и с целью оптимизации экспериментальных исследований дальнейшее изучение влияния режимных и конструктивных параметров на показатели работы активизатора разгрузки производили с грузом, выдержанным в кузове транспортного средства в течение 5 ч.

4.2. Результаты исследований влияния режимных параметров на показатели работы активизатора разгрузки

Исследования активизатора разгрузки проводили со следующими конструктивными и режимными параметрами. Разгрузка осуществлялась для каждого вида грузов при температуре наружного воздуха от -5 до 7 °С с предварительным увлажнением груза до влажности 70—75 %, дальнейшей загрузкой в кузов транспортного средства и выдержкой его в течение 14 ч в вечернее и ночное время суток. На начальном этапе исследований контролировали влажность, температуру и плотность слежавшегося груза. Для определения данных параметров брали пробы груза у основания и в верхней части кузова, из которого производилась разгрузка. Конструктивные параметры скребка активизатора, такие как ширина и форма режущей кромки, также оставались постоянными.

4.2.1. Результаты исследований влияния режимных параметров на показатели работы активизатора разгрузки при работе с грунтом

4.2.1.1. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на усилие на штоке при разгрузке грунта

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора, высота скребка активизатора и усилие на штоке гидроцилиндра активизатора разгрузки. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в таблице 4.2.

В ходе обработки экспериментальных исследований получены уравнения регрессии и соответствующие им графические зависимости, описывающие полученные результаты. На рисунке 4.8 представлена зависимость усилия на штоке гидроцилиндра от указанных факторов h (фактор a) и v (фактор b) в виде трехмерной поверхности.

Таблица 4.2 – Уровни факторов и интервалы их варьирования

№ опыта	a	b	$Y(F_{шт})$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт1} = 6160$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт2} = 6500$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт3} = 6910$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт4} = 7350$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт1} = 6430$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт2} = 6800$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт3} = 7250$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт4} = 7720$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт1} = 6880$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт2} = 7270$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт3} = 7740$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт4} = 8250$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт1} = 7240$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт2} = 7650$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт3} = 8140$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт4} = 8670$

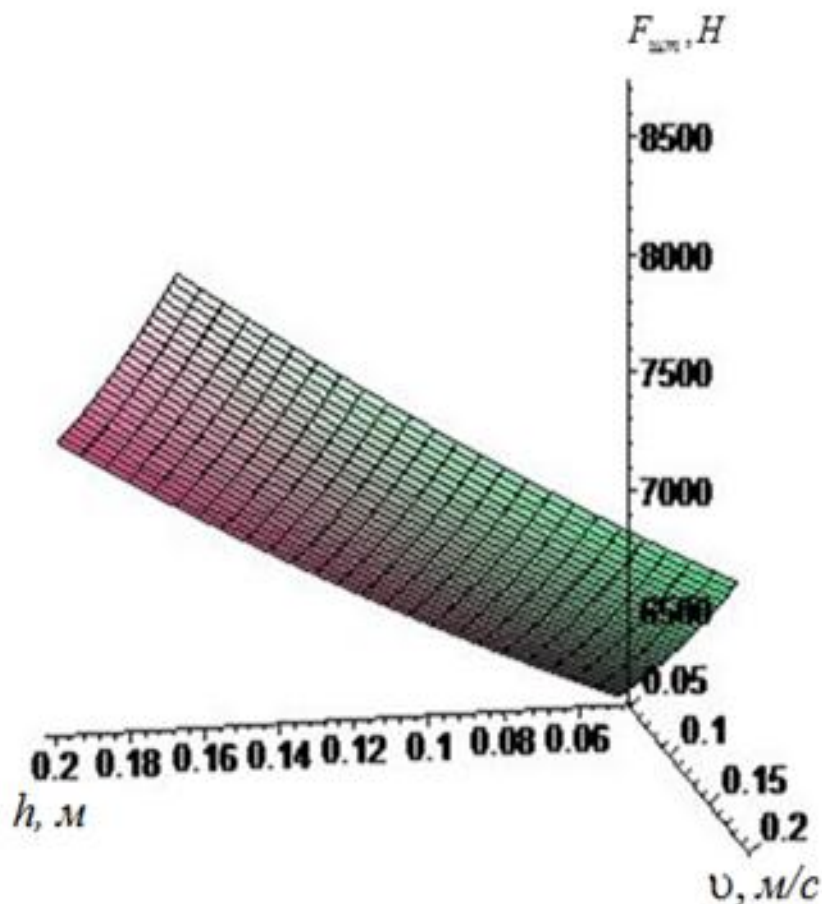


Рисунок 4.7 – Поверхность, характеризующая зависимость усилия на штоке гидроцилиндра активизатора от высоты скребка h (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

Уравнение регрессии, описывающее данную зависимость, имеет следующий вид:

$$F_{шт} = 5580 + 4750a + 5060b + 11000a^2 + 7000b^2 + 10640ab. \quad (4.1)$$

Данный характер объясняется ростом инерционных процессов, происходящих при увеличении обоих факторов. На инертность груза (грунта) влияют возрастающие силы сопротивления подрезанию груза и деформации груза, рост которых носит квадратичный характер.

Увеличение усилия на штоке гидроцилиндра также связано с ростом призмы волочения при перемещении скребка вдоль днища кузова, которая с увеличением высоты скребка также увеличивается. Кроме того, увеличение

значения $F_{шт}$, Н, связано с ростом сил внутреннего сцепления частиц груза, который наблюдается при увеличении высоты скребка.

Увеличение усилия на штоке гидроцилиндра приводит к росту материалоемкости системы, связанной с необходимостью сохранения надежности работы, поэтому увеличение обоих факторов приведет к росту стоимости конструкции, увеличению ее массы, а следовательно, повлечет рост эксплуатационных расходов.

Проведена оценка сходимости теоретических и полученных экспериментальных зависимостей (рисунок 4.8), при высоте задней стенки скребка $h = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ м. Расхождения не превышают 5%.

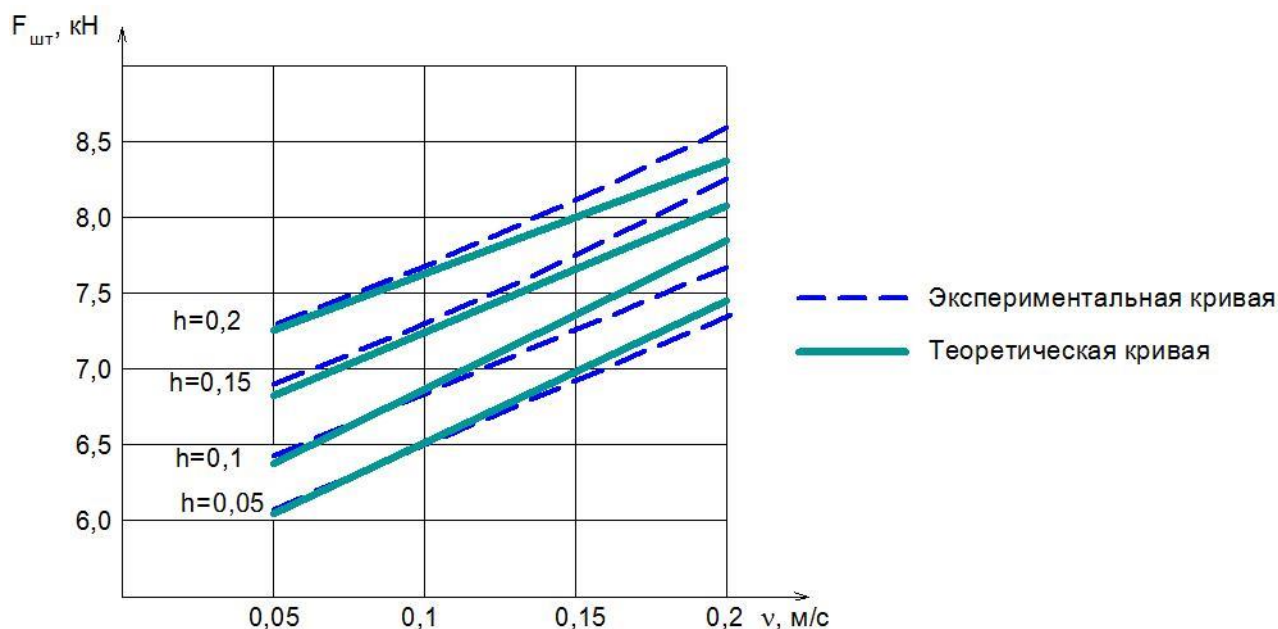


Рисунок 4.8 – Зависимость усилия на штоке гидроцилиндра активизатора при высоте скребка $h = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ м от скорости подачи v , м/с

4.2.1.2. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на производительность при разгрузке грунта

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора (интервал варьирования 0,05–0,20 м/с, шаг изменения 0,05 м/с), высота скребка активизатора (интервал варьирования 0,05–0,20 м, шаг изменения 0,05 м) и производительность разгрузки (определяли в ходе

экспериментальных исследований). Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

При обработке результатов экспериментальных исследований получено уравнение регрессии следующего вида:

$$Q = 10,9 + 1,9a + 58,0b - 12,5a^2 - 182,5b^2 + 66,0ab. \quad (4.2)$$

Графическая зависимость, описывающая полученные результаты, представлена на рисунке 4.9.

