(cc) BY

Автор:

Дьяконова Милана Ризиевна

ученица 8 «А» класса

МКОУ «СОШ №15» м.о. «Мирнинский

район» Республики Саха (Якутия)

п. Светлый, Республика Саха (Якутия)

Научные руководители:

Дьяконова Варвара Николаевна

преподаватель физики и математики

ГБПОУ Республики Саха (Якутия)

«Светлинский индустриальный техникум»

п. Светлый, Республика Саха (Якутия)

Кондратюк Александр Павлович

главный специалист сектора карьерного транспорта

Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА»

г. Мирный, Республика Саха (Якутия)

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОСТИ НА СКОРОСТНОЙ РЕЖИМ МНОГОЗВЕННОГО АВТОПОЕЗДА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Аннотация*: в данной статье рассматривается проблема влияния сезонности на скоростной режим многозвенного автопоезда при транспортировке алмазосодержащей руды. Результатом данного проекта явилось открытие, имеющее важное практическое значение и предусматривающее возможности безопасного использования трехзвенного автопоезда для при транспортировке алмазосодержащей руды от месторождения «Верхняя Муна» к обогатительной фабрике №12 г. Удачного.*

Ключевые слова*: сезонность, скоростной режим, многозвенный автопоезд, транспортировка, алмазосодержащая руда, месторождение Верхняя Муна, Удачнинский ГОК, Акционерная компания «АЛРОСА», обогатительная*

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

фабрика, Scania, магистральный автопоезд, эксперименты, порожний автопоезд, груженый автопоезд, сухое покрытие, скользкое покрытие, движения по прямой движения при повороте, изменения траектории движения, радиус поворота.

Цель проекта – установить взаимовлияние радиуса поворота и скоростного режима многозвенного автопоезда для обеспечения безопасного режима работы в зависимости от его конфигурации.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и реализованы следующие задачи:

1. Изучена история вопроса.

2. Разработан план эксперимента.

3. Выбрана модель автомобиля для эксперимента.

4. Создан (смоделирован) макет автополигона с имитацией сухого и скользкого покрытий.

5. Зафиксирован занос прицепов автопоезда для обоих случаев с помощью видеокамеры.

6. Определены радиусы заноса и скорости движения для не груженого и груженого автопоезда.

7. Построены графики зависимости скорости режима многозвенного автопоезда от радиуса поворота.

Тема данного проекта актуальна. Для увеличения объемов добычи алмазосодержащей руды в Акционерной компании «АЛРОСА» приступили к разработке удаленных от фабрик месторождений алмазов. Строительство обогатительных фабрик около этих месторождений – карьеров, из-за небольшого количества запасов руды, является экономически не выгодным. Одним из условий работы на таких карьерах является применение новых транспортных схем. Специалистами АК «АЛРОСА» определен наиболее выгодный вид транспорта для перевозки алмазосодержащей руды – магистральный многозвенный автопоезд. В настоящее время для транспортировки руды на большие расстояния используются только двухзвенные автопоезда.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Подготовка и проведение эксперимента:

В связи с тем, что найти точную копию автопоезда марки Scania с пультом управления не получилось, была приобретена копия аналогичного автопоезда марки Mersedes. Прицепы были соединены на жесткую стяжку. Смоделировано сухое покрытие дороги и гололед. Экспериментальным путем были найдены:

– постоянная скорость машинки при пустом и груженом состоянии;

– скорость при повороте в зависимости от вида покрытия дороги;

– радиусы поворота при разных дорожных покрытиях.

Затем проведен сравнительный анализ между теоретическими и экспериментальными данными.

Введение

Каждое лето я выезжаю за пределы Республики Саха (Якутия), часто езжу на машине в город Мирный. Бывает по дороге нам навстречу попадаются длинные груженые машины – автопоезда и мы почти всегда их пропускаем, останавливаясь на обочине дороги. Когда я была в Санкт-Петербурге, то видела там, что на троллейбусах и трамваях сзади написаны цифры: 1 м или 1,2 м. Мне мама объяснила, что так указывают занос задней части в сторону, то есть предупреждают водителей, которые едут за ними. А на автопоездах я таких надписей не видела, но заметила, что на них всегда сверху горят три лампочки. Например, при спуске и подъеме на местности Чуоналыр по трассе Мирный – Удачный, имеется опасный поворот. Мама сказала, что водители всегда стараются учитывать занос автопоездов. Как я выяснила, занос машин зависит от времени года. Я решила разобраться в этом вопросе и обратилась с вопросами к бабушке, как к преподавателю физики. Она объяснила мне о зависимости заноса прицепов автопоездов от состояния дорожного покрытия, от скорости движения и от радиуса поворота. А чтобы увидеть все зависимости в наглядном виде, мы решили провести эксперименты и обратились за консультацией к специалистам. Так и родился мой проект «*Влияние сезонности на скоростной режим многозвенного автопоезда при транспортировке алмазосодержащей руды*».

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Актуальность

Я думаю, что тема моего проекта очень *важная* и *актуальная*. Сейчас для увеличения объемов добычи алмазосодержащей руды в Акционерной компании «АЛРОСА» приступили к разработке удаленных от фабрик месторождений алмазов. Строительство обогатительных фабрик около этих месторождений – карьеров, из-за небольшого количества запасов руды, считается экономически не выгодным. Одним из условий работы на таких карьерах является применение новых транспортных схем, чтобы расходы на транспортировку и обслуживание были минимальными. Специалистами АК «АЛРОСА» определен наиболее выгодный вид транспорта для перевозки алмазосодержащей руды – магистральный многозвенный автопоезд. Акционерная Компания «АЛРОСА» впервые в России приступила к испытаниям трехзвенных автопоездов для транспортировки алмазосодержащей руды по карьерным дорогам.