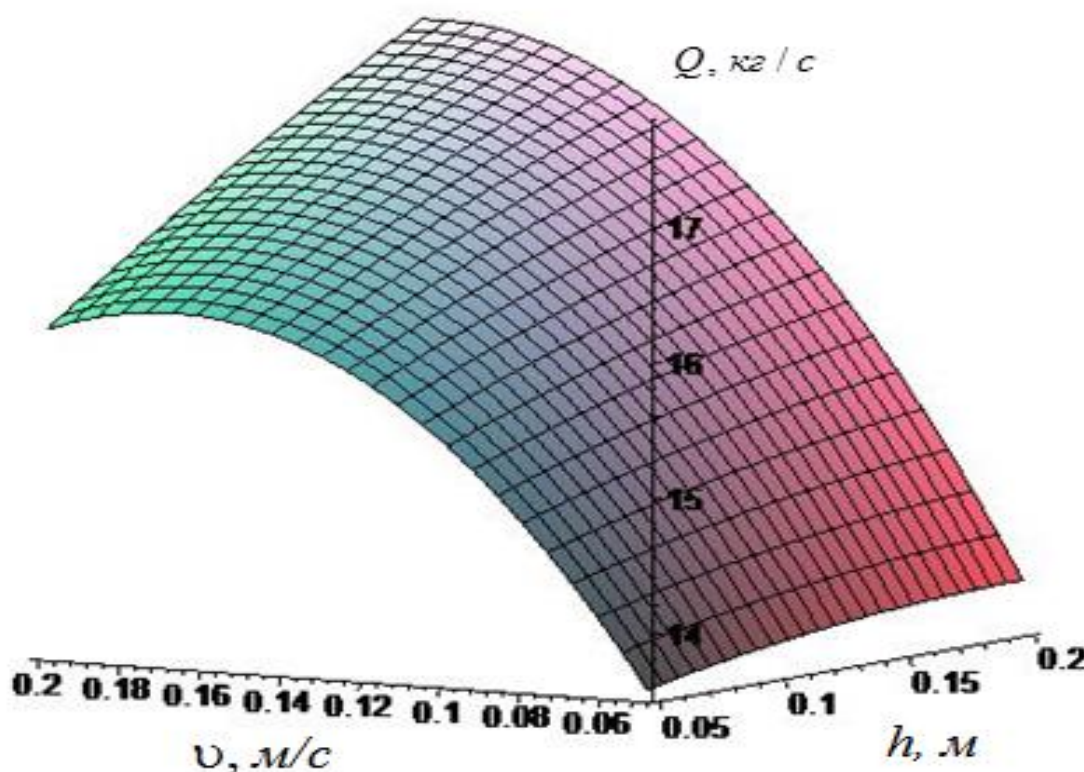


Рисунок 4.9 – Поверхность, характеризующая зависимость производительности разгрузки от скорости подачи h , м (фактор a) и высоты скребка v , м/с (фактор b)

Полученное уравнение и соответствующая ему трехмерная поверхность свидетельствуют о наличии экстремума по обоим исследуемым факторам. Анализ данной зависимости показывает, что с ростом поступательной скорости скребка производительность вначале увеличивается. Затем при скорости скребка $v = 0,17$ м/с достигает максимума, а при дальнейшем росте скорости свыше 0,18 м/с начинает снижаться. Таким образом, зависимость производительности от

скорости движения скребка активизатора разгрузки и высоты скребка активизатора разгрузки имеет квадратичный характер. Сечения поверхности плоскостями, параллельными плоскостям координатных осей, имеют форму парабол. Графически по фактору b экстремальное значение более выраженное.

При большой скорости движения скребка часть грунта перебрасывается через верхнюю кромку планки в заднюю часть кузова, и данная часть грунта в конечном итоге остается невыгруженной (рисунок 4.10), так как эффективная скорость перемещения скребка находится в квадратичной зависимости от высоты скребка.



Рисунок 4.10 – Перебрасывание части груза через заднюю стенку скребка при увеличении скорости подачи скребка

Анализ уравнения (4.2) на экстремум по фактору a показал наличие экстремума при значении $h = 0,16$ м.

С ростом скорости подачи увеличиваются силы инерции, действующие на частицы грунта, вследствие чего быстрее происходит увеличение призмы волочения, при достижении которой граничных значений часть груза (грунта) перебрасывается обратно, и при этом наблюдается снижение производительности.

Зависимость производительности от высоты задней планки скребка также имеет нелинейный характер. Однако зависимость выражена незначительно. Это

объясняется незначительным влиянием увеличения задней планки на производительность разгрузки. Производительность при этом составила 17,2 кг/с.

Таким образом, существует оптимальный диапазон скоростей подачи скребка активизатора разгрузки и высоты задней стенки скребка, при которых обеспечивается полная разгрузка из кузова транспортного средства.

Проведена оценка сходимости теоретических и полученных экспериментальных зависимостей (рисунок 4.11), при высоте задней стенки скребка $h = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ м. Расхождения не превышают 5%.

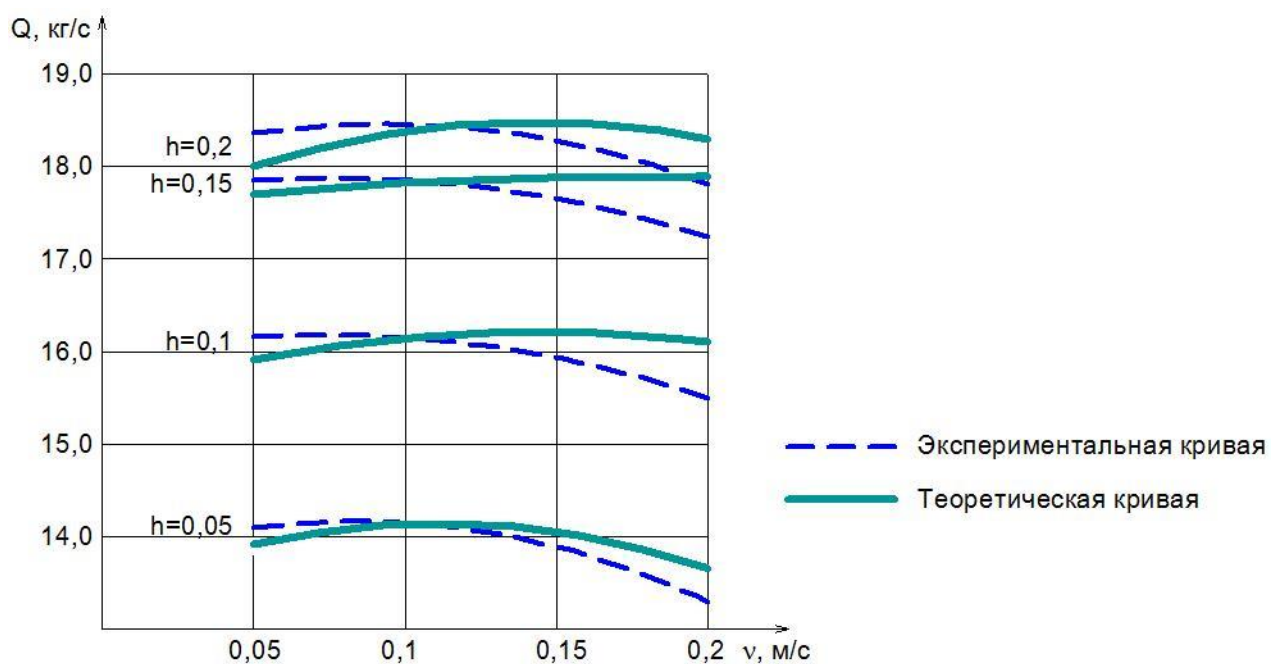


Рисунок 4.11 – Зависимость производительности разгрузки от скорости подачи v , м/с, при высоте скребка $h = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ м

4.2.1.3. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на мощность, необходимую для перемещения скребка при разгрузке грунта

Одним из важных режимных параметров работы активизатора разгрузки является мощность P , Вт, необходимая для перемещения скребка, при которой обеспечивается полнота разгрузки.

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора (интервал варьирования 0,05–0,20 м/с, шаг изменения 0,05 м/с), высота скребка активизатора (интервал варьирования 0,05–0,20 м, шаг

изменения 0,05 м). Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

По данным, полученным в ходе обработки результатов экспериментальных исследований, составлено уравнение регрессии (4.3), описывающее влияние скорости подачи скребка и высоты скребка на мощность, затрачиваемую на его перемещение. По данному уравнению построена графическая зависимость (рисунок 4.12), описывающая полученные результаты.

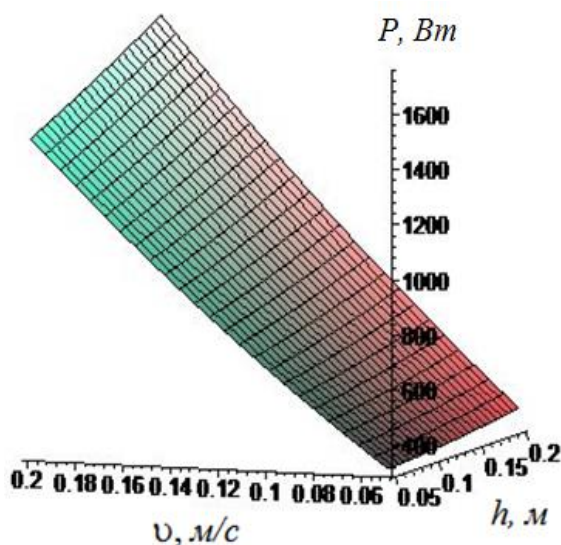


Рисунок 4.12 – Поверхность, характеризующая зависимость мощности, затрачиваемой на его перемещение от высоты скребка h (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

$$P = 38,6 - 487,4a + 4911b + 1437,5a^2 + 8662,5b^2 + 10130ab. \quad (4.3)$$

Анализ зависимости (4.3) показывает, что как с увеличением скорости подачи скребка, так и с увеличением высоты скребка значение мощности, требуемой на его перемещение, возрастает. При этом увеличение скорости подачи оказывает значительно большее влияние на мощность, чем увеличение высоты задней стенки скребка. Данная закономерность объясняется тем, что рост инерционных сил и сил сопротивления, возникающих вследствие налипания груза к поверхности скребка от деформации груза с увеличением скорости, значительно выше роста сил трения скребка о поверхность груза. Силы сопротивления от деформации груза увеличиваются пропорционально увеличению задней стенки скребка.

При этом увеличение задней стенки скребка не оказывает влияния на силы трения скребка о поверхность кузова, в то время как увеличение скорости перемещения скребка прямо пропорционально увеличивает силы трения скребка о поверхность кузова. Так, при высоте задней стенки скребка 0,1 м и увеличении скорости с 0,05 до 0,2 м/с мощность, требуемая на перемещение скребка, увеличивается в 4,7 раза, а увеличение высоты задней стенки скребка с 0,05 до 0,2 м при скорости перемещения скребка 0,1 м/с увеличивает мощность только в 1,2 раза.

Таким образом, из анализа зависимости (4.3) можно сделать вывод, что увеличение сил внутреннего сцепления и сил деформации груза оказывает большее влияние на мощность, затрачиваемую при разгрузке трудносыпучих грузов, способных налипать к поверхности днища прицепа, чем силы инерции, возникающие с увеличением скорости перемещения скребка.

4.2.1.4. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на энергоемкость при разгрузке грунта

Результирующим параметром эффективности работы активизатора разгрузки является энергоемкость процесса разгрузки с применением данного устройства.

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора, высота скребка активизатора и энергоемкость процесса разгрузки. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

По полученным экспериментальным данным было составлено уравнение регрессии (4.4) и построена соответствующая ему графическая зависимость (рисунок 4.13).

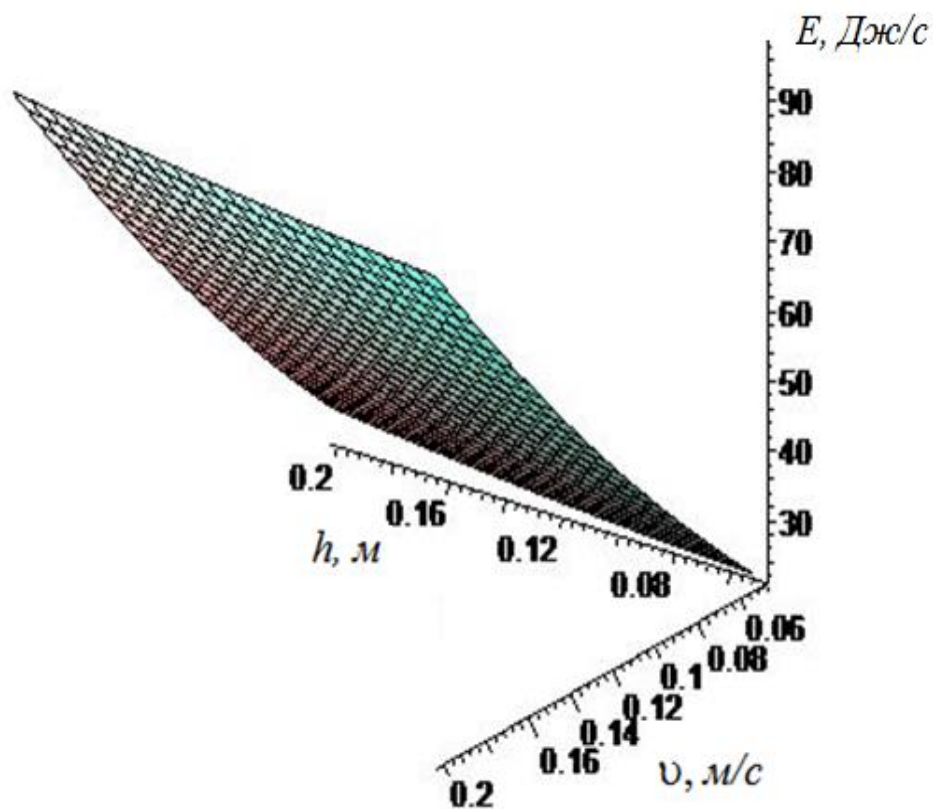


Рисунок 4.13 – Поверхность, характеризующая зависимость энергоемкости процесса разгрузки от высоты скребка h , м (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

$$E = 5,9 - 2,5a + 292,7b + 112,5a^2 + 622,5b^2 + 110ab. \quad (4.4)$$

Анализ влияния исследуемых параметров на энергоемкость E , Дж/кг, также показывает рост энергоемкости по обоим исследуемым факторам. Рост энергоемкости в зависимости от исследуемых факторов так же, как и рост мощности, носит нелинейный характер. Данная зависимость энергоемкости связана с характером изменения производительности разгрузки, которая с увеличением скорости движения скребка свыше $v = 0,18$ м/с начинает снижаться.

На рост энергоемкости оказывают влияние силы инерции и силы сопротивления деформации груза, которые находятся в прямой зависимости от липкости. Рост энергоемкости находится в линейной зависимости от данных сил, которые в свою очередь пропорциональны росту скорости перемещения скребка.

4.2.2. Результаты исследований влияния режимных и конструктивных параметров на показатели работы активизатора разгрузки при работе с навозом

4.2.2.1. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на усилие на штоке при разгрузке навоза

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора, высота скребка активизатора и усилие на штоке гидроцилиндра активизатора разгрузки. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

В ходе обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии и соответствующие им графические зависимости, описывающие полученные результаты. На рисунке 4.14 представлена зависимость усилия на штоке гидроцилиндра от указанных факторов a и b в виде трехмерной поверхности.

Уравнение регрессии, описывающее данную зависимость, имеет следующий вид:

$$F_{шт} = 5755 + 5081a + 10318b + 7875a^2 - 11875b^2 + 19300ab. \quad (4.5)$$

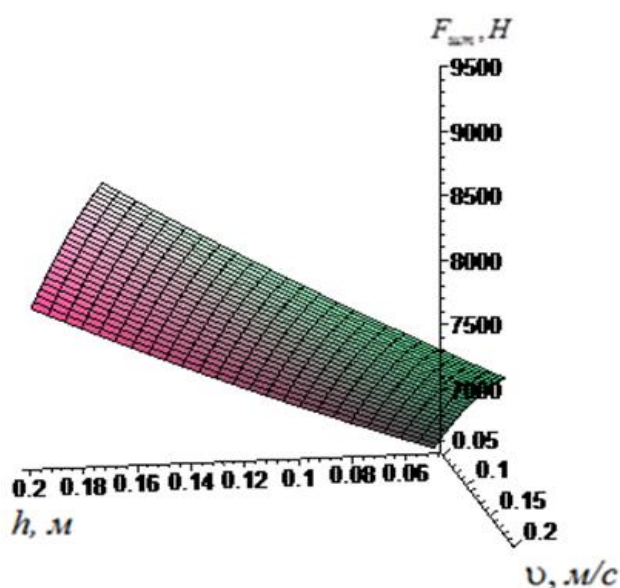


Рисунок 4.14 – Поверхность, характеризующая зависимость усилия на штоке гидроцилиндра от высоты скребка h , м (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

Анализ зависимости $F_{шт}$, Н, от скорости подачи v , м/с, и высоты скребка h , м, при разгрузке навоза показал, что зависимость имеет схожий характер с разгрузкой грунта. При этом абсолютные значения усилия $F_{шт}$, Н, имеют большие значения, что объясняется большим количеством в навозе физически связанной влаги, большей липкостью навоза и, как следствие, увеличением адгезии поверхностного слоя навоза в сравнении с грунтом.

4.2.2.2. Влияние скорости подачи скребка активизатора разгрузки и высоты скребка активизатора на производительность при разгрузке навоза

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора разгрузки (интервал варьирования 0,05–0,20 м/с, шаг изменения 0,05 м/с), высота скребка активизатора разгрузки (интервал варьирования 0,05–0,20 м, шаг изменения 0,05 м) и производительность разгрузки (определяли в ходе экспериментальных исследований). Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

При обработке экспериментальных исследований получено следующее уравнение регрессии, описывающее данную зависимость:

$$Q = 8,61 + 10,57a + 41,77b - 53,5a^2 - 102,0b^2 - 4,4ab. \quad (4.6)$$

Графическая зависимость, описывающая полученные результаты, представлена на рисунке 4.15.

Полученное уравнение и соответствующая ему трехмерная поверхность показывают, что зависимость также имеет схожий характер с разгрузкой грунта.

Так же, как и при разгрузке грунта, с увеличением скорости движения скребка часть груза начинает пересыпаться через верхнюю кромку планки в заднюю часть кузова, и данная часть груза в конечном итоге остается невыгруженной. Вследствие больших внутренних связей частиц навоза в сравнении с грунтом увеличение призмы волочения с увеличением скорости носит более динамичный характер, нежели при работе с грунтом. В связи с этим большая часть материала пересыпается через заднюю стенку скребка.

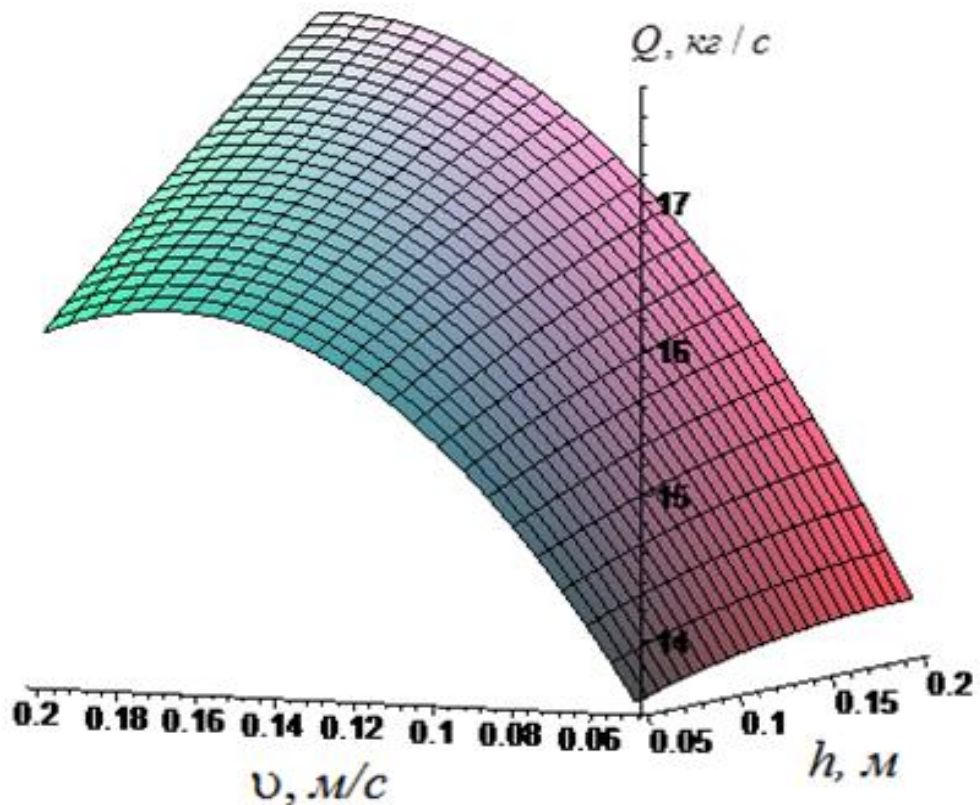


Рисунок 4.15 – Поверхность, характеризующая зависимость производительности разгрузки от высоты скребка h , м (фактор a ,) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

Анализ данной зависимости показывает, что с ростом поступательной скорости скребка активизатора разгрузки производительность вначале увеличивается. Затем при увеличении скорости скребка $v = 0,17$ м/с достигает максимума, а при дальнейшем скорости свыше $0,18$ м/с начинает снижаться.