Цель проекта – установить зависимость скорости движения трехзвенного автопоезда с учетом массы перевозимого груза от коэффициента сцепления для разработки рекомендаций по их эффективной эксплуатации при транспортировке алмазосодержащей руды от месторождения Верхняя Муна на обогатительную фабрику в г. Удачный.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и реализованы *следующие задачи*:

1. Изучить историю вопроса.

2. Разработать план эксперимента.

3. Выбрать модель автомобиля для эксперимента.

4. Создать (смоделировать) макет автополигона с имитацией сухого и скользкого покрытий.

5. Определить скорость автопоезда на различных дорожных покрытиях.

6. Зафиксировать занос третьего звена автопоезда по сухому и скользкому покрытиям.

7. Зафиксировать радиусы поворота и скорости движения для пустого и груженого автопоезда.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

8. Построить графики зависимости скорости движения трехзвенного автопоезда по прямому участку пути и при повороте.

Тип проекта: научно-исследовательский, внепредметный, индивидуальный.

Выдвинутая гипотеза: Существуют безопасные для движения значения радиуса и скорости, при котором автопоезд может состоять из трех звеньев.

Основные методы исследования:

1. Поиск и сбор информации по теме.

2. Исследование путем проведения экспериментов.

3. Систематизация.

4. Обобщение.

Ожидаемые результаты:

1. Значения радиуса поворота и скорости движения автопоезда с тремя звеньями.

2. Формулирование рекомендаций для движения автопоездов с тремя звеньями на разных дорожных покрытиях от месторождения Верхняя Муна к фабрике Удачнинского ГОКа.

Сроки реализации проекта: сентябрь 2017 г. – ноябрь 2017 г.

Механизм реализации проекта:

Реализация проекта предполагает наличие трёх последовательных этапов, на каждом из которых решаются свойственные только ему задачи и осуществляются подготовительные мероприятия для последовательных действий.

I этап – подготовительный.

Сроки: сентябрь 2017 года

Исследование литературы по данной теме, сбор общей информации, встречи с консультантами «Якутнипроалмаз».

II этап – практический.

Сроки: сентябрь – октябрь 2017 года.

Оформление автополигона для проведения эксперимента с разными дорожными покрытиями (сухое и скользкое). Подготовка и проведение эксперимента

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

по поиску безопасного значения радиуса поворота для третьего звена автопоезда и скорости движения трехзвенного автопоезда.

III этап – заключительный.

Сроки: ноябрь 2017 года.

Оформление проведённой работы. Построение графиков зависимости скорости трехзвенного автопоезда по прямому участку пути и при повороте на разных дорожных покрытиях, с грузом и без груза. Обобщение полученных данных в виде таблицы. Формирование заключения по результатам экспериментов (выводы).

Глава I

1.1. Месторождение Верхняя – Муна

Месторождение алмазов Верхняя-Муна открыто геологами в середине 50-х годов XX века. Несмотря на значительные запасы руды, месторождение Верхняя-Муна долгое время не разрабатывалось, в связи с:

1) небольшим содержанием алмазов в руде;

2) наличием других богатых месторождений алмазов (трубки Мир, Айхал, Удачная);

3) удалённостью от центра промышленности;

4) труднодоступностью месторождения;

5) необходимостью больших затрат для разработки;

6) отсутствием эффективной транспортной системы.

С целью поддержания объёмов алмазодобычи, сейчас начата разработка беднотоварных месторождений алмазов, к которым относится и месторождение Верхняя-Муна (рис. 1). Удаленность этого месторождения от обогатительной фабрики в г. Удачный составляет 180 км.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

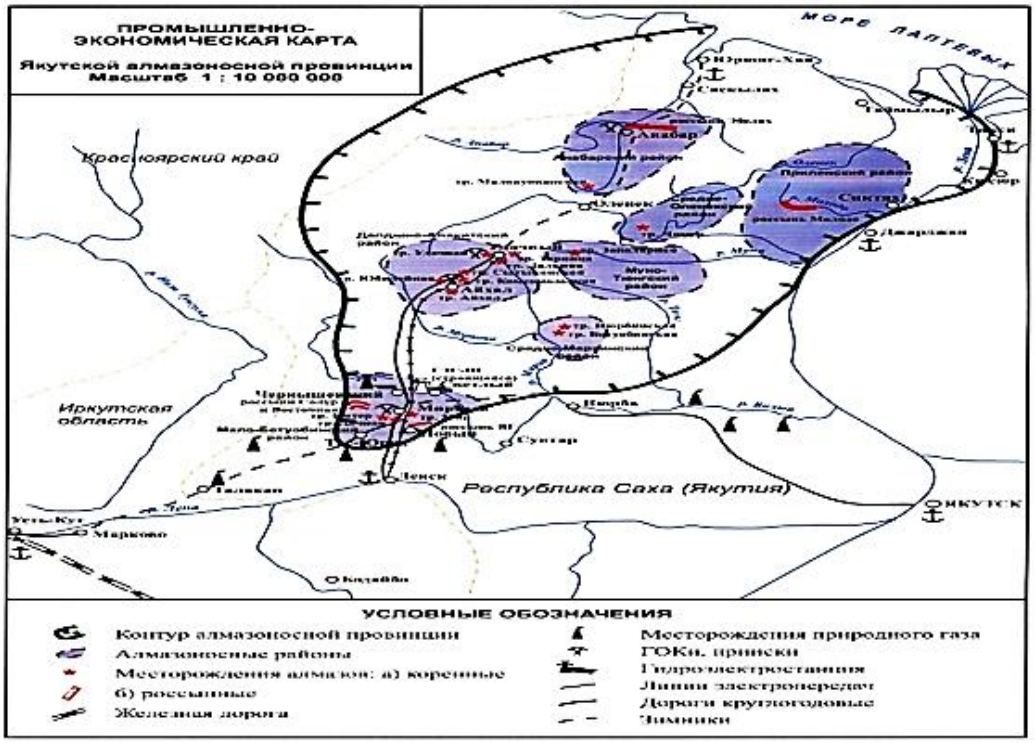


Рис. 1. Якутская алмазоносная провинция

1.2. Использование автопоездов Scania в Удачнинском ГОКе

Для определения наиболее подходящего вида транспорта по перевозу алмазосодержащей руды от небольших месторождений к обогатительным фабрикам институт «Якутнипроалмаз» провел исследовательскую работу. Были рассмотрены следующие виды промышленного транспорта: грузовые подвесные канатные дороги, конвейеры, автосамосвалы и автопоезда, карьерные автосамосвалы, троллейвозы и дизель троллейвозы, железнодорожный транспорт (рис. 2).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Рис 2. Возможные виды транспорта для доставки алмазосодержащей руды с удаленных месторождений

В результате специалистами АК «АЛРОСА» основным видом транспорта был определен *магистральный автопоезд*.

С целью увеличения грузоподъемности с учетом всех показателей (экономических, технических) было принято решение о проведении экспериментов с трехзвенными автопоездами по загрузке и разгрузке алмазосодержащей руды, по улучшению технического потенциала работы трехзвенных автопоездов длиной 24,5 м, шириной 2,5 м. В настоящее время АК «АЛРОСА» проводит испытания трехзвенных автопоездов с грузоподъемностью 105 тонн (*35т + 35т + 35т*) на участке Удачный-Зарница, протяженностью 22 км (рис. 3). При использовании трехзвенных автопоездов производительность увеличится в три раза, количество водителей сократится в три раза, соответственно увеличится экономическая выгода.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