Анализ уравнения (4.6) на экстремум по фактору a показал его наличие при значении $h = 0,16$ м.

4.2.2.3. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на мощность, необходимую для перемещения скребка при разгрузке навоза

В качестве исследуемых факторов были приняты скорость движения скребка активизатора разгрузки, высота скребка активизатора разгрузки и

мощность на приводе гидроцилиндра. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

Аналогичные зависимости для мощности, необходимой для перемещения скребка, при которой обеспечивается полная разгрузка, получены и при работе аквизатора с грунтом.

По данным, полученным в ходе обработки экспериментальных исследований, составлено уравнение регрессии (4.7), описывающее влияние скорости подачи скребка и высоты скребка на мощность, затрачиваемую на его перемещение. По данному уравнению построена графическая зависимость (рисунок 4.16), описывающая полученные результаты.

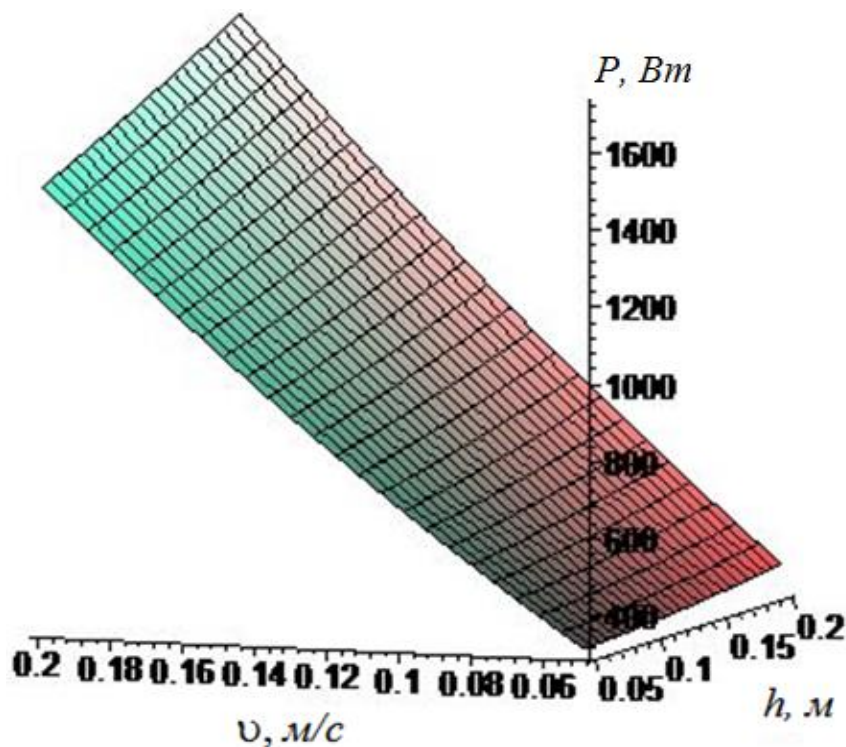


Рисунок 4.16 – Поверхность, характеризующая зависимость мощности, затрачиваемой на перемещение скребка, от его высоты h , м (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

$$P = 1654,7 - 12739,9a + 6729,9b + 25787,5a^2 + 33187,5b^2 + 48286ab. \quad (4.7)$$

Анализ зависимости (4.7) показывает, что как с увеличением скорости подачи скребка, так и с увеличением высоты скребка значение мощности, требуемой на его перемещение, возрастает. При этом увеличение скорости подачи

оказывает значительное большее влияние на мощность, чем увеличение значения высоты задней стенки скребка. Данная закономерность объясняется тем, что рост инерционных сил и сопротивления от деформации груза с увеличением скорости значительно выше роста сил трения и деформации при увеличении задней стенки скребка. Так, при высоте задней стенки скребка 0,1 м, увеличении скорости с 0,05 до 0,2 м/с мощность, требуемая на перемещение скребка, увеличивается в 4,7 раза, а увеличение высоты задней стенки скребка с 0,05 до 0,2 м при скорости перемещения скребка 0,1 м/с увеличивает мощность только в 1,2 раза.

Таким образом, можно сделать вывод, что на мощность, затрачиваемую на перемещение скребка активизатора разгрузки, решающее влияние оказывает поступательная скорость скребка.

4.2.2.4. Влияние скорости подачи скребка активизатора и высоты скребка активизатора на энергоемкость при разгрузке навоза

Эффективность разгрузки путем активизации разгрузки транспортного средства можно оценить по энергоемкости процесса разгрузки с применением данного устройства.

Исследуемыми факторами являются скорость движения скребка активизатора, высота скребка активизатора и энергоемкость процесса разгрузки. Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в приложении 2.

По экспериментальным данным были получены уравнение регрессии (4.8) и соответствующая ему графическая зависимость (рисунок 4.17).

$$E = 13,0 - 111,5a + 377,3b + 397,5a^2 + 567,5b^2 + 1077ab \quad (4.8)$$

Анализ влияния исследуемых параметров на энергоемкость E , Дж/кг, при разгрузке из транспортного средства грунта носит аналогичный характер с характером изменения энергоемкости при разгрузке навоза и показывает рост энергоемкости по обоим исследуемым факторам.

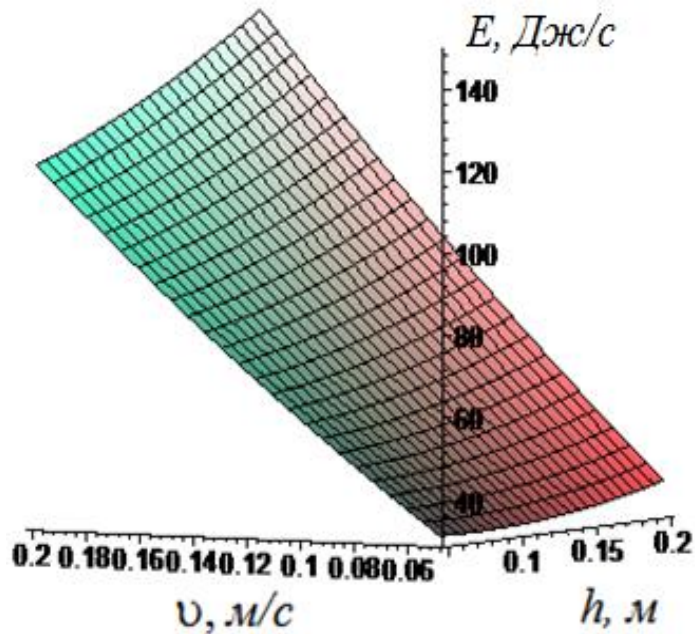


Рисунок 4.17 – Поверхность, характеризующая зависимость энергоемкости процесса разгрузки от высоты скребка h , м (фактор a) и скорости подачи v , м/с (фактор b)

Рост энергоемкости в зависимости от исследуемых факторов, так же как и рост мощности, носит нелинейный характер. Данная зависимость энергоемкости связана с характером изменения производительности разгрузки, которая с увеличением скорости движения скребка свыше $v = 0,18$ м/с начинает снижаться.

4.3. Выводы по главе

1. Исследованы физико-механические свойства навоза и грунта. Установлено значение плотности, коэффициентов трения и прочностных свойств – сопротивления сдвигу и сопротивления сжатию; установлены значения липкости при различной влажности данных грузов.

2. Экспериментальными исследованиями установлены значения липкости в зависимости от времени выдержки для грунта и навоза. Анализ результатов показал, что величина липкости как для навоза, так и для грунта (сила налипания) к металлической поверхности с течением времени увеличивается.

3. Экспериментальными исследованиями установлен характер изменения усилия, затрачиваемого на перемещение скребка, с течением времени выдержки. Совместный анализ липкости и усилия, затрачиваемого на

перемещение скребка при работе с навозом и грунтом, показал, что усилие на перемещение скребка увеличивается пропорционально увеличению липкости.

4. Анализом зависимостей, полученных в результате экспериментальных исследований, подтверждены теоретические положения и аналитические выражения, полученные во второй главе.

5. Экспериментальными исследованиями установлено, что зависимость усилия на штоке гидроцилиндра от скорости движения скребка активизатора разгрузки и высоты скребка активизатора разгрузки носит квадратичный характер, описываемый уравнением регрессии второго порядка. Графически данное уравнение имеет вид трехмерной поверхности.

6. Зависимость производительности разгрузки Q , кг/ч, от скорости движения скребка активизатора разгрузки v , м/с, и высоты скребка h , м, имеет квадратичный характер. Полученное уравнение и соответствующая ему трехмерная поверхность показывают наличие экстремума по обоим исследуемым факторам. При большой скорости движения скребка часть грунта перебрасывается через верхнюю кромку планки в заднюю часть кузова, и данная часть грунта в конечном итоге остается невыгруженной.

7. Проведен анализ влияния исследуемых параметров на мощность $P = 1,5...1,7$ кВт, и энергоемкости $E = 63...85$ Дж/кг, которые меняются с увеличением скорости движения скребка активизатора разгрузки v , м/с, и высоты скребка h , м. Для данного рабочего органа оптимальная высота задней стенки составила $h = 0,17$ м при скорости скребка $v = 0,17$ м/с.

8. В ходе экспериментальных исследований подтверждена работоспособность активизатора разгрузки. Применение активизатора разгрузки позволяет снизить цикл разгрузки, повысить эффективность разгрузки слежавшихся или слипшихся грузов.

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Внедрение опытного образца активизатора разгрузки проведено в ООО «Фрегат-2001» (г. Красноармейск Красноармейского района Саратовской области).

С целью обеспечения необходимого времени цикла разгрузки и производительности разгрузки в ООО «Фрегат-2001» на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан и изготовлен активизатор разгрузки (см. рисунки 3.4, 3.5). Активизатором разгрузки оснащался автомобиль ГАЗ-53 02 самосвал, который осуществлял перевозку грунта и навоза.

Разработанные и производимые в настоящее время устройства, активизирующие разгрузку материалов, склонных к налипанию, не позволяют модернизировать имеющиеся на предприятии транспортные средства. В ООО «Фрегат-2001» для транспортирования грузов применяется автомобиль ГАЗ-53 02 самосвал. Однако данная машина не обеспечивала полную разгрузку груза при транспортировании трудносыпучих и способных слеживаться грузов, что не исключало использование ручного труда для зачистки кузова транспортного средства.

Производственную проверку производили в осенне-зимний период (приложение 5). ООО «Фрегат-2001» эксплуатировал автомобиль ГАЗ-53 02 самосвал с активизатором разгрузки при перевозке навоза с целью внесения его в почву.

Для перевозки грунта со строительных площадок автомобиль ГАЗ-53 02 самосвал с активизатором разгрузки эксплуатировался сторонними организациями ФГУП «Волжанка» и АО «Транснефть – Приволга» ЛПДС «Красноармейская» (приложение 6).

Снижение затрат труда на очистку кузова от налипшего и оставшегося в кузове груза подтверждалось в реальных условиях в сравнении с транспортными средствами, не оборудованными активизатором разгрузки. При технических задержках под загрузкой транспортных средств и при перевозке на большие

расстояния объем невыгружаемого груза достигал 25-30 %, что увеличивало время простоя транспортного средства при разгрузке.

Расчет экономической эффективности проводили для автомобиля ГАЗ-53 02 самосвал и этого же автомобиля, оборудованного активизатором разгрузки. Экономический эффект от внедрения активизатора разгрузки достигается за счет снижения затрат труда на очистку кузова от налипшего и оставшегося в кузове груза.

Ожидаемая экономическая эффективность определена по существующей методике [96, 97, 98].

Для разработанной экспериментальной модели активизатора разгрузки транспортного средства эксплуатационные затраты определяются из следующих составляющих:

$$Э_z = ЗП + З_a + З_{тсм} + З_{торх}, \quad (5.1)$$

где $ЗП$ – заработная плата обслуживающего персонала с начислениями, руб.; $З_a$ – затраты на амортизацию оборудования, руб.; $З_{тсм}$ – затраты на топливно-смазочные материалы, руб.; $З_{торх}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудование и хранение сельскохозяйственной техники, руб.

Заработная плата с учетом дополнительной, и отчислениями на социальные нужды, рассчитывается по формуле

$$ЗП_{доп} = (0,1 + 0,3) З_m 12) Ч, \quad (5.2)$$

где $З_m$ – месячный оклад работника, руб.; $Ч$ – количество работников, чел.; 0,1 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; 0,3 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды.

Затраты на амортизацию оборудования:

$$З_a = N_a B_{ст} / 100, \quad (5.3)$$

где N_a – норма отчислений на амортизацию, $N_a = 14,3\%$; $B_{ст}$ – балансовая стоимость оборудования, руб.; $B_{ст} = K$ (капитальные вложения или затраты на приобретение, изготовление, доставку и монтаж оборудования).

Затраты на топливно-смазочные материалы:

$$З_{\text{ТСМ}} = Q_{\text{ТСМ}} C_{\text{ТСМ}} W_{\text{Г}}, \quad (5.4)$$

где $Q_{\text{ТСМ}}$ – расход топливно-смазочных материалов на 1 перевозку, кг; $C_{\text{ТСМ}}$ – цена 1 кг топлива, руб.; $W_{\text{Г}}$ – годовая наработка машины, т.

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования:

$$З_{\text{ТОРХ}} = N_{\text{ТО}} B_{\text{СТ}} / 100, \quad (5.5)$$

где $N_{\text{ТО}}$ – норматив отчислений на ремонт и техническое обслуживание и хранение %.

Балансовую стоимость внедряемого активизатора разгрузки транспортного средства определяли по формуле

$$C = C_{\text{М}} + C_{\text{З.П}} + C_{\text{Э.Э}} + \text{НР} \%, \quad (5.7)$$

где $C_{\text{М}}$ – стоимость материалов на изготовление, руб.; $C_{\text{З.П}}$ – заработная плата рабочих, руб.; $C_{\text{Э.Э}}$ – стоимость электроэнергии, руб.; $\text{НР} \%$ – накладные расходы, руб.

Затраты на модернизацию кузова, оснащение его активизатором разгрузки приведены в приложении 4, сравнительный анализ проведен по показателю приведенных затрат, которые должны стремиться к минимальному значению, при использовании базового транспортного средства оборудования эксплуатационные затраты составляют 120 840 рублей, а экспериментального – 87 590 руб.

Также при расчете стоимости изготовления предлагаемого активизатора разгрузки учитывали затраты на заработную плату рабочих, которые участвовали при изготовлении. В процессе разработки опытным путем определено, что при изготовлении участвовало 2 человека – сварщик и токарь.

Затраты на электроэнергию:

$$C_{э.э} = t M Ц, \quad (5.8)$$

где t – время работы оборудования при изготовлении, ч; M – мощность станка (оборудования); $Ц$ – цена 1 кВт электроэнергии, руб./кВт·ч (4,8 руб./кВт·ч).

Для наглядности проведен сравнительный расчет эксплуатационных затрат на 1000 га до внедрения предлагаемого оборудования и после его внедрения.

Годовые эксплуатационные затраты при внедрении предлагаемого активатора разгрузки должны быть меньше годовых эксплуатационных затрат при использовании имеющихся установок.

Заработная плата работников при разгрузке навоза:

$$ЗП = 1,4 T T_ч, \quad (5.9)$$

где T – время работы, ч; $T_ч$ – часовая тарифная ставка, руб./ч.

По критерию минимума приведенных затрат из рассмотренных вариантов предлагаемое оборудование подтверждает свою эффективность.

Во-первых, экономия денежных средств достигается по заработной плате работников, время, затрачиваемое на ручную разгрузку прицепа сокращается т.к. процесс стал автоматизированным, при этом улучшились условия труда.

Годовая экономия по эксплуатационным затратам составляет:

$$Э_r = (120\,840 - 87\,590) = 33\,250 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T = K/Э_r, \quad (5.10)$$

где K – дополнительные капитальные вложения, руб.

$$T = 88\,528/33\,250 = 2,7 \text{ года.}$$

Таким образом, по критерию минимума приведенных затрат из рассмотренных вариантов наиболее эффективен предлагаемый активатор разгрузки груза по сравнению с базовым транспортным средством. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на приспособление составляет 2,7 года.

Расчеты по предлагаемому транспортному средству с активизатором разгрузки и базовому варианту сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет экономической эффективности применения активизатора разгрузки

Экономические параметры	Обозначение	Базовое оснащение	С оснащением активизатором разгрузки
1. Балансовая стоимость, руб.	С	220 000	308 528
2. Производительность в час чистого времени, т/ч	П	94	140
3. Годовой объем работ, т	В	2080	2080
4. Приведенные затраты, руб./т	П _{пр}	234 055	223 547
5. Эксплуатационные затраты, руб.	З _э	120 840	87 590
6. Снижение приведенных затрат, %		-	28
7. Годовая экономия приведенных затрат, руб.	Э _г	-	33 250
8. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, год	Т	-	2,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа существующих конструкций и разработанной классификации самосвальных устройств разгрузки предложена новая конструктивно-технологическая схема активизатора разгрузки кузова транспортного средства (патент РФ на изобретение № 147174), которая позволяет повысить производительность и снизить время цикла при перевозке материалов, способных слеживаться и слипаться.

2. Теоретическими исследованиями получены аналитические выражения, установлено влияние конструктивных и режимных параметров активизатора разгрузки на мощность и энергоемкость рабочего процесса.

3. Установлено, что при нахождении груза в кузове транспортного средства в течение 8 часов липкость навоза увеличивается в 2,1 раза, до 850 Па; липкость грунта – в 2,3 раза, до 710 Па. Для обеспечения высокой эффективности разгрузки прицеп транспортного средства должен быть оснащен активизатором разгрузки со скребком: высота задней стенки скребка 0,17 м, угол заострения $\alpha = 30^\circ$.

4. Получены экспериментальные зависимости и описывающие их вероятностно-статистические модели производительности разгрузки Q , кг/ч, от скорости движения v , м/с, и высоты скребка h , м, активизатора разгрузки в зависимости от липкости транспортируемых материалов. Экспериментальные исследования позволили установить, что зависимость производительности разгрузки Q , кг/ч, от скорости движения скребка активизатора v , м/с, и высоты скребка h , м, имеет квадратичный характер, полученное уравнение и соответствующая ему трехмерная поверхность показывают наличие экстремума по обоим факторам. При скорости движения скребка свыше $v = 0,17$ м/с часть грунта перебрасывается через верхнюю кромку планки в заднюю часть кузова. Анализом изменения мощности $P = 1,5...1,7$ кВт, и энергоемкости $E = 63...85$ Дж/кг для активизатора разгрузки установлены оптимальные конструктивные и режимные параметры – высота скребка $h = 0,17$ м, скорость перемещения по поверхности днища кузова $v = 0,17$ м/с.