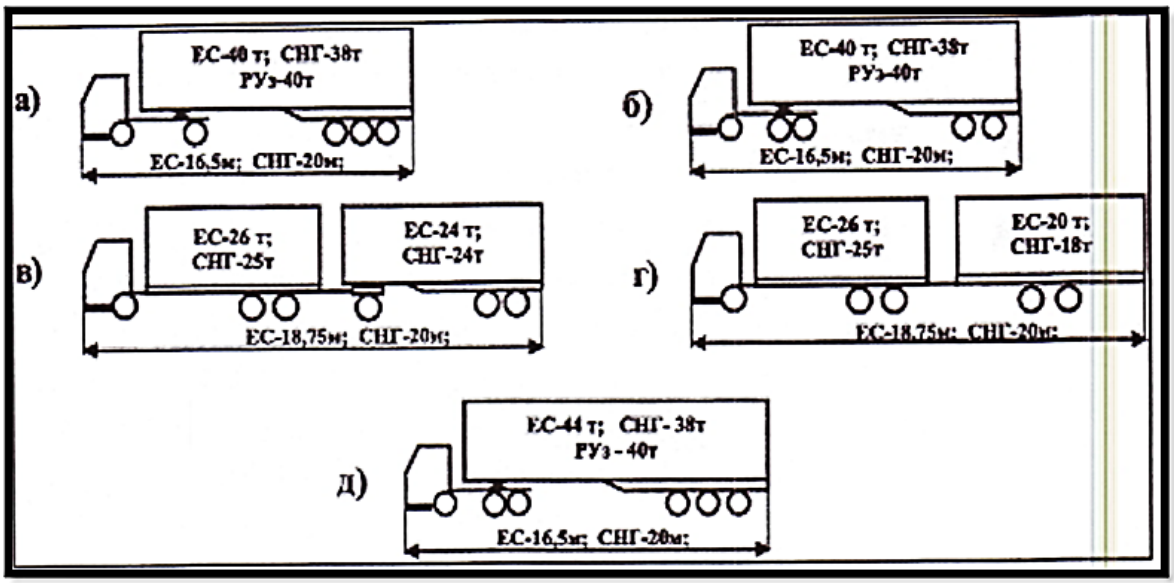


Рис. 3. Существующий типовой ряд автопоездов
для перевозки в странах ЕС и СНГ

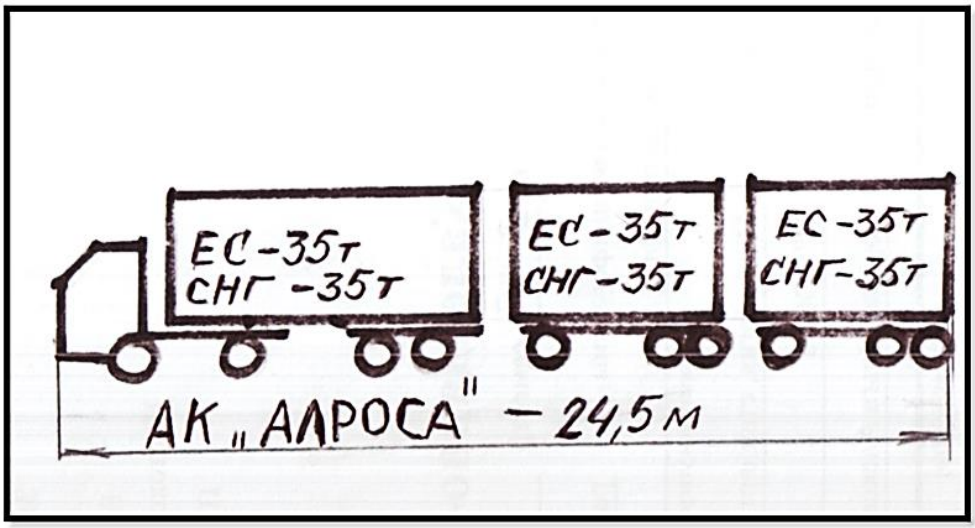


Рис 4. Предлагаемый вид автопоезда Scania от АК «АЛРОСА»

С этой целью АК «АЛРОСА» были приобретены автосамосвалы SCANIA с прицепами АК-48 (рис. 5), так как мощность двигателя позволяет прицепить еще два звена.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Рис. 5. Трехзвенный автопоезд SCANIA с грузоподъёмностью 105 тонн

Рис. 6. Разгрузка кимберлитовой руды на ровной площадке

Транспортировка руды до г. Удачный будет осуществляться по круглогодичной карьерной автодороге (рис. 5), т.к. согласно правилам дорожного движения использование трехзвенных автопоездов по дорогам общего пользования запрещено. Технические параметры проектируемой дороги следующие:

– число полос движения – 1;

– ширина проезжей части – 4,5 м;

– ширина обочин – 2 м;

– ширина земляного полотна – 8,5 м;

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

– средняя высота насыпи – 2 м;

– расчётная скорость движения автопоезда – 50 км/ч

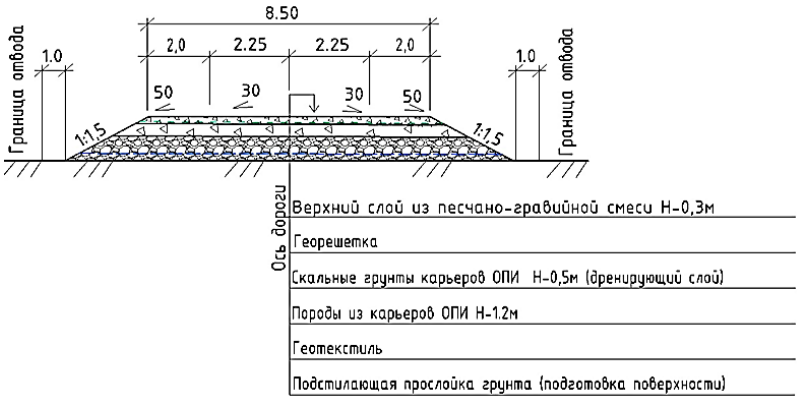


Рис. 7. Конструктив круглогодичной автомобильной

Глава II

2.1. Подготовка к экспериментам

В связи с тем, что найти точную копию модели автопоезда марки Scania с пультом управления не получилось, мы приобрели три модели аналогичного автопоезда марки Mercedes, для использования их полуприцепов. Магистральный тягач с седельным полуприцепом-самосвалом переделали на самосвал-тягач с четырьмя осями идентично марки Scania. Седельные прицепы переконструировали на два прицепа на жесткой сцепке. Смоделировали экспериментальный автополигон с сухим покрытием дороги (керамогранит покрытый обоями на флизелиновой основе) и скользкое покрытие (естественные условия). Для лучшего сцепления колес на гололеде дополнительно была подготовлена наждачная бумага для колес автопоезда. На обоих экспериментальных полигонах нанесли оси координат с делениями по 10 см для наглядного определения радиуса поворота и точки начала заноса третьего звена автопоезда. Для проведения эксперимента с груженым автопоездом мы подготовили наборы грузов по 350 грамм на каждый прицеп, всего 1050 граммов.

2.2. Проведение экспериментов

Эксперимент №1 (*Движение по прямой*):

1. Мы отмерили расстояние по сухому и скользкому покрытиям с помощью метра и нанесли отметки (10, 12, 14, 16, 18 и 20 м). Затем пустили автопоезд и

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

засекли время его прохождения указанных отрезков с помощью секундомера на разных дорожных покрытиях и получив значения вычислили среднюю скорость:

– скорость порожнего автопоезда на сухом покрытии – 1,1м/с (3,96 км/ч), а на скользком покрытии – 0,56м/с (2,02 км/ч);

– скорость груженого автопоезда на сухом покрытии – 0,83м/с (2,99 км/ч), а на скользком покрытии – 0,49м/с (1,77 км/ч).

2. Полученные данные занесли в таблицу и построили графики.

Таблица 1

Экспериментальные данные прохождения трехзвенным автопоездом заданных отрезков пути

	Отрезок пути	10 м	12 м	14 м	16 м	18 м	20 м
сухое покрытие	Время прохождения порожнего автопоезда	9 с	10,9 с	12,7 с	14,55 с	16,37 с	18,2 с
	Время прохождения груженого автопоезда	12 с	14,46 с	16,28 с	19,28 с	21,69 с	24,1 с
скользкое покрытие	Время прохождения порожнего автопоезда	18 с	21,43 с	25 с	28,6 с	32,1 с	35,7 с
	Время прохождения груженого автопоезда	20 с	24 с	29 с	33 с	3 с	41 с

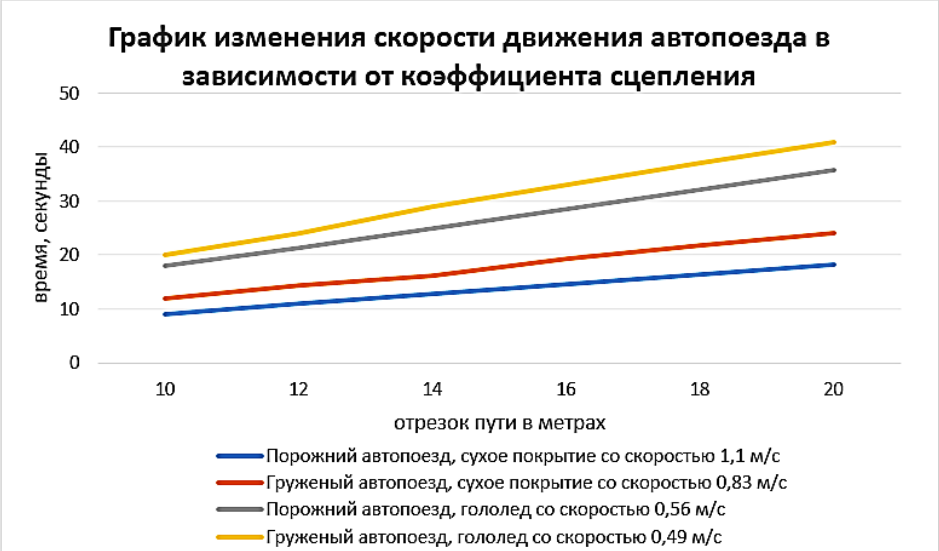


Рис. 8. График 1. Изменения скорости движения автопоезда в зависимости от коэффициента сцепления

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

1. Пользуясь полученными экспериментальными значениями мы можем произвести следующие расчеты:

1) скорость трехзвенного порожнего автопоезда по прямому участку пути по сухому покрытию в 1,96 раза (3,96км/ч : 2,02км/ч = 1,96) больше, чем по скользкому покрытию, тогда с учетом экспериментальных данных и средне-технической скорости автопоезда равной 39 км/ч, она равна 76 км/ч;

2) скорость трехзвенного груженого автопоезда по прямомй участку пути по сухому покрытию в 1,69 раза (2,99км/ч : 1,77км/ч = 1,69) больше, чем по скользкому покрытию, тогда с учетом экспериментальных данных и средне-технической скорости автопоезда равной 39 км/ч, она равна 66 км/ч.

Вывод 1: Трехзвенный порожний автопоезд по прямому участку пути и на сухом и на скользком покрытии едет быстрее, чем груженый.

Эксперимент №2 (*Движение по кривой – Поворот*):

Сухое покрытие:

2. Мы отмерили и нанесли отметки радиусов на осях x и y (1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5 и 0,4 м). Затем пустили автопоезд и засекли его время прохождения по указанным меткам половину длины окружности с грузом и без груза.

Таблица 2

Значения длины дуги описываемой автопоездом при различных радиусах

Радиус поворота, м	1 м	0,9 м	0,8 м	0,7 м	0,6 м	0,5 м	0,4 м
Длина дуги поворота, м	3,14 м	2,83 м	2,52 м	2,2 м	1,89 м	1,57 м	1,26 м

3. Получив указанные данные мы вычислили среднюю скорость движения по сухому покрытию:

– средняя скорость порожнего автопоезда во время прохождения поворота равна – 0,47м/с (1,62 км/ч);

– средняя скорость груженого автопоезда во время прохождения поворота равна -0,31м/с (1,08 км/ч).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таблица 3

Экспериментальные данные скорости движения трехзвенного автопоезда в зависимости от радиуса поворота по сухому покрытию.

Порожний автопоезд	Время, с	6,55 с	6,01 с	5,46 с	4,68 с	4,09 с	3,34 с	срыв
	Скорость, м/с	0,48м/с	0,47м/с	0,47м/с	0,47м/с	0,47	0,47м/с	
Груженый автопоезд	Время, с	10,47 с	9,11 с	8,1 с	7,32 с	6,27 с	5,25 с	срыв
	Скорость, м/с	0,3м/с	0,31м/с	0,32м/с	0,3м/с	0,31м/с	0,3м/с	

Где «срыв» означает, что получить экспериментальные данные не удалось.