5. При проведении производственных испытаний получен годовой экономический эффект при транспортировании трудносыпучих грузов с применением активизатора разгрузки, который составляет 33 250 руб. в ценах на 01.09.2014, срок окупаемости дополнительных капиталовложений составит 2,7 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старцев, С.В. Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК / С.В. Старцев, Ю.Ф. Лявин, Д.Г. Горбань. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2015.
2. Подъемно-транспортные машины: учебник / М.Н. Ерохин [и др.]. – М.: Колос С, 2010. – 335 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). – ISBN 978-5-9532-0625-9: УДК 621.8.
3. Демин, Е.Е. Транспорт в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / Е.Е. Демин, Г.В. Левченко, Р.Р. Хакимзянов. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005 – 135 с.
4. Сегодня: ASW 268 – пионер саморазгрузки / Новое сельское хозяйство. –2006. № 5 – 134–136 с.
5. www.profi.com/russia. Журнал «PROFI». – 2011 – № 4 – Опрокидывать, толкать или тянуть. Сравнительный тест транспортных прицепов.
6. <http://www.gruzovik.ru>. Журнал GRUZOVIK.RU.
7. ГОСТ Р 52051–2003 Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 7 мая 2003 г. № 139-ст. – Режим доступа: www.vsegost.ru.
8. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с. (ISBN 5-7367-0258-4 ã ФГНУ «Росинформагротех», 2001).
9. Письмо Федеральной таможенной службы Российской Федерации от 29 мая 2012 года № 01-11/26637 «О классификации прицепов и полуприцепов».
10. Потапов, Г.П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства: Справочник / Г.П. Потапов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
11. Типовая технология производства и внесения твёрдых органических удобрений. – М.: ВИМ, 1987. – 75 с.
12. Мжельский, Н.И. Справочник по механизации животноводческих ферм и комплексов / Н.И. Мжельский, А.И. Смирнов. – М.: Колос, 1984. – 336 с.

13. <http://www.agroru.com>.
14. http://www.agroprom.kz/tovar/oborudovanie-i-spetstehnika-rasteniievodstva/mashini-dlya-vneseniya-udobreniy-i-zashchiti/view_3386.
15. http://www.bmrz.by/production_pmf18.htm Официальный сайт. ОАО «Березовский мотороремонтный завод» Брестская область, г. Береза, ул. Комсомольская, 16.
16. <http://belagromech.by> Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства.
17. <http://www.agroserver.ru/pritsepy-i-polupritsepy>.
18. Степук, Л.Я. Сравнительная оценка отечественных и зарубежных разбрасывателей твердых минеральных удобрений (грузоподъемность и масса) / Л.Я. Степук, А.А. Жешко, С.А. Антошук. / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 21–22 окт. 2009 г.). В 3 т. Т. 1. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редколлегия: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2009. – 228 с.
19. Самосюк, В.Г. Система машин – Научное обеспечение технического переоснащения сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь / В.Г. Самосюк / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 21–22 окт. 2009 г.). В 3 т. Т. 1. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редколлегия: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2009. – 228 с.
20. Петухов, Н.А. Организация погрузочно-разгрузочных работ при внесении твердых органических удобрений. / Н.А. Петухов, Н.Н. Новоселова // Техника в сельском хозяйстве. – 1982. – № 2. – С. 23–26.
21. Результаты испытаний новых машин для механизации процессов заготовки кормов на сельскохозяйственном научно-технологическом полигоне по

растениеводству / В.Г. Самосюк [и др.] / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. В 3 т. Т. 2. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – 324 с.

22. Пат. РФ RU (11) 94022731(13) А1 В 60 Р 1/00 Устройство для разгрузки. заявл. 27.08.1996.

23. Швечихин, Д.В. Классификация автотракторных прицепов сельскохозяйственного назначения // Новые технологии и технические средства в АПК: материалы Междунар. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения проф. В.В. Красникова. – Саратов: ООО «Буква», 2013. – С. 229–233.

24. Линник, Н.К. Совершенствование технологий и технических средств использования органических удобрений / Н.К. Линник // Техника в сельском хозяйстве. – 1990. – № 5. – С. 51–53 с.

25. Павлов, П.И. Активизатор для разгрузки трудносыпучих грузов из кузова транспортного средства / П.И. Павлов, П.С. Бедило, Д.В. Швечихин // Новые технологии и технические средства в АПК: материалы Междунар. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения проф. В.В. Красникова. – Саратов: ООО «Буква», 2013. – С. 12–14 с.

26. <http://www.tonar.info>. Официальный сайт ООО МЗ «Тонар» 142631, Московская обл., 83 км шоссе Москва – Нижний Новгород (трасса М7), Орехово-Зуевский р-н., д. Ожерелки, д. 2а.

27. <http://agro.su/catalog.html>. Официальный сайт ООО НПО «Агротехника».

28. Пат. № 870216 Российская Федерация. Приводной скребок для очистки кузовов транспортных средств / (22); опубл. 07.10.81, Бюл. № 37 (72).

29. Пат. SU 835856 В 60 Р 1/28. Самосвальная кузов транспортного средства L (43); опубл. 07.06.81. Бюл. № 21.

30. <http://www.satpricеп.ru/about.htm>.

31. Бедило, П.С. Исследования конструктивных параметров активизатора разгрузки трудносыпучих грузов на мощность и энергоёмкость процесса

разгрузки / П.С. Бедило, Д.В. Швечихин, Т.В. Овчиникова // Научное обозрение. – 2014. – № 4. – С. 153–157.

32. Результаты экспериментальных исследований активизатора разгрузки трудносыпучих грузов / П.И. Павлов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 11. – С. 62–64.

33. Бедило, П.С. Исследование влияния высоты задней стенки и скорости подачи скребка активизатора разгрузки трудносыпучих грузов на требуемую мощность и энергоёмкость / П.С. Бедило, Д.В. Швечихин, Т.В. Овчиникова // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 10. – С. 46–48.

34. ГОСТ Р 53381-2009 Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия. – Режим доступа: www.vsegost.ru.

35. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Режим доступа: www.vsegost.ru.

36. Дубинин, В.Ф. Физико-механические и перегрузочные свойства сельскохозяйственных грузов: учеб. пособие / В.Ф. Дубинин, П.И. Павлов. – Саратов: Саратов. гос. с.-х. акад., 1996. – 100 с.

37. Никулин, С.Н. Физико-механические и аэродинамические свойства органических удобрений и компостов / С.Н. Никулин, Г.П. Варламов // Труды ВИСХОМ. – Вып. 54. – М., 1969. – С. 90–100.

38. Никулин, С.Н. Физико-механические свойства органических удобрений / С.Н. Никулин, Г.П. Варламов – М.: Колос, 1973. – 263 с.

39. Новиков, Е.Н. Взаимодействие органических удобрений с полимерными и стальными поверхностями / Е.Н. Новиков, Р.Т. Хумаров, Б.Л. Сахаров // Научно-технический бюллетень ВИМ. – 1969. – Вып. 6. – 46–48 с.

40. Панов, А.И. Физические основы механики почвы / А.И. Панов // Механизация обработки почвы, посева и применения удобрений: сб. науч. тр. ВИМ. – Т. 131. – М., 2000. – С. 46–51.

41. Рыжанков, В.И. Некоторые физико-механические свойства солоmistых навозов / В.И. Рыжанков // Сельскому хозяйству –

высокопроизводительные машины. – Минск: Изд-во с.-х. литературы БССР, 1963. – С. 123–134.

42. Сахаров, Б.Л. Коэффициент трения органических удобрений по полимерным поверхностям / Б.Л. Сахаров // Механизация и электрификация соц. с.-х-ва. – 1969. – № 8. – С. 33–34.

43. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений / под ред. А.И. Буянова – М.: Колос, 1970. – С. 361–368.

44. Физико-механические свойства растений, почв, удобрений / под ред. А.И. Булгакова – М.: Колос, 1970. – 275 с.

45. Павлов, П.И. Физико-механические свойства сельскохозяйственных грузов / П.И. Павлов, Е.Е. Демин, О.В. Шок. Саратов: Изд-во Поволжского межрегионального учебного центра, 2006. – 132 с.

46. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

47. Артюшин, А.А., Пуговкина Н.П., Малыхина Л.М. Предпосылки оценки системы «навоз – органическое удобрение - поле» / А.А. Артюшин, Н.П. Пуговкина, Л.М. Малыхина // Техника в сельском хозяйстве. – 1990. - № 2. – С. 59–65.

48. Гимейн, С.М. Физико-механические свойства навоза / С.М. Гимейн // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1962. – № 4. – С. 49–50.

49. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х томах / В.П. Горячкин – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 455 с.

50. Зеленин, А.Н. Физические основы теории резания грунтов / А.Н. Зеленин. –Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 354 с.

51. Баловнев, В.И. Физическое моделирование резания грунтов / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1969. – 160 с.

52. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.

53. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров. – М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.
54. Строительные машины: Учеб. для вузов по спец. «Строит. и дор. машины и оборудование». в 2 ч. / Н.Г. Домбровский [и др.]. – М., 1985. Изд. выходит с 1976 г. Ч. 1. – М.: Машиностроение, – 1985. – 391 с.
55. Сергеев, Е.М. Грунтоведение / Е.М. Сергеев. – М., 1959. –334 с.
56. Мазуров, Г.П. Совмещенное определение объемной массы и суммарной влажности мерзлых грунтов / Г.П. Мазуров. – М., 1974, № 5.
57. Мазуров, Г.П. Физико-механические свойства мерзлых грунтов / Г.П. Мазуров. – Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1964. – 166 с.
58. Цытович, Н.А. Механика грунтов (Краткий курс): учебник для строит, вузов / Н.А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 228 с.
59. Павлов, Н.В. Исследование энергоемкости процесса погрузки органических удобрений погрузчиками периодического и непрерывного действия: дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Павлов. – Рига, 1969. – 215 с.
60. Павлов, П.И. Ресурсосбережение при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. ... д-ра техн. наук / Павлов П.И. – Саратов, 2002.
61. Артемьев, К.А. – Теория резания грунтов землеройными машинами: учеб. пособие / К.А. Артемьев. – Омск. ОмПИ, 1989. – 80 с.
62. Методические указания для выполнения лабораторных работ по «Теории резания грунтов» / сост.: В.В. Слюсаренко, А.В. Русинов, Д.А. Соловьев. – Саратов, 2002. – 48 с.
63. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 370 с.
64. Шнейкин, В.Д. Исследование рабочего процесса и методика расчета зерновых погрузочно-отгрузочных скребковых транспортеров: дис. канд. техн. наук / В.Д. Шнейкин. – Саратов, 1974. – 34 с.