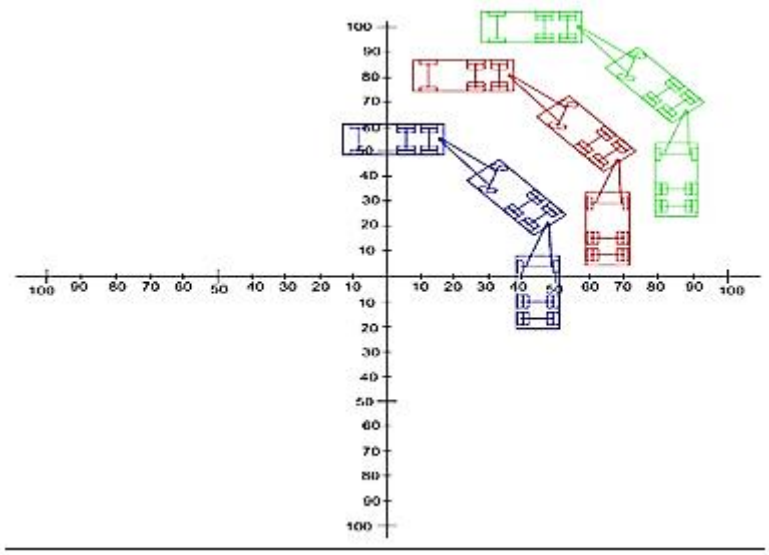


Рис. 9

Скользкое покрытие:

Аналогично мы провели эксперимент по скользкому покрытию. Значения радиусов были взяты такие же как и на сухом покрытии (1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5 и 0,4 м). Мы пустили автопоезд и засекли его время прохождения по указанным меткам половину длины окружности с грузом и без груза.

4. Получив указанные данные мы вычислили среднюю скорость движения по скользкому покрытию:

– средняя скорость порожнего автопоезда во время прохождения поворота равна – 0,24м/с (0,87 км/ч);

– средняя скорость груженого автопоезда во время прохождения поворота равна – 0,23м/с (0,83 км/ч).

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таблица 4

Экспериментальные данные скорости движения трехзвенного автопоезда в зависимости от радиуса поворота по скользкому покрытию

Порожний автопоезд	Время, с	12,97 с	11,80 с	10,5 с	8,80 с	срыв	–	–
	Скорость, м/с	0,25 м/с	0,24 м/с	0,24 м/с	0,25 м/с	–	–	–
Груженый автопоезд	Время, с	13,66 с	12,87 с	11,2 с	10,01 с	срыв	–	–
	Скорость, м/с	0,23 м/с	0,22 м/с	0,23 м/с	0,22 м/с	–	–	–

Где «срыв» означает, что получить экспериментальные данные не удалось.

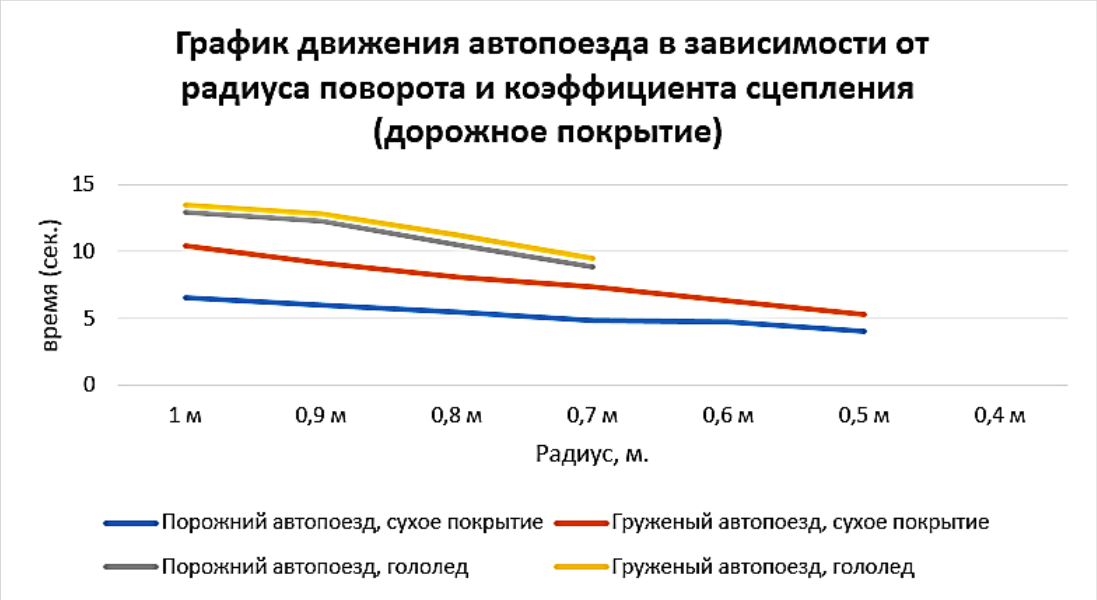


Рис. 10. График 2. Движение автопоезда в зависимости от радиуса поворота и коэффициента сцепления

5. Пользуясь полученными экспериментальными значениями мы можем произвести следующие расчеты:

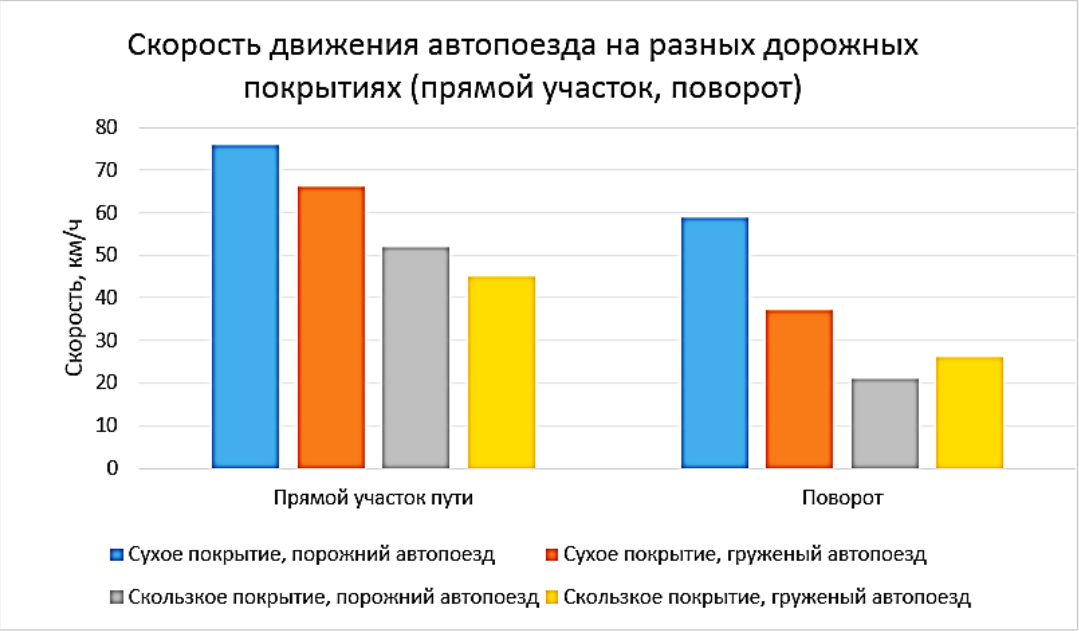
1) при повороте трехзвенный порожний автопоезд по скользкому покрытию движется медленнее в 1,87 раз (1,62км/ч : 0,87км/ч =1,87), чем по сухому покрытию, тогда с учетом экспериментальных данных и средне-технической скорости автопоезда равной 39 км/ч, она равна 21 км/ч;

2) при повороте трехзвенный груженый автопоезд по скользкому покрытию движется медленнее в 1,31 раза (1,08км/ч : 0,83км/ч = 1,31), чем по сухому

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

покрытию, тогда с учетом экспериментальных данных и средне-технической скорости автопоезда равной 39 км/ч, она равна 29 км/ч.

Вывод 2: Трехзвенный порожний автопоезд при повороте едет медленнее, чем груженый.



Эксперимент №3 (*Определение разницы в траекториях движения при повороте автомобиля-тягача и третьего звена автопоезда*):

Чтобы наглядно определить изменения траектории движения третьего звена автопоезда мы покрасили передние колеса автомобиля-тягача в красный цвет, а колеса третьего звена (прицепа) автопоезда – в синий цвет. Затем пустили автопоезд по нанесенным отметкам радиусов поворота (1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 и 0,5м) и измерили линейкой расстояние между оставленными следами передних колес автомобиля-тягача и колес третьего звена.

Сухое покрытие:

6. При повороте по отметкам радиусов (1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6 и 0,5 м) по сухому покрытию разница между траекторией движения колес третьего звена порожнего трехзвенного автопоезда и траекторией движения передних колес автомобиля-тягача равна 0,045 м, а груженого 0,041 м. Траектория движения колес третьего звена автопоезда смещалась к центру поворота – вовнутрь (т.е. радиус уменьшался). Получилось, что прицеп как-бы стремился обогнать

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

тягач и его траектория движения сместилась вовнутрь поворота. Полученные данные мы занесли в таблицу 5.

Таблица 5

Экспериментальные данные смещения траектории движения третьего звена автопоезда при повороте по сухому покрытию

	Радиус, м	1,0 м	0,9 м	0,8 м	0,7 м	0,6 м	0,5 м
Порожний автопоезд	Смещение траектории, м	0,045 м	0,045 м	0,044 м	0,045 м	0,044 м	0,045 м
Груженый автопоезд	Смещение траектории, м	0,04 м	0,041 м	0,041 м	0,04 м	0,041 м	0,041 м

Скользкое покрытие:

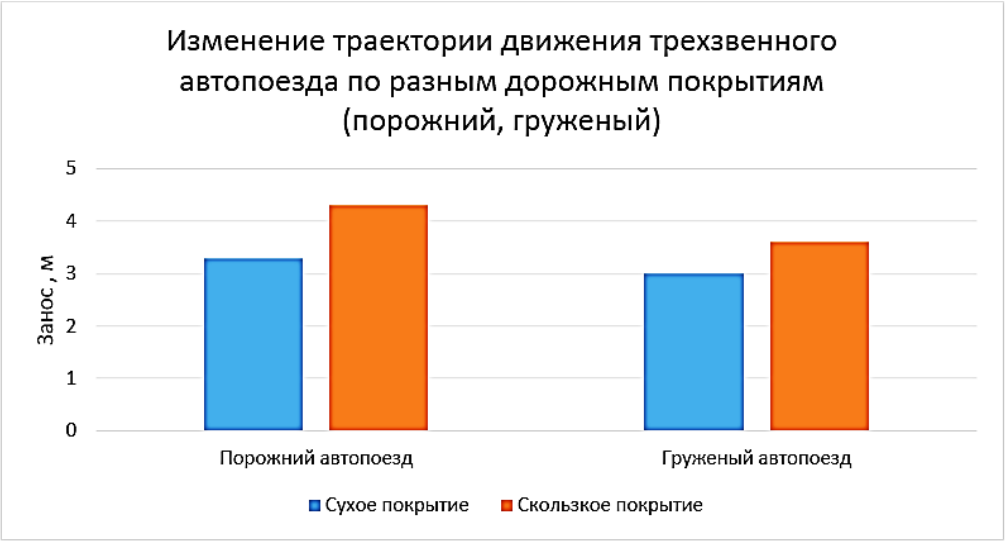
7. При повороте (1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; и 0,5 м) по скользкому покрытию разница между траекторией движения колес третьего звена порожнего трехзвенного автопоезда и траекторией движения передних колес автомобиля-тягача равна 0,06 м,а груженого 0,05 м. Траектория движения колес третьего звена автопоезда тоже смещалась к центру поворота – вовнутрь (т.е. радиус уменьшался). Полученные данные мы занесли в таблицу 6.