65. Бедило, П.С. Повышение эффективности погрузчика непрерывного действия для буртованных сельскохозяйственных грузов: дис. ... канд. техн. наук / П.С. Бедило. – Саратов, 2003.
66. Красников, В.В. Подъемно-транспортные машины / В.В. Красников. – М.: Колос, 1981. – 263 с.
67. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
68. Сердечный, А.А. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы фрез барабана силосопогрузчика / А.А. Сердечный, И.М. Гринчук // Механизация и электрификация соц. сел. х-ва. – 1968. – № 2. – С. 18–19.
69. Козмин, П.С. Машины непрерывного транспорта / П.С. Козмин. – М.: ОНТИ, 1935.
70. Горячкин, В.П. Рациональная формула для силы тяги плугов / В.П. Горячкин / Собрание сочинений. – М.: Колос, 1961. – Т. 2. – 455 с.
71. Бурченко, П.Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения / П.Н. Бурченко. – М.: ВИМ, 2002. – 212 с.
72. Оценка эффективности вспашки при затуплении лемехов / А.Т. Лебедев [и др.] / Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012: материалы конф. [Электронный ресурс]. – <http://www.sworld.com.ua/konfer29/443.pdf> (дата обращения: 08.10.2014).
73. Бледных, В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий: учеб. пособие / В.В. Бледных. – Челябинск: ФГОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», 2010. – 214 с.
74. Рахимов, И.Р. Совершенствование рабочих органов машин для основной обработки почвы на основе моделирования процесса взаимодействия клина с почвой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И.Р. Рахимов. – Челябинск, 2006.

75. Патент на полезную модель (19) RU (11) 147174(13) U1 (51) МПК В60Р 1/00 (2006.01). Бюллетень «Изобретения. Полезные модели» № 30-2014, 27.10.2014.
76. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики: учебник / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – 16-е изд., стереотип. – М.: КНОРУС, 2011. – 608 с.
77. Амелькин, В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях / В.В. Амелькин. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
78. Вопросы Сельскохозяйственной механики / под ред. М.Е. Мацепуро. – Минск: Урожай, 1964. – С. 86–119.
79. Демин, Е.Е. Совершенствование технологических процессов и технических средств погрузки навоза: дис. ... д-ра техн. наук / Е.Е. Демин. – Саратов, 2007.
80. Айзеншток, И.Я. О физической теории резания грунтов / И.Я. Айзеншток // Горный журнал. – 1949. – № 5.
81. ЕНиР / Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы: Сборник № 2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные земляные работы.
82. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер [и др.]. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
83. Радченко, Г.Е. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий протекания процесса / Г.Е. Радченко. – Горки, 1978. – 70 с.
84. Веденяпин, Г.П. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.П. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 242 с.
85. Ломов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Ломов, Т.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1976. – 204 с.
86. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е.Н. Львовский. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

87. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельско-хозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
88. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
89. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление для вузов / Н.С. Пискунов. – Т. 1. – М.: Наука, 1978. – 456 с.
90. Ильин, В.А. Математический анализ / В.А. Ильин, В.А. Садовничий – М.: Наука, 1980. – 720 с.
91. Литтл, Т. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т. Литтл, Ф. Хилз. М.: Колос, 1981. – 318 с.
92. Блох, Л.С. Основные графические методы обработки опытных данных / Л.С. Блох – М.: Машгиз, 1951. – 164 с.
93. Митков, А.Я. Статистические методы в с.-х. машиностроении / А.Я. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978. – 390 с.
94. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
95. Маркова, Е.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е.В. Маркова, А.Н. Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 219 с.
96. Демидович, Б.П. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, Н.А. Марон, Э.З. Шувалова. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1967. – 368 с.
97. Практикум по организации и управлению производством на сельскохозяйственных предприятиях / сост. В.Т. Водяников [и др.]; под. ред. В.Т. Водяникова. – М.: Колос С, 2005. – 448 с.
98. Пасько, В.И. Практикум по экономике техсервиса на предприятиях АПК: учеб. пособие / В.И. Пасько, Н.А. Щербакова, Ю.Б. Емелин. – Саратов, 2009. – 49 с.
99. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. Госагропром УССР.– Киев: Урожай, 1986. – 117 с.

100. Жукевич, К.И. Оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий / К.И. Жукевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – № 6. – С. 31–33.

101. ГОСТ 8.417-81 "Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин". – Режим доступа: www.vsegost.ru.

102. Нормативы времени на погрузо-разгрузочные работы, выполняемые на железнодорожном, водном и автомобильном транспорте. Утверждены Государственным комитетом СССР по труду и социальным вопросам.

103. Типовые нормы выработки и расхода топлива на сельскохозяйственные механизированные работы. Утверждены Минсельхозпродом РФ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 147174

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ВЫГРУЗКИ СЛЕЖИВАЮЩИХСЯ, ПРИЛИПАЮЩИХ И ПРИМЕРЗАЮЩИХ ГРУЗОВ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012157497

Приоритет полезной модели 26 декабря 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 26 сентября 2014 г.

Срок действия патента истекает 26 декабря 2022 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



07.12.2014

Полная модель №147174

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU⁽¹¹⁾

147174⁽¹³⁾ U1

(51) МПК
B60P1/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 27.11.2014 - действует
Пошлина:

(21), (22) Заявка: 2012157497/11, 26.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.12.2012

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 26.12.2012

(45) Опубликовано: [27.10.2014](#)

Адрес для переписки:
410012, г.Саратов, Театральная пл., 1, ФГБОУ ВПО
"Саратовский государственный аграрный
университет им. Н.И. Вавилова", патентный отдел

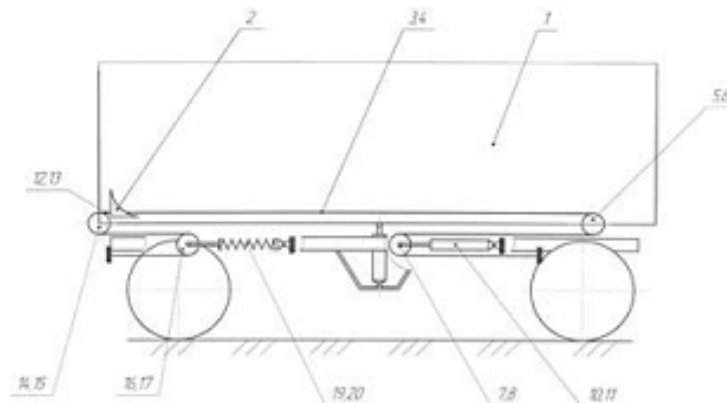
(72) Автор(ы):
Павлов Павел Иванович (RU),
Бедило Петр Сергеевич (RU),
Швечихин Дмитрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ВЫГРУЗКИ СЛЕЖИВАЮЩИХСЯ, ПРИЛИПАЮЩИХ И ПРИМЕРЗАЮЩИХ ГРУЗОВ

Формула полезной модели

Устройство для активизации выгрузки слеживающихся, прилипающих и примерзающих грузов, содержащее скребок, установленный в кузове транспортного средства с возможностью перемещения вдоль днища кузова, отличающееся тем, что по краям скребка закреплены концы ветвей каната, при этом ветви каната, направленные к месту разгрузки кузова, проходят вдоль днища кузова и каждая из ветвей через свой блок меняет направление на противоположное и, проходя вдоль днища кузова с обратной от скребка стороны, через блоки взаимодействует с приводным гидроцилиндром, а ветви каната, направленные в сторону, противоположную месту разгрузки кузова, проходят по краям вдоль днища кузова и каждая из ветвей через свой блок меняет направление на противоположное и, проходя вдоль днища с обратной от скребка стороны, через блок взаимодействует с возвратной пружиной, при этом концы всех ветвей каната закреплены на днище с обратной от скребка стороны.



Приложение 2

Усилие, необходимое для перемещения скребка в период установившейся работы активизатора разгрузки (усилие на штоке гидроцилиндра), определяли по выражению (2.36) при следующих исходных параметрах:

- сила тяжести скребка $G_c=300$ Н;
- сила тяжести груза $G=320$ Н;
- угол наклона поверхности кузова к горизонтали $\beta=40$ град.;
- угол между рабочей поверхностью скребка и направлением его движения $\alpha=30$ град.;
- ширина скребка $b=2,0$ м;
- коэффициент трения скребка о поверхность груза $f =0,6$ для грунта, $f =0,9$ для навоза.

Результаты расчета сведены в таблицу.

Скорость, м/с	Усилие, кН
$h=0,05$	
0,05	6,08
0,01	6,58
0,15	7,1
0,2	7,4
$h=0,1$	
0,05	6,3
0,01	6,8
0,15	7,45
0,2	7,85
$h=0,15$	
0,05	6,3
0,01	7,4
0,15	7,65
0,2	8,1
$h=0,2$	
0,05	7,25
0,01	7,65
0,15	8,15
0,2	8,45

Производительность при разгрузке грунта

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$Q_1 = 14,1 (45)$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$Q_2 = 14,14 (35)$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$Q_3 = 13,87 (100)$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$Q_4 = 13,3 (240)$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$Q_1 = 16,18 (20)$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$Q_2 = 16,2 (17)$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$Q_3 = 15,9 (80)$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$Q_4 = 15,53 (160)$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$Q_1 = 17,85 (18)$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$Q_2 = 17,87 (15)$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$Q_3 = 17,59 (70)$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$Q_4 = 17,23 (140)$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$Q_1 = 18,42 (18)$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$Q_2 = 18,44 (14)$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$Q_3 = 18,20 (60)$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$Q_4 = 17,85 (125)$

Мощность при разгрузке грунта

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$P_1 = 308$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$P_2 = 325$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$P_3 = 345,5$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$P_4 = 367,5$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$P_1 = 643$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$P_2 = 680$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$P_3 = 725$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$P_4 = 772$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$P_1 = 1032$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$P_2 = 1090$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$P_3 = 1161$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$P_4 = 1237,5$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$P_1 = 1448$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$P_2 = 1530$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$P_3 = 1628,5$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$P_4 = 1734,5$

Энергоемкость при разгрузке грунта

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$E_1 = 21,8$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$E_2 = 23,0$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$E_3 = 24,9$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$E_4 = 27,63$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$E_1 = 38,3$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$E_2 = 41,9$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$E_3 = 45,5$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$E_4 = 49,7$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$E_1 = 57,8$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$E_2 = 61,0$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$E_3 = 66,0$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$E_4 = 71,8$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$E_1 = 78,61$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$E_2 = 82,97$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$E_3 = 89,48$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$E_4 = 97,17$

Усилие при разгрузке навоза

№ опыта	a	b	$Y(F_{шт})$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт1} = 6530$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт2} = 6920$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт3} = 7345$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$F_{шт4} = 7800$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт1} = 7070$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт2} = 7440$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт3} = 7830$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$F_{шт4} = 8380$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт1} = 7510$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт2} = 7960$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт3} = 8390$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$F_{шт4} = 8910$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт1} = 7750$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт2} = 8300$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт3} = 8910$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$F_{шт4} = 9460$

Производительность при разгрузке навоза

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$Q_1 = 10,8 (-1,3)$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$Q_2 = 11,1$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$Q_3 = 10,83$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$Q_4 = 10,39$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$Q_1 = 12,0 (-1,35)$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$Q_2 = 12,1 (17)$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$Q_3 = 12,0 (80)$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$Q_4 = 11,5 (160)$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$Q_1 = 13,1 (-1,36)$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$Q_2 = 13,2$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$Q_3 = 12,9$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$Q_4 = 12,6$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$Q_1 = 13,2 (-1,4)$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$Q_2 = 13,3$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$Q_3 = 13,0$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$Q_4 = 12,7$

Мощность при разгрузке навоза

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$P_1 = 308$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$P_2 = 325$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$P_3 = 345,5$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$P_4 = 367,5$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$P_1 = 643$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$P_2 = 680$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$P_3 = 725$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$P_4 = 772$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$P_1 = 1032$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$P_2 = 1090$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$P_3 = 1161$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$P_4 = 1237,5$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$P_1 = 1448$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$P_2 = 1530$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$P_3 = 1628,5$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$P_4 = 1734,5$

Энергоемкость при разгрузке навоза

№ опыта	a	b	$Y(Q)$ критерий
1	$h_1 = 0,05$	$v_1 = 0,05$	$E_1 = 21,8$
2	$h_2 = 0,10$	$v_1 = 0,05$	$E_2 = 23,0$
3	$h_3 = 0,15$	$v_1 = 0,05$	$E_3 = 24,9$
4	$h_4 = 0,20$	$v_1 = 0,05$	$E_4 = 27,63$
5	$h_1 = 0,05$	$v_2 = 0,10$	$E_1 = 38,3$
6	$h_2 = 0,10$	$v_2 = 0,10$	$E_2 = 41,9$
7	$h_3 = 0,15$	$v_2 = 0,10$	$E_3 = 45,5$
8	$h_4 = 0,20$	$v_2 = 0,10$	$E_4 = 49,7$
9	$h_1 = 0,05$	$v_3 = 0,15$	$E_1 = 57,8$
10	$h_2 = 0,10$	$v_3 = 0,15$	$E_2 = 61,0$
11	$h_3 = 0,15$	$v_3 = 0,15$	$E_3 = 66,0$
12	$h_4 = 0,20$	$v_3 = 0,15$	$E_4 = 71,8$
13	$h_1 = 0,05$	$v_4 = 0,20$	$E_1 = 78,61$
14	$h_2 = 0,10$	$v_4 = 0,20$	$E_2 = 82,97$
15	$h_3 = 0,15$	$v_4 = 0,20$	$E_3 = 89,48$
16	$h_4 = 0,20$	$v_4 = 0,20$	$E_4 = 97,17$

ОАО АК «ТРАНСНЕФТЬ»

Филиал ОАО «Приволжскнефтепровод»
Саратовское районное нефтепроводное управление

ФОРМУЛЯР

Манометр показывающий

МПЧ-У №0405

ФОРМУЛЯР

Манометр показывающий
(наименование и тип СИ, заводской номер)
М174-У № 0405

Завод-изготовитель *Теплооборона*

Год выпуска *1992г.*

Пределы измерения *(0-250) кг/см²*

Класс точности *1,5*

Периодичность поверки (калибровки) *1 раз в год*

Вид взрывозащиты *не взрывозащищён*
(для СИ во взрывозащищенном исполнении)

Комплектность:
1 шт
(наименование составных частей комплекта, их заводские номера)

Дата ввода в эксплуатацию *12.01.1994г.*

Место установки (применения), назначение

измерение давления

Ответственный за эксплуатацию _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Начальник _____
(наименование подразделения, Ф.И.О., подпись)

Ответственный за метрологическое обеспечение _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

*Инженер лаборатории по
ремонтно и поверке СИ*

*Роговца
Томас*

Затраты на изготовление активизатора разгрузки

Материалы	Стоимость, руб.	Количество, шт., м	Всего
Гидроцилиндр	12 000	2	24 000
Подвижный блок	500	8	4 000
Пружина	2 000	2	4 000
Трос L	34	30	1 020
Шланги высокого давления	400	12	4 800
Подвижная балка	500	2	1 000
Итого	-	-	38 820

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, генеральный директор ООО «Фрегат 2001» в лице Хохлова А.В. и представитель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», в лице руководителя работы к.т.н., доцента Бедило П.С. составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на тему: «Повышение эффективности транспортирования уплотняющихся грузов путём обоснования параметров активизатора выгрузки», выполненной на кафедре «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» (исполнители: Бедило П.С., Швечихин Д.В.) ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» в 2014 году внедрены в ООО «Фрегат 2001» путем использования в течение трех месяцев 2014 года разработанного по результатам исследований активизатора выгрузки.

Результаты внедрения исследований: использование активизатора выгрузки при транспортировке навоза и грунта дало возможность предприятию получить экономический эффект по приведенным затратам 23 728 рублей.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: рекомендовать к внедрению на предприятиях, производственный процесс которых связан с транспортировкой плохосыпучих грузов.

Научный руководитель работы


П.С. Бедило
«18» ноября 2014г.


Генеральный директор
ООО «Фрегат 2001»
А.В. Хохлов
«17» ноября 2014г.

«УТВЕРЖДАЮ»



Генеральный директор
ООО «Фрегат 2001»
Хохлов А.В.
2014 г.

АКТ

хозяйственных испытаний активизатора выгрузки

Комиссия в составе: главного бухгалтера Кочмарик Е.В., механизатора Пашина А.М., водителя автомобиля Зайцева В.К., составила настоящий акт на хозяйственные испытания и производственную проверку разработанного на кафедре «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», на основании результатов исследований к.т.н., доцента Бедило П.С. и соискателя Швечихина Д.В., опытного образца активизатора выгрузки. Активизатором выгрузки оснащался автомобиль ГАЗ-66, который осуществлял перевозку грунта и навоза.

Испытания и производственная проверка проводились в период с 22 сентября по 15 ноября 2014 года.

Производственная проверка активизатора выгрузки показала его работоспособность, надежность и эффективность применения его при разгрузки данных грузов.

Экономический эффект от технической эксплуатации составил 23728 рублей.

По результатам испытаний комиссия пришла к выводу, что активизатор выгрузки можно использовать при транспортировке навоза, грунта и других плохосыпучих грузов.

Члены комиссии _____ Кочмарик Е.В.

 _____ Пашин А.М.

 _____ Зайцев В.К.



ПРИВОЛЖСКНЕФТЕПРОВОД

ФИЛИАЛ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА
«ПРИВОЛЖСКИЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЕПРОВОДЫ»
САРАТОВСКОЕ РАЙОННОЕ НЕФТЕПРОВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

*Линейная производственно-диспетчерская станция
«Красноармейская»*

АКТ


о внедрении законченной научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, Начальник ЛПДС «Красноармейская» Саратовского РНУ ОАО «Приволжскнефтепровод» В.П. Швечихин и представитель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», в лице руководителя научной работы к.т.н., доцента П.С. Бедило, составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на тему: «Повышение эффективности транспортирования уплотняющихся грузов путём обоснования параметров активизатора выгрузки», выполненной на кафедре «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» (исполнители: П.С. Бедило, Д.В. Швечихин) ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» в 2014 году внедрены на ЛПДС «Красноармейская» Саратовского РНУ ОАО «Приволжскнефтепровод» путем использования в течение трех месяцев 2014 года разработанного по результатам исследований активизатора выгрузки.

Результаты внедрения исследований: использование активизатора выгрузки при транспортировке грунта в течение трёх месяцев дало возможность предприятию получить экономический эффект по приведенным затратам 15 932 рублей.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению: рекомендовать к внедрению на предприятиях, производственный процесс которых связан с транспортировкой плохосыпучих грузов.

Научный руководитель работы


П.С. Бедило
« 14 » октября 2014г.

Начальник ЛПДС «Красноармейская»


Саратовского РНУ ОАО «ПМН»
В.П. Швечихин
2014г.





ПРИВОЛЖСКИЕ НЕФТЕПРОВОДЫ

ФИЛИАЛ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА
«ПРИВОЛЖСКИЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЕПРОВОДЫ»
САРАТОВСКОЕ РАЙОННОЕ НЕФТЕПРОВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Линейная производственно-диспетчерская станция
«Красноармейская»

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ЛПДС «Красноармейская»

Саратовское районное нефтепроводное управление

В.И. Швечихин

« 13 » 2014 г.

АКТ

производственных испытаний активизатора выгрузки

Комиссия в составе: заместителя начальника станции И.С. Знамова, инженера-механика 1 категории В.В. Владимирова, водителя автомобиля С.В. Жиданкова, составила настоящий акт на производственные испытания и проверку разработанного на кафедре «Детали машин, подъемно-транспортные машины и сопротивление материалов» ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», на основании результатов исследований к.т.н., доцента П.С. Бедило и соискателя Д.В. Швечихина опытного образца активизатора выгрузки. Активизатором выгрузки оснащался автомобиль КамАЗ 53111, который осуществлял перевозку грунта при проведении земляных работ.

Испытания и производственная проверка проводились в период с 11 августа по 13 октября 2014 года.

Производственная проверка активизатора выгрузки показала его работоспособность, надежность и эффективность применения его при разгрузки грунта.

Экономический эффект от технической эксплуатации за 3 месяца составил 15932 рублей.

По результатам испытаний комиссия пришла к выводу, что активизатор выгрузки можно использовать при транспортировке грунта и других плохосыпучих грузов.

Члены комиссии:

Заместитель начальника ЛПДС

Инженер-механик 1 категории

Водитель автомобиля

И.С. Знамов

В.В. Владимиров

С.В. Жиданкова