Таблица 6

Экспериментальные данные смещения траектории движения третьего звена автопоезда при повороте по скользкому покрытию

	Радиус, м	1,0 м	0,9 м	0,8 м	0,7 м	0,6 м	0,5 м
Порожний автопоезд	Изменения в траектории, м	0,059 м	0,059 м	0,060 м	0,060 м	–	–
Груженый автопоезд	Изменения в траектории, м	0,049 м	0,049 м	0,050 м	0,050 м	–	–

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)



8. Пользуясь полученными экспериментальными значениями и данными мы можем произвести следующие расчеты:

Расстояние между колесами автопоезда равно 5,5 м.

Расстояние между колесами нашей модели равно 0,075 м.

Коэффициент К = 5,5м : 0,075м = 73.

1) при повороте по сухому покрытию смещение траектории движения колес третьего звена порожнего автопоезда по отношению к траектории движения передних колес автомобиля-тягача равна 0,045 м, а груженого 0,04 м. Учитывая коэффициент 73 находим изменение траектории третьего звена автопоезда:

– порожнего 0,045 х 73 = 3,3 м;

– груженого 0,041 х 73 = 3 м.

2) при повороте по гололеду смещение траектории движения колес третьего звена порожнего автопоезда по отношению к траектории движения передних колес автомобиля-тягача равна 0,06 м, а груженого 0,05 м. Учитывая коэффициент 73 находим изменение траектории третьего звена автопоезда:

– порожнего 0,06 х 73 = 4,3 м

– груженого: 0,05 х 73 = 3,6 м.

Вывод 3: Занос третьего звена порожнего автопоезда при повороте на скользком покрытии больше, чем груженого.

Также мы можем произвести такие расчеты:

Ширина карьерной дороги равна 8,5 м.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Ширина экспериментальной полосы равна 0,055 м.

Коэффициент К = 8,5 : 0,055 = 154.

Радиус кривизны поворота по сухому и скользкому покрытиям при котором начинается занос третьего звена автопоезда с учетом коэффициента равны:

$R_{\text{по сухому}}$ = 0,5 х 154 = 77 метров

$R_{\text{по скользскому}}$ = 0,7 х 154 = 108 метров

Вывод 4: Радиус поворота трехзвенного автопоезда при повороте на скользком покрытии больше, чем на сухом покрытии.

Заключение

Работать над проектом мне было очень интересно, особенно общаться с учеными, которые говорили со мной как с взрослым человеком. Но больше всего мне понравилась экспериментальная часть моего проекта. Понимая, что результаты моего проекта, может быть, будут использоваться в реальной жизни, я отнеслась к этому очень серьёзно. Я поняла, что даже автопоезда проезжающие мимо нас, двигаются по кем-то уже рассчитанной траектории с определенной скоростью. Мне понравилось, что я стала частью большого открытия.

Итогом моего проекта стало достижение ожидаемых результатов и формулирование рекомендаций по итогам экспериментов:

1. Влияние сезонности на скорость движения трехзвенного автопоезда необходимо учитывать при выработке норм автопоезда (по сухому покрытию производительность больше).

2. Учитывая смещение в траектории движения трехзвенных автопоездов можно установить на третьем звене устройство (адаптер), которое бы заставляло прицеп ехать след в след за автомобилем-тягачом, чтобы не допускать опрокидывание прицепа.

3. Учитывая возникновение опасности для встречного транспорта при движении трехзвенного автопоезда при поворотах необходимо принять меры при организации работ (установить предупреждающие знаки на поворотах).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

4. При прокладывании карьерных автодорог необходимо учитывать занос третьего звена трехзвенного автопоезда на поворотах и предусмотреть расширение проезжей части.

5. С целью сохранения производительности автопоездов необходимо проектировать повороты дороги с радиусом 108 метров в зимний период и с радиусом 77 метров в летний период.

Я надеюсь, что мой проект будет иметь значимый практический результат и окажется полезным.

Список литературы

1. Бернацкий В.В. Специализированный подвижной состав грузового транспорта. – М., 2005. – С. 18; 21; 27, 38.

2. Бурков М.С. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта. – М., 1979. – 296 с.

3. Чеботаев А.А. Тенденции развития специализированных автомобилей и автопоездов / А.А. Чеботаев, М.М. Кийченко. – М., 1996. –130 с.

4. Павлов В.А. Транспортные прицепы и полуприцепы / В.А. Павлов, С.А. Муханов. – М., 2001. – 191 с.

5. Зырянов И.В. Опытно-промышленная эксплуатация многозвенных автопоездов SCANIA в Удачнинском ГОКе / И.В. Зырянов, А.П. Кондратюк.

6. Зырянов И.В. Методы повышения надежности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации.

7. Мариев П.Л. Карьерный автотранспорт / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